

AÑO 4, No.4, ENERO-DICIEMBRE 2020

REVISTA DIGITAL INNOVACIÓN EN CIENCIA, TECNOLOGÍA Y EDUCACIÓN (ICTE)



CIENCIAS
DE LOS
ALIMENTOS Y
AGROPECUARIAS

CIENCIAS
BIOLÓGICAS

CIENCIAS
DE LA
INGENIERÍA Y
FÍSICO-MATEMÁTICAS

CIENCIAS
QUÍMICAS

CIENCIAS
DE LA
EDUCACIÓN,
SOCIALES Y HUMANIDADES

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

Director

Mtro. Jorge Alfredo Cuéllar Ordaz

Secretario General

Dr. Francisco Montiel Sosa

Secretario Administrativo

Lic. Jesús Baca Martínez

Encargado Secretaría de Atención a la Comunidad

L.D. y M.V.Z. Juan Carlos Torres Peña

Secretario de Posgrado e Investigación

Dr. Fernando Alba Hurtado

Secretaria de Evaluación y Desarrollo de Estudios Profesionales

Dra. Cynthia González Ruiz

Jefe de la División de Ciencias Agropecuarias

M.A. Jorge López Pérez

Jefa de la División de Ciencias Químico Biológicas

Dra. Alma Luisa Revilla Vázquez

Jefa de la División de Ciencias Administrativas, Sociales y Humanidades

Mtra. María Esther Monroy Baldi

Jefe de la División de Ingeniería y Tecnología

Dr. José Luis Velázquez Ortega

Coordinación de Comunicación y Extensión Universitaria

Lic. Claudia Vanessa Joachin Bolaños

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Rector

Dr. Enrique Graue Wiechers

Secretario General

Dr. Leonado Lomelí Vargas

Secretario Administrativo

Ing. Leopoldo Silva Gutiérrez

Abogado General

Lic. Alfredo Sánchez Castañeda

Comité Científico

Jorge Bello Domínguez

Paola Edith Briseño Lugo

Alma Elisa Delgado Coellar

Josué Yasar Guerrero Morales

Alma Adela Lira Vargas

Huberta Márquez Villeda

Julio César Morales Mejía

Selene Pascual Bustamante

Ma. Eugenia Ramírez Ortíz

Alma Luisa Revilla Vázquez

Jorge Luis Rico Pérez

Francisca Alicia Rodríguez Pérez

María Andrea Trejo Márquez

María Gabriela Vargas Martínez

Diseño editorial: Dra. Alma Elisa Delgado Coellar y Brian Nieves Jiménez. **Ilustración de portada:** Rogelio Adrián Martínez Salas.

REVISTA INNOVACIÓN EN CIENCIA, TECNOLOGÍA Y EDUCACIÓN (ICTE) No. 4, Año 4, enero - diciembre 2020, es una publicación anual editada por la Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, Alcaldía Coyoacán, C.P. 04510, Ciudad de México, a través de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán (FESC), carretera Cuautitlán-Teoloyucan Km 2.5, San Sebastián Xhala, Cuautitlán Izcalli, C.P. 54714, Estado de México. Tel. 5558173478, <http://masam.cuautitlan.unam.mx/RevistaICTE/>, revista.ict@gmail.com. Editor responsable: Dra. María Gabriela Vargas Martínez. Certificado de Reserva de Derechos de Autor número: 04-2022-032315542200-102, ISSN en trámite ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número, Dra. María Gabriela Vargas Martínez, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán Campo uno, Av. 1 Mayo S/N, Col. Santa María Las Torres, Cuautitlán Izcalli, Estado de México, fecha de última modificación: 11 de diciembre de 2020.

El contenido de los artículos es responsabilidad de los autores y no refleja el punto de vista de los árbitros, del Editor o de la UNAM.

Se autoriza la reproducción total o parcial de los textos aquí publicados siempre y cuando se cite la fuente completa y la dirección electrónica de la publicación.

PRESENTACIÓN

La Revista Digital Innovación en Ciencia, Tecnología y Educación (ICTE) tiene como objetivo el contribuir a la difusión del conocimiento generado por las Instituciones de Educación Superior, poniendo a disposición material de investigación original de forma anual y con origen de Instituciones de diversos países. Los artículos aquí presentados son el resultado de la selección de las mejores contribuciones realizadas en el 6o. Congreso Congreso de Ciencia, Educación y Tecnología llevado a cabo en línea del 9 al 11 de diciembre del 2020 y auspiciado por la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM.

Este evento permitió el intercambio de experiencias entre estudiantes, egresados y profesores, además de aprovechar el carácter multidisciplinario y construir un espacio de discusión y difusión del conocimiento entre distintas instituciones educativas. Fueron recibidos alrededor de 150 trabajos, los cuales se evaluaron por un comité científico *ad hoc* en las áreas de las Ciencias de: los Alimentos, Químicas, Biológicas, Educación y De la Ingeniería y Física-Matemáticas. Se seleccionaron 66 artículos por su originalidad, calidad y relevancia, los cuales se presentan en esta publicación. Los autores provienen de diversas instituciones nacionales como internacionales, como son la Universidad Autónoma de Querétaro, Universidad Autónoma de Chihuahua, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Tecnológico de Chihuahua, Universidad Autónoma de Tamaulipas, Universidad Veracruzana, Instituto Politécnico Nacional, Universidad Nacional Autónoma de México, Addenbrooke's Hospital (Cambridge, UK), Universidad de Chile, Escuela Politécnica Nacional (Ecuador), Universidad Técnica de Manabi (Ecuador), Universidad UTE (Ecuador), Universidad Central del Ecuador, Universidad de la Costa CUC (Cuba), Universidad de la Habana (Cuba) y la Institución Universitaria ITSA (Colombia).

La publicación está disponible para consulta en línea de forma gratuita en: <http://masam.cuautitlan.unam.mx/RevistaICTE/> Deseamos que ICTE sea un instrumento que fomente entre los lectores la comunicación científica a través de la publicación de artículos de alta calidad, que promuevan la cooperación, la internacionalización del conocimiento y estimulen la discusión académica.

ÍNDICE

CIENCIAS DE LOS ALIMENTOS Y AGROPECUARIAS _____ p. 11

OBTENCIÓN DE LA BIOMASA LIGNOCELULÓSICA DE LA FIBRA DEL MESOCARPIO DEL COCO (COCOS NUCIFERA L.)

Julio Cesar Zamora Martínez, María Andrea Trejo Márquez, Josué Yasar Guerrero Morales, Selene Pascual Bustamante

EXTRACCIÓN DE COMPUESTOS BIOACTIVOS DE LA FLOR DE CEMPASÚCHIL (FLOR NATIVA DE MÉXICO) PARA SU APLICACIÓN COMO ANTIOXIDANTE EN UNA MARGARINA

Lorena Monroy Liebre, María Andrea Trejo Márquez, Selene Pascual Bustamante, Josué Yasar Guerrero Morales y María Gabriela Vargas Martínez

ELABORACIÓN DE UNA BEBIDA VEGETAL A BASE DE GARBANZO SABORIZADA

Randa Sarahi Navarro Uribe, María Andrea Trejo Márquez, Josué Yasar Guerrero Morales y Selene Pascual Bustamante

APLICACIÓN DE XILOGLUCANO DE *Tamarindus indica* L. COMO AGENTE ENCAPSULANTE PARA LA OBTENCIÓN DE NANOESFERAS

Valeria Espíndola Sotres, Elsa Gutiérrez-Cortez, Juana Isela Rojas Molina y Carlos Tomás Quirino Barreda

CARACTERIZACIÓN QUÍMICO-FÍSICA DE LA NUEZ CRIOLLA PECAN (*Carya illinoensis*), EN LAS RIVIERA DEL ESTADO DE CHIHUAHUA

Dalia Terrazas Pérez, Damaris L. Ojeda Barrios, Hector Zumbado, Manuel Roca Arguelles

ELABORACIÓN DE UNA BOTANA EXTRUIDA A PARTIR DE SÓLIDOS GRANULARES DE JAMAICA Y HARINA DE MAÍZ

Diana Torres Alvarez, Alonso Rodríguez Moreno, Frida Amanda Ortiz Carreño, Gabriela Moya Sánchez, Karla Annett Zepeda Meza, Alma Adela Lira Vargas, Frida Rosalía Cornejo García

AMARANTO, BIOTECNOLOGÍA DEL SIGLO XXI, NUTRICIÓN Y LOS BENEFICIOS PARA LA SALUD

Alejandro Fajardo De La Rosa, Eduardo Bárzana García, Oscar Hernández Meléndez, María Inés Nicolás Vázquez, José de Jesús García Valdés

INFLUENCIA DE LAS DIFERENTES CONDICIONES EN LA MOLIENDA, EXTRUSIÓN Y FILTRACIÓN EN LA OBTENCIÓN DE PRODUCTOS DERIVADOS DE LA AVENA

Karen Alexia Martínez Araujo, Ana Paulina Cautle de Fermín, Cristina García Perdomo, Daniela Paz Castro, Alma Adela Lira Vargas, Frida Rosalía Cornejo García

EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE ACELGA *Beta vulgaris* var. *ciela* ABONADO CON HUMUS DE LOMBRIZ PRODUCIDO EN LAS FES IZTACALA Y ACATLÁN

Diego Álvaro Ferrer Aguilar, Alejandra Guadalupe Villegas Pañeda

USO DE OPERACIONES FÍSICO-MECÁNICAS EN EL APROVECHAMIENTO INTEGRAL DE MELÓN

José Eduardo Martínez Mora, Xavier Sebastián Vilchis Fonseca, Alma Adela Lira Vargas

INFLUENCIA DE DISTINTOS ESPECTROS DE LUZ LED SOBRE LA GERMINACIÓN DE DIFERENTES CULTIVARES DE LECHUGA

Cristian Andrés Hernández Adasme, Víctor Hugo Escalona Contreras, Herman Patricio Silva Ascencio

ELABORACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE UN DULCE MEXICANO TIPO TAMARINDO ELABORADO CON XOCONOSTLE Y DOS DERIVADOS DE LUPINUS ANGUSTIFOLIUS (HARINA Y CONCENTRADO) SPP

Alvaro Alfonso Reyes Grimaldo, Norma Güemes Vera, Sergio Soto Simental y Javier Piloni Martini

OBTENCIÓN DE JUGO DE BETABEL Y PALITOS DE PAN DE TRIGO Y GARBANZO ADICIONADOS CON BAGAZO DE BETABEL

Ana Karen Chulin Ortega, Víctor J. Rodríguez Montaña, Alma Adela Lira Vargas

DESARROLLO DE UN PRODUCTO DE PANIFICACIÓN A PARTIR DE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE TRIGO POR HARINA DE SEMILLA DE YACA (*Artocarpus Heterophyllus*)

Liliana Ortega González, Norma Güemes Vera, Javier Piloni Martini y Aurora Quintero Lira

EFFECTO DE LA ADICIÓN DE HARINA DE PULPA DE YACA, EN ESTADO MADURO E INMADURO, A LA HARINA DE TRIGO, EN SUS PROPIEDADES REOLÓGICAS Y TEXTURALES DE LA MASA

Diana Gabriela Castillo Torres, Norma Güemes Vera, Andony Ramos Olvera, Sergio Soto Simental y Javier Piloni Martini

CIENCIAS QUÍMICAS

p. 87

EFFECTO DE LA TEMPERATURA EN LA PRODUCCIÓN DE METABOLITOS DE BENZO[A]PIRENO Y BENZO[A] ANTRACENO POR LA MICROALGA SELENASTRUM CAPRICORNUTUM

Gerardo Peralta Marín, Martha Patricia García Camacho

TRATAMIENTO DE LISADOS MICROALGALES CON ACTIVIDAD ENZIMÁTICA PARA LA DEGRADACIÓN DEL B[A]P Y SU EVALUACIÓN POR SEC

Becerril Mercado José Eduardo, García Camacho Martha Patricia

ESTUDIO COMPUTACIONAL DEL MECANISMO DE REACCIÓN EN LA REDUCCIÓN SELECTIVA DE m-DINITROBENCENO CON AZUFRE ELEMENTAL EN MEDIO BÁSICO

José Guillermo Penieres Carrillo, José Guadalupe García Estrada

Abraham Escobar López, Aurora Karina Franco Francisco, Luis Antonio Martínez Arellano

RELACIÓN ESTRUCTURA ACTIVIDAD BIOLÓGICA, UN ACERCAMIENTO AL APRENDIZAJE DEL DISEÑO DE FÁRMACOS ASISTIDOS POR COMPUTADORA

José Guillermo Penieres Carrillo, José Guadalupe García Estrada, Betzabe Jiménez Alfonso, Cristal Solis Solis, Isis Lizbeth García Reyes, Dulce Viridiana Castillo Martínez, Luis Antonio Martínez Arellano

OBTENCIÓN DEL PERFIL PROTEICO REPRESENTATIVO EN UNA MUESTRA DE LECHE DE GARBANZO APLICANDO LA TÉCNICA DE ELECTROFORESIS CAPILAR DE ZONA

Francisco Javier Santana Contreras, María Gabriela Vargas Martínez, Selene Pascual Bustamante

DISEÑO EXPERIMENTAL PARA LA EXTRACCIÓN DE LOS POLIFENOLES Y PIGMENTOS PRESENTES EN LA HOJA DE JAMAICA (*Hibiscus sabdariffa*)

Brenda Gisell Rivero Arellano, Fernando Arroyo Gutiérrez, Mario Edgar Pérez Bonilla, María Gabriela Vargas Martínez

SÍNTESIS DE UNA ARILHIDRAZONA TRIDENTADA [C, N, S] COMO MOTIVO ESTRUCTURAL EN LA FORMACIÓN DE UN PALADACICLO PINZA ASIMÉTRICO

Jocelyn Anaid Álvarez Ramírez, Alberto Reyes Deloso, Fernando Ortega Jiménez

CONTRIBUCIÓN AL ESTUDIO DE LAS PLANTAS MEDICINALES UTILIZADAS POR LAS PARTERAS DE LA LOCALIDAD ZARAGOZA LA MONTAÑA CHIAPAS

Mali Itzel Morales Luis, Brígida del Carmen Camacho Enríquez, Mario Arturo Morales Delgado

EXTRACCIÓN E IDENTIFICACIÓN FITOQUÍMICA DE FLAVONOIDES A PARTIR DE HOJAS DE *Ratibida columnifera* CON POTENCIAL ANTIOXIDANTE

Elideth Vidales Valenzuela, Leticia Bautista Montes

DISEÑO FACTORIAL EN LA DETERMINACIÓN DE IVERMECTINA EN TIERRAS POR ESPECTROFOTOMETRIA UV-VISIBLE

Ana Karen Vásquez Muñoz, Mauricio Maximiliano Pico Rico, Diana Lizbeth Vicencio Vázquez, María Gabriela Vargas Martínez

APLICACIÓN DE UN DISEÑO EXPERIMENTAL PARA LA EXTRACCIÓN DE POLIFENOLES PRESENTE EN LA FLOR DE CEMPASUCHIL

Bruno Zamudio González, María Gabriela Vargas Martínez, Daniela Mariana Sánchez Hernández, Carmen Montserrat Rivera Romero, Selene Pascual Bustamante y María Andrea Trejo Márquez

DETERMINACIÓN DE TRIMETOPRIMA Y SULFAMETOXAZOL EN TABLETAS PARA SU LIBERACIÓN COMO PRODUCTO TERMINADO

Ricardo Alejandro Martínez Jiménez y Alma Luisa Revilla Vázquez

EXTRACCIÓN DE ENALAPRIL EMPLEANDO MICROFIBRAS DE POLISULFONA CON ALIQUAT 336

Tanese Montesinos Vázquez, Carlos Andrés Galán Vidal, Irma Pérez Silva, José Antonio Rodríguez Ávila y María Elena Páez Hernández

SMALL TRANSITION METAL MIXED CLUSTER SURFACES, AS ACTIVATORS OF C - O BINDING $FenCumC - O (n + m = 6)$: A THEORETICAL APPROACH

Patricio Limón y Rodolfo Gómez-Balderas

ESTUDIO TERMODINÁMICO DE LA COMPLEJACIÓN DE $Zn(II)/L^-$ (L^- = ANIONES ACETATO, INDOMETACINA Y DICLOFENACO) POR CALORIMETRÍA DE TITULACIÓN ISOTÉRMICA

Norma Rodríguez Laguna, Luis I. Reyes García, Ricardo A. Hipólito Nájera, María del Rosario Moya Hernández, Rodolfo Gómez Balderas y Alberto Rojas Hernández

SÍNTESIS DE OXIMAS Y LACTAMAS ESTEROIDALES CON POTENCIAL ACTIVIDAD ANTIPROLIFERATIVA

Thalía Lissette Mora Medina, Roxana Martínez Pascual, Hermenegilda Moreno Díaz y Emanuel Hernández Núñez

ACTIVACIÓN DE UN PALADACICLO-CNP ASIMÉTRICO COMO PRECURSOR CATALÍTICO EN EL ACOPLAMIENTO MIZOROKI-HECK UTILIZANDO IRRADIACIÓN INFRARROJA

Zavala Villafranca Olkan Nezzo, Penieres Carrillo José Guillermo y Ortega Jiménez Fernando

DESARROLLO Y VALIDACIÓN DEL MÉTODO ANALÍTICO PARA LA DETERMINACIÓN DE SUSTANCIAS RELACIONADAS EN CLORHIDRATO DE METFORMINA POR UHPLC

Alan Chrystopher Jiménez Larroa y Alma Luisa Revilla Vázquez

EVALUACIÓN DE UN TRANSDUCTOR AMPEROMÉTRICO DE pH PARA EL DESARROLLO DE BIOSENSORES MONOENZIMÁTICOS DE TRIGLICÉRIDOS

Zita Guadalupe Cruz Aburto, José Antonio Rodríguez Ávila, María Elena Páez Hernández y Carlo Andrés Galán Vidal

CARACTERIZACIÓN FITOQUÍMICA DE LACTONAS SESQUITERPÉNICAS PRESENTES EN FLORES DE *Ratibida columnifera* Y SU POSIBLE EFECTO ANTIINFLAMATORIO

Elideth Vidales Valenzuela y Leticia Bautista Montes

CAPACIDAD CALORÍFICA Y COMPENSACIÓN ENTRÓPICA-ENTÁLPICA DE LA UNIÓN DE INDOMETACINA CON CICLODEXTRINAS

Adrián Ricardo Hipólito Nájera, Rosario Moya Hernández, Norma Rodríguez Laguna, Luis I. Reyes-García¹, Alberto Rojas Hernández, y Rodolfo Gómez Balderas

CIENCIAS BIOLÓGICAS

p. 187

ENCAPSULACIÓN DE LOS ANTIOXIDANTES RESVERATROL, CURCUMINA Y PIPERINA EN ACARREADORES LIPÍDICOS NANOESTRUCTURADOS PARA SU APLICACIÓN EN PIEL

Alegre Angélica Flores Pérez, Flora Adriana Ganem Rondero

ESTANDARIZACIÓN DE UNA TÉCNICA DE PCR ANIDADO PARA LA AMPLIFICACIÓN DE LA ORF 2 (VP1) PARCIAL DEL PARVOVIRUS PORCINO 5 A PARTIR DE SANGRE DE CERDAS PRIMERIZAS

Roberto Iván Hernández Trejo, Lucía Angélica García Camacho, Alejandro Vargas Ruiz, Ernesto Marín Flámand, Francisco Rodolfo González Díaz

ESTRÉS VISUAL OCASIONADO POR EL USO EXCESIVO DE DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS Y ALGUNAS MEDIDAS PARA SU PREVENCIÓN

Gabriel Angel Acosta Yañez

DETECCIÓN DE LA PRESENCIA DE AUTO-ANTICUERPOS ESPECÍFICOS CONTRA CITOCINAS EN MUESTRAS SÉRICAS DE HUMANOS

Paulina Cortes Acevedo, Lourdes Cerón Gutiérrez, Rainer Döffinger, Gabriela Barcenás Morales

ANÁLISIS IN SÍLICO DE MODIFICACIONES POSTRADUCCIONALES EN EL FACTOR EhhSTF7 DE ENTAMOEBAS HISTOLYTICAS

Dafne Andrea Jiménez Hernández, Olivia Medel Flores, Fabiola Bellos Santos, Guillermo Pérez Ishiwara, Maritere Domínguez Rojas y María del Consuelo Gómez García

IMPLEMENTACIÓN DE UN MÉTODO DE DIAGNÓSTICO TEMPRANO DE SARNA PSORÓPTICA EN CONEJOS

Metzli Mayte García Bernal, Elisa Gutiérrez Hernández

EFFECTO DEL PROPÓLEO DE ABEJAS NATIVAS EN DISLIPIDEMIAS

Marlen Guadalupe Ponce Espino, Betsabé Rodríguez Pérez, Tonatiuh Alejandro Cruz Sánchez, Elisa Gutiérrez Hernández

ESTUDIO TEÓRICO DE LAS INTERACCIONES ENTRE LA PROTEASA Mpro DEL SARS-CoV-2 Y EL INHIBIDOR DE DISEÑO N3

Emir Alejandro Galván García, Didier Nivón Ramírez, Javier Alejandro Ibarra Hernández, Rodolfo Gómez Balderas

ACTIVIDAD ANTIBACTERIANA DEL EXTRACTO DE *Origanum* sp

Jiménez Camacho Luis Enrique, Ángel Alfredo Núñez Vázquez, Raquel Ortega Muñoz, Jesús Fernando Montiel Aguirre

SMALL TRANSITION METAL MIXED CLUSTER SURFACES, AS ACTIVATORS OF C - O BINDING FenCumC - O (n + m = 6): A THEORETICAL APPROACH

Patricio Limon, Rodolfo Gomez-Balderas

CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y FÍSICA-MATEMÁTICAS _____ **p. 237**

PROCESO FENTON ASISTIDO CON PRECIPITACIÓN PARA LA REMOCIÓN DE AZUL BRL

Isabel Espinoza Pavón, Christian Sandoval Pauker, Luis Ramos Guerrero, Paul Vargas Jentzsch, Florinella Muñoz Bisesti

FORMULACIÓN DE UN ESMALTE POLIMÉRICO A PARTIR DEL RECICLADO DE POLIPROPILENO DE PRODUCTOS DE USO DOMÉSTICO

Jessica Vázquez Pérez, Alejandro Hernández Ortiz¹, Ángel Eduardo Márquez Ortega, Concepción Cabrera Pegueros

RECUPERACIÓN DE POLICLORURO DE VINILO (PVC) A PARTIR DE RECICLADO DE MARCADORES DE PIZARRÓN PARA ELABORACIÓN DE PINTURA

Andrade Hernández Jared Isaí, Alejandro Hernández Ortiz, Ángel Eduardo Márquez Ortega, Concepción Cabrera Pegueros

PROGRAMACIÓN Y SIMULACIÓN DE APLICACIONES DE INGENIERÍA Y SU INTERFAZ GRÁFICA DE USUARIO

Zósimo Ismael Bautista Bautista, Armando Flores Jaime

OBTENCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA POR MEDIO DE UNA CELDA DE COMBUSTIBLE MICROBIANA EMPLEANDO PLANTAS ACUÁTICAS

Miguel Ángel Hilario Contreras, Leydi Rubi Pérez Vera

ARRANQUE CON EL PLC MICRO I MARCA SQUARE D Y EL MONITOREO CON EL EATON SEGUNDA GENERACIÓN IQ 250 PARA EL MÓDULO DE MOTORES DIDACTA ITALIA PARA EL LIME IV DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, COMO UNA FORMA DE APRENDIZAJE POR DESCUBRIMIENTO

Angel Isaías Lima Gómez

DEGRADACIÓN DEL COLORANTE TEXTIL ÍNDIGO CARMÍN MEDIANTE LA OXIDACIÓN CON OZONO

Yazmín Alejandra Urzúa Estrada, José Luis Molina Escamilla, Javier Eduardo Quintanilla Pedraza, Luis Ángel Molina Rosales, Julio Cesar Morales Mejía, María Gabriela Vargas Martínez

ANÁLISIS DE LA FIBRA TOTORA (SCHOENOPLECTUS CALIFORNICUS, CYPERACEAE) COMO COMPONENTE ESTRUCTURAL EN VIGA I

Nicolay Bernardo Yanchapanta Gómez, Oscar Darío Jara Vinuesa

IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE ADQUISICION DE DATOS CONVERTIDOR ANALOGO DIGITAL (CAD) DE 16 BITS A MUJ BAJO RUIDO

Christian Manuel Moreno Rocha

ESTUDIO DE CARGA Y DESCARGA DE UNA CELDA DE ELECTRODIALISIS CON MEMBRANA BIPOLAR

Alejandra Laureano Abarca, Tania Aylin Maya Godínez, Francisca Alicia Rodríguez Pérez, Arturo Ortega Díaz, Eligio Pastor Rivero Martínez

ESTUDIO POR MODELADO Y EXPERIMENTAL DE UNA CELDA DE ELECTRODIÁLISIS

Carolina Otero Velázquez, Francisca Alicia Rodríguez Pérez, Arturo Ortega Díaz, Eligio Pastor Rivero Martínez

IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA LA MEDICIÓN DE FUERZA BASADO EN EL EFECTO PIEZORESISTIVO

Andrés Medina Guzmán, Christian Manuel Moreno Rocha, Adriana Herazo Pérez

CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN

p. 297

LAS COMPETENCIAS INFORMATIVAS Y TECNOLÓGICAS DE LOS ESTUDIANTES DEL COLEGIO DE BIBLIOTECOLOGIA DE LA UNAM DURANTE EL COVID-19

Angélica Guevara Villanueva, Angélica María Rosas Gutiérrez y Brenda Cabral Vargas

EL LABORATORIO DE BIOQUÍMICA, DE LA UNIVERSIDAD A LA CASA DURANTE EL COVID-19: SEPARANDO PIGMENTOS DE ESPINACA POR CROMATOGRAFÍA SIN MORIR EN EL INTENTO

Tais Nopal Guerrero

SECUENCIA DIDÁCTICA PARA LA ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DE LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DEL AGUA EN EL NIVEL MEDIO SUPERIOR

Araceli Araujo-Martínez, Adolfo Obaya, Guadalupe I. Vargas Rodríguez, Carlos Montaña-Osorio y Yolanda Marina Vargas-Rodríguez

SECUENCIA DIDÁCTICA PARA LA ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DE LA SÍNTESIS DE POLÍMEROS EN LA EMS ENMARCADA EN CIENCIA-TECNOLOGÍA-SOCIEDAD-AMBIENTE (CTSA)

Anabel Hernández Escamilla, Guadalupe Iveth Vargas Rodríguez, Adolfo Obaya Valdivia y Yolanda Marina Vargas Rodríguez

PROPUESTA DE UN MODELO DE ENSEÑANZA MIXTO (BLENDED LEARNING) EN LA ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DE MATEMÁTICAS E INGENIERÍA

María del Carmen Valderrama Bravo y Juan Alfonso Oaxaca Luna

APLICACIÓN DE UN DISEÑO INSTRUCCIONAL ADDIE EN APRENDIZAJES DE LA UNIDAD 1 DE QUÍMICA I DEL CCH

Adriana Jaramillo Alcantar, Guillermo Itzamna Platas Jiménez, Marina Lucía Morales Galicia y Julio César Botello Pozos

CURSO PARA DOCENTES DE MICROSOFT TEAMS EN EL BACHILLERATO UNAM

Guillermo Itzamna Platas Jiménez y Adriana Jaramillo Alcantar

TRANSFORMACIÓN DE HECES CANINAS EN HUMUS COMO PRÁCTICA EXPERIMENTAL PARA LA ASIGNATURA DE INGENIERÍA AMBIENTAL (FES ACATLÁN)

Alejandra Guadalupe Villegas Pañeda y Hermenegildo Arcos Serrano

LA TUTORÍA COMO ESPACIO DE ORIENTACIÓN PSICOPEDAGÓGICA EN ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS: EXPERIENCIA SIGNIFICATIVA DE APRENDIZAJES PARA LA VIDA

Montserrat Espinosa Santamaría, Valeria Álvarez Corona, Daniela Borja Aparicio, Natalia González Farela, Rosa Elena Hernández Barrios, Daniel Marin Moreno, Irey Arlett Medina Hernández, Dionisio Sebastián Pérez Ortiz, Aarón Yair Sosa Martínez y Marcela Suárez Quezada

FANZINE, INSTRUMENTO DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DEL LENGUAJE DEL DIBUJO (PIAPIME ID3.70.28.17)

Huberta Márquez Villeda

PERTINENCIA Y SUFICIENCIA DE LOS CONOCIMIENTOS Y HABILIDADES ADQUIRIDAS PARA EL EJERCICIO PROFESIONAL: UNA APROXIMACIÓN A LA ODONTOLOGÍA

Roberto Gómez García

EXAMEN DIAGNOSTICO COMO ESTRATEGIA DOCENTE APLICADO AL INICIO Y AL FINAL DEL CURSO DE LA ASIGNATURA DE LABORATORIO EXPERIMENTAL MULTIDISCIPLINARIO I

Miriam Edith Fuentes Romero, María Eugenia Ramírez Ortiz y Patricia Muñoz Aguilar

SECUENCIA DIDÁCTICA PARA LA ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DE LA TABLA PERIÓDICA EMPLEANDO LAS TECNOLOGÍAS DEL APRENDIZAJE Y CONOCIMIENTO (TAC) EN EL NIVEL MEDIO SUPERIOR

Marco Antonio Murrieta García, Adolfo Eduardo Obaya Valdivia y Yolanda Marina Vargas Rodríguez

EL COVID Y LA EDUCACIÓN: EL MOMENTO DE UNA REFLEXIÓN DOCENTE

Heidi Nopal Guerrero y Alonso Escalante Reynoso

IMPACTO DE LA ACREDITACIÓN EN LOS PROGRAMAS ACADÉMICOS DE LA DES AGROPECUARIA DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA

Cristina Quintana Rivera, Silvia Amanda García Muñoz, Arwell Nathan Leyva Chávez, Francisco Javier Piña Ramírez, Elizabeth Villalobos Pérez y Anabel Ortega Rodríguez

DISEÑO DE RÚBRICAS EVALUATIVAS PARA MODULO DE QUIMICA ANALÍTICA EN IU ITSA-COLOMBIA

Gustavo Barros Torné

INTERVENCIÓN PEDAGÓGICA ESTRATÉGICA PARA LA ENSEÑANZA DEL DISEÑO EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR. CASO APLICADO A LA ASIGNATURA DE GEOMETRÍA I

Alma Elisa Delgado Coellar

ANSIEDAD, DEPRESIÓN Y MIEDO EN PROFESORES Y ALUMNOS ANTE LA MODALIDAD DE CLASES A DISTANCIA

Carlos Alberto Morales Rojas y Enrique Canchola Martínez



**CIENCIAS DE LOS
ALIMENTOS Y
AGROPECUARIAS**

OBTENCIÓN DE LA BIOMASA LIGNOCELULÓSICA DE LA FIBRA DEL MESOCARPIO DEL COCO (COCOS NUCIFERA L.)



Julio Cesar Zamora Martínez,¹ María Andrea Trejo Márquez,¹ Josué Yasar Guerrero Morales, Selene Pascual Bustamante¹

¹ Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, laboratorio de postcosecha de productos vegetales, Centro de Asimilación Tecnológica. Jiménez Cantú s/n San Juan Atlamica, C.P. 54729, Cuautitlán Izcalli, Edo. de México, México. e-mail: andreatrejo@unam.mx



Resumen

La agroindustria hoy en día genera una gran cantidad de residuos derivados de las partes no comestibles de las frutas. Una alternativa para el aprovechamiento de estos residuos sería la innovación de nuevos productos amigables con el medio ambiente. El objetivo de este trabajo es la obtención de la biomasa lignocelulósica de la fibra del mesocarpio de coco (*Cocos nucifera* L.) para la aplicación en un vaso biodegradable. Para la obtención de la biomasa lignocelulósica se realiza una hidrólisis ácido-alcalina, utilizando dos diferentes concentraciones de NaOH a (5% y 10%) y H₂SO₄ a una concentración de (0.2% y 0.4%), posteriormente se evaluaron las características físicas de la fibra. Las concentraciones que se obtuvo mayor rendimiento fue NaOH al 5% y H₂SO₄ al 0.4% obteniendo un rendimiento de 54.09%. en cuanto al porcentaje del aglutinante no existe diferencia significativa. La fibra obtenida de la cáscara de coco con la adición de elastómeros de almidón y agua permitió obtener una formulación con las propiedades adecuadas para desarrollar un envase biodegradable.

Palabras clave: Fibra, Capacidad de retención de agua, Capacidad de retención de aceite, biodegradable, Hidrólisis.

Antecedentes

México cuenta con un territorio nacional de 198 millones de hectáreas de las cuales 145 millones se dedican a la actividad agropecuaria. En México se tiene reportada una superficie de cultivo cercana a las 200,000 hectáreas, siendo las principales entidades productoras Guerrero, Colima, Tabasco y Oaxaca, las cuales también son las que producen la mayor parte de la copra del país (Granados-Sánchez et al. 2002). El consumo de la palma de coco tiene gran demanda en todo el mundo gracias a sus propiedades nutritivas y su particular sabor. En este sentido, en el 2030 se estima un aumento en la demanda mundial de 2,437.72 a 2,541.31 Mt (un crecimiento acumulado del 4.25%), mientras que la producción nacional de palma de coco tiene la capacidad de incrementarse de 223.02 a 275.83 Mt, lo cual representa un crecimiento de 23.68% por lo que se destina 271.73 Mt para consumo nacional y 9.01 para exportación (SEMARNAT, 2017). Sin embargo el mayor aprovechamiento de este fruto es agua y la cupra dejando como residuo el mesocarpio.

La fibra de coco pertenece a la familia de las fibras duras como el henequén. Se trata de una fibra compuesta por

celulosa y leño que posee baja conductividad al calor, resistencia al impacto, a las bacterias y al agua. Su resistencia y durabilidad la hacen un material adecuado para el mercado de la construcción, para usarlo como material de aislamiento térmico y acústico. La industria textil utiliza fibra de coco para elaborar hilos, redes de pesca, así como relleno para colchones y sillones. (Novoa, 2005). La fibra de coco también puede utilizarse en la fabricación de colchones para saltar, porque tiene una gran elasticidad. Alfombras, porque tienen una gran durabilidad, una mayor retención de la suciedad, y fungicidas naturales. Equipos de Perforación en especial para los buques, ya que es resistente al agua de mar. Cepillos, escobas. Material de relleno para los cojines. Fabricación de madera prensada utilizada en la construcción de casas. Fabricación de alfombras de fibra de coco. Embalaje ecológico para las flores, las mantas también se utilizan para envolver ramos de flores, ramos y flores en macetas. Ampliamente utilizado en el campo de la jardinería y la decoración. Fabricación de embarcaciones (Novoa, 2005).

Debido a las propiedades que presenta la fibra de coco, que es de origen vegetal y que es un residuo agroindustrial automáticamente se convierte en un material amigable para el medio ambiente y de gran utilidad para industria.

Por lo anterior, el objetivo de este trabajo es la extracción de fibras lignocelulósicas de cáscara de coco que permita su aprovechamiento en el desarrollo de materiales biodegradables.

Objetivo(s)

Extracción caracterización de fibras lignocelulósicas de coco mediante el método químico, para su aprovechamiento en el desarrollo de materiales biodegradables.

Materiales y Métodos

Tratamiento de las muestras

El coco que se utilizó fue de la especie *Cocos nucifera L.*, la fibra de coco se extrajo de forma manual, posteriormente fue lavada y cortada en trozos pequeños para sumergirla en agua a temperatura ambiente y libre de luz durante 48 horas, cumpliendo con el tiempo requerido se procedió a la obtención de las fibras de forma manual, en donde se sometió a un secado por estufa a temperatura de entre 50 a 60°C durante 12 horas por último moler las fibras secar con ayuda de un molino de cuchillas.

Extracción de la biomasa lignocelulósica

Para la extracción de la biomasa lignocelulósica se sometió la fibra ya molida a una primera hidrólisis con una solución acuosa de NaOH durante una hora a temperatura ambiente, ya realizada la primer hidrólisis se procede a un lavado para

neutralizar la fibra llevando la hasta pH de 7, para después realizar un secado a una temperatura de 60°C durante 2 horas, teniendo la fibra seca se sometió a una segunda hidrólisis con una solución acuosa de H₂SO₄ durante 1 hora a temperatura ambiente, pasando el tiempo de hidrólisis se volvió a lavar para llevar a un pH neutro y someterlo a un secado por estufa a una temperatura de 50°C durante 9 horas ya finalizado el secado la fibra fue molida para reducir el tamaño de partícula. Los tratamientos empleados se muestran en la Figura 1.

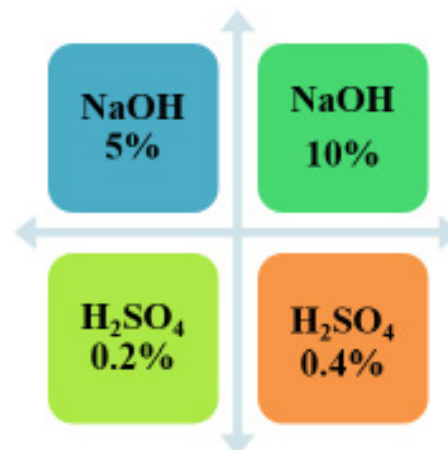


Fig. 1. Tratamientos de hidrólisis para la obtención de fibras lignocelulósicas de coco

Una vez obtenidas las fibras lignocelulósicas se procedió a caracterizarlas, evaluando la capacidad de retención de agua, así como la capacidad de retención de aceite.

Establecimiento de la formulación del aglutinante

Una vez obtenidas las fibras lignocelulósicas, se procedió a mezclarlas con un aglutinante, esto con la idea de poder fortalecerlas y conseguir una mayor maleabilidad para una posterior aplicación. Para la elaboración del aglutinante se propusieron diversas formulaciones las cuales se muestran en la Tabla 1.

Componente	Formulación	
	Formulación 3.7	Formulación 3.8
Almidón	15 %	15 %
Vinagre	15 %	15 %
Glicerina	15 %	12 %
Agua	55 %	58 %

Tabla 1. Propuestas de aglutinantes para mezcla con fibras lignocelulósicas

Para la elaboración del aglutinante se llevó a cabo un primer mezclado donde se adicionó 75% del total de agua con almidón a temperatura ambiente, estando ya homogénea la mezcla se sometió a un calentamiento a 60°C durante 10 min con agitación constante, pasando el tiempo de calentamiento se le adiciona el restante de agua (25%), se dejó enfriar a una temperatura ambiente en un lapso de tiempo de 15 min, pasando el tiempo de enfriamiento se le adiciona el vinagre con una agitación hasta que se incorpore y sea una mezcla homogénea enseguida se le adicionó la glicerina continuando con la agitación y la mezcla sea homogénea, en un último mezclado se adiciona la fibra de coco molida, se agitó hasta tener una pasta café y homogénea.

Técnicas de análisis

Capacidad de retención de agua. La capacidad de absorción de agua es expresa como la máxima cantidad de agua que puede ser retenida por gramo de muestra seca al estar en contacto con un exceso de agua bajo la acción de una fuerza externa como la centrifugación. Para esta determinación se pesó 0.1 g de cada fibra seca en tubos de centrifuga, adicionándole 1.5 mL de agua, se agitó en un agitador vortex DLab MX-S. Posteriormente se dejó reposar por un tiempo de 18 horas a 25°C para después centrifugarlos a 3000 rpm por 20 minutos en una centrifuga (Marca Daigger 4350). Terminado el tiempo de centrifugación, se separó el sobrenadante de las muestras, y se pesó el residuo fresco, se secó a 120°C por 2 horas y se pesó. Los resultados obtenidos se reportaron como los gramos de agua retenida por gramo de residuo seco (Robertson et al., 2000).

Capacidad de retención de aceite. La capacidad de absorción de aceite es una propiedad cuya función indica la máxima cantidad que puede ser retenida por gramos de muestra en presencia de un exceso de aceite, después de ser sometida a una fuerza externa que es la centrifugación. El aceite absorbido de las muestras se determinó por diferencia de peso. Para esta prueba se pesó 0.1 g de cada fibra en tubos de centrifuga (Marca Daigger 4350) en donde se le adiciono 1.5 mL de aceite vegetal, se agito en el agitador vortex (Marca DLab MX-S) por un tiempo de 30 minutos (30 segundos por cada 5 minutos), después se eliminó el sobrenadante y se pesó en una balanza de precisión (Marca Ohaus Pioneer) la muestra con aceite absorbido. La capacidad de absorción de aceite se expresó como gramos de aceite absorbidos por gramo de muestra seca (Abdul, 2000).

Resultados y discusión

Las fibras obtenidas a partir de los residuos agroindustriales del mesocarpio del coco por medio del tratamiento ácido-alcalino se muestra el rendimiento de cada una de ellas (Figura 2).

En el término de cada tratamiento se obtuvieron rendimientos con diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en el tratamiento ácido-alcalino a 0.2% de ácido, 10% de alcalino y 0.4% de ácido, 5% de alcalino (figura 1). Obteniéndose un mayor rendimiento en 0.4% de ácido, 5% de alcalino, teniendo 54.11%, mayor que el reportado en Torres (2018) y por la hidrólisis a 0.2% de ácido, 10% de alcalino, con valores de 46.67%.

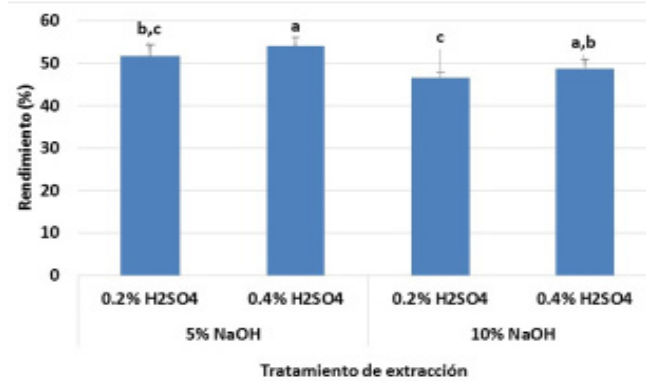


Fig. 2. Evaluación del rendimiento de fibras lignocelulósicas de cáscara de coco, por método químico

El mayor rendimiento se obtuvo en el tratamiento químico (0.4% de ácido, 5% de alcalino) debido a que la finalidad de la hidrólisis es la degradación del material lignocelulósico. El tratamiento alcalino es capaz de separar tanto la hemicelulosa como la lignina, provocando una pérdida de la cristalinidad de la celulosa y solvatación parcial de la hemicelulosa. Por parte del tratamiento ácido de material lignocelulósico, se obtiene una fracción líquida, rica en azúcares fermentables y una fracción sólida compuesta principalmente de celulosa y lignina (Morales, 2015).

La capacidad de absorción de agua se expresa como la máxima cantidad de agua bajo la acción de una fuerza externa como la centrifugación. Los resultados se reportaron como los gramos de agua retenida por gramo de residuo seco (Figura 3) ((Robertson et al. 2000).

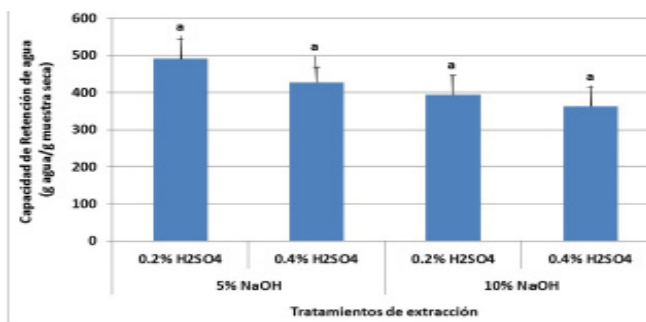


Fig. 3. Evaluación de la capacidad de absorción de agua de fibras lignocelulósicas de cáscara de coco.

Para la capacidad de retención de agua el análisis estadístico indica que no existe diferencia significativa ($p \geq 0.05$),

pero la fibra que presentó menor retención de agua fue la del tratamiento (0.4% de ácido, 5% de alcalino) (Figura 3), teniendo una capacidad de 393.79 g agua/g muestra seca en comparación con el tratamiento (0.2% de ácido, 5% de alcalino) que presentó 491.32 g agua/g muestra seca.

Badui (2006) indica que la capacidad de retención de agua generalmente hace referencia a la cantidad de agua que una macromolécula en general puede retener sin que haya liberación de líquido, esto depende de factores extrínsecos (tipo de polímero, peso molecular, linealidad, etc.) e intrínsecos (pH, fuerza iónica, temperatura, presencia de cationes, etc.). Por el tratamiento a la que se sometió fue de menor porcentaje en solución alcalina lo cual tuvo menos degradación de lignina, parte de la biomasa lignocelulósica que tiene un comportamiento hidrofóbico, además que tiene menor cantidad de estructura ramificada la celulosa que es la que tiene tendencia a ser hidrofílica.

Efecto de la mezcla del aglutinante con las fibras lignocelulósicas de la cáscara de coco

La capacidad de retención de agua para la formulación del aglutinante (Figura 4), se observó que la formulación 3.8 presentó mayor retención de agua con 5.25 g agua/g muestra seca y la formulación 3.7 de 4.72 g agua/g muestra seca presentando diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en este parámetro de las dos formulaciones (Figura 4), esto se debe a que tiene mayor estructura para poder retener agua.

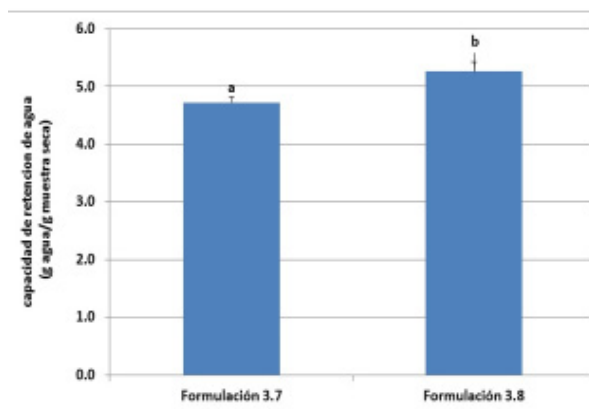


Fig. 4. Capacidad de retención de agua de las de las fibras de coco con el aglutinante.

La capacidad de retención de aceite para las formulaciones de los aglutinantes, el análisis estadístico indicó que no existe diferencia significativa entre las formulaciones (Figura 5), debido a que ninguna de las dos formulaciones no retienen aceite, pero en la Figura 5 se puede observar que la formulación 3.8 tiene mayor retención de aceite, esto se lo atribuimos a que en su formulación solo tiene un 12% de glicerina y mayor cantidad de agua lo cual tiene cavidad para formar enlaces en la estructura y poder retener mayor cantidad de aceite.

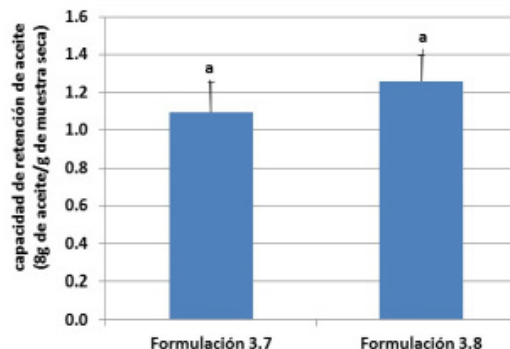


Fig. 5. Capacidad de retención de aceite de las de las fibras de coco con el aglutinante.

Conclusiones

El tratamiento de obtención de las fibras por método químico va disminuyendo en cuanto mayor sea la concentración ácido-alcalino, ya que va degradando la estructura lignocelulósica teniendo un menor rendimiento.

La fibra obtenida de la cáscara de coco con la adición de elastómeros de almidón y agua permitió obtener una formulación con las propiedades adecuadas para desarrollar un envase biodegradable.

Agradecimientos

Este proyecto se realizó con el apoyo del proyecto PAPITT IT202419 Aplicación de ultrasonido, campos eléctricos y cocción solar en el procesamiento de productos hortofrutícolas típicos de México. Asimismo se agradece la colaboración y apoyo del IME Omar Olvera García.

Referencias

- ABDUL, A. (2000). Functional properties of dietary fibre prepared from defatted rice bam. Food chemistry. 2000.
- BADUI, S. (2006). Química de los alimentos. 4 ed. México, Pearson.
- GRANADOS-SÁNCHEZ, D. López-Ríos, G. F. (2002). Manejo de la palma de coco (*Cocos nucifera* L.) en México. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Estado de México.)
- MORALES, S. (2015). Hidrólisis ácida de celulosa y biomasa lignocelulósica asistida con líquidos iónicos. (Memoria de doctorado). Universidad Autónoma de Madrid, Madrid, España.
- NOVOA, M. (2005). Elaboración y evaluación de tableros aglomerados a base de fibra de coco y cemento. Tesis de maestría. Universidad de Colima.
- ROBERTSON, J.A., Modredon, F.D., Dysseleer, P., Guillon, T. (2000). Hydration properties of dietary fiber and resistant starch. A European Collaborative Study. IWT.
- SEMARNAT (2020). Planeación agrícola nacional 2017-2030.
- TORRES, K. (2018). Aprovechamiento de residuos de piña para desarrollar un envase activo aplicado en la conservación de jitomate cherry (*Lycopersicon esculentum*). Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México, México.

EXTRACCIÓN DE COMPUESTOS BIOACTIVOS DE LA FLOR DE CEMPASÚCHIL (FLOR NATIVA DE MÉXICO) PARA SU APLICACIÓN COMO ANTIOXIDANTE EN UNA MARGARINA



Lorena Monroy Liebre, María Andrea Trejo Márquez *, Selene Pascual Bustamante, Josué Yasar Guerrero Morales, María Gabriela Vargas Martínez.

¹ Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Laboratorio de Postcosecha de Productos Vegetales, Centro de Asimilación Tecnológica, Jiménez Cantú s/n, San Juan Atlamica, C.P.54729, Cuautitlán Izcalli, Edo. De México, México. Email: andreatrejo2009@gmail.com



Resumen

La flor de cempasúchil es representativa de México debido a su uso ornamental en las festividades de día de Muertos. El objetivo de este trabajo es el aprovechamiento de los compuestos bioactivos presentes en la flor de cempasúchil obteniendo extractos por el método de ultrasonido para su uso como antioxidantes dentro de la formulación de una margarina. Los extractos fueron obtenidos mediante el método de ultrasonido en diferentes condiciones: dos mezclas etanol-agua (70:30 y 80:20) durante 20 y 40 minutos a temperatura ambiente y 70°C, en donde se evaluó el contenido de fenoles totales, flavonoides y capacidad antioxidante. Posteriormente se elaboró una margarina aplicando los extractos como antioxidantes evaluando el índice de peróxidos, acidez e índice de Kreis. De acuerdo a los resultados obtenidos se encontró que el método que ofrece mayores rendimientos fue la extracción con una mezcla etanol-agua (70:30) durante 40 minutos a una temperatura de 70°C.

Palabras clave: Fenoles, flavonoides, capacidad antioxidante, oxidación lipídica, extractos.

Antecedentes

La flor de cempasúchil es una de las flores más representativas de México (Rzedowki, 2001), pertenece a la familia de las Asteráceas, es característica por su olor y aroma, el principal uso que se le da a nivel nacional es ornamental durante los días 1 y 2 de noviembre, que es una de las temporadas de más alta producción, una vez pasada las festividades, la flor es desechada sin importar las propiedades fotoquímicas que contiene. La flor es una parte importante de la planta que contiene una gran variedad de antioxidantes naturales, como ácidos fenólicos, flavonoides, antocianinas y otros componentes de valor nutricional como minerales (Kaisoon et al., 2012; Rop et al., 2012). Dentro de los compuestos que se han identificado en el género *Tagetes* y particularmente en *T. erecta* se enlistan: flavonoides, cumarinas, tiofenos, entre otros, algunos de ellos con la característica de tener actividad biológica (Tereschik et al., 1997).

Las grasas y aceites pueden sufrir transformaciones químicas que reducen el valor nutritivo del alimento, produciendo

compuestos volátiles que le imparten olores y sabores desagradables. Este fenómeno se debe a que el enlace éster de los triacilglicéridos es susceptible a la hidrólisis química y enzimática, y que los ácidos insaturados son sensibles a las reacciones de oxidación (Navas, 2010).

Existen varios estudios que han demostrado el efecto antioxidante de los flavonoides en diferentes materias grasas, tales como aceite de palma (Pereira y Das, 1990), aceite de canola (Wanasundura et al., 1994), aceite de linaza (Russin et al., 2006).

Los antioxidantes empleados en la preservación pueden ser clasificados, según su origen, en dos tipos: naturales y sintéticos. El BHT y BHA son los antioxidantes fenólicos monovalentes más comunes de origen sintético, fuertemente solubles en grasa e insolubles en agua (Nacz et al., 1992). Son efectivos para la estabilización de aceites vegetales a la concentración máxima permitida de 200 ppm; en alimentos y aceites (Codex alimentarius, 2001). Sin embargo, dichos compuestos sintéticos han sido juzgados en cuanto a sus efectos nocivos sobre la salud.

Debido a la exigencia que presenta el reemplazar productos químicos por productos naturales, y del mismo modo el aprovechamiento de residuos orgánicos, así como otros posibles usos, nace la importancia de estudio y evaluación principalmente de los extractos naturales, siendo una mezcla de compuestos bioactivos (antioxidantes en su mayoría), haciéndolos valiosos aún más para el mercado (Guiotto et al., 2014).

La extracción asistida por ultrasonido utiliza sonido de alta frecuencias, con el fin de desprender el compuesto buscado de materia vegetal. Las partículas sólidas y líquidas vibran y se aceleran ante la acción ultrasónica, como resultado el soluto pasa rápidamente de la fase sólida al solvente. De acuerdo a algunos autores esta técnica es más económica y tienen los requerimientos instrumentales más bajos entre las últimas técnicas de extracción desarrolladas (Rostagno et al., 2003).

Debido a lo anterior, se tiene como objetivo extraer los compuestos bioactivos provenientes de la flor de cempasúchil (*Tagetes erecta*) por el método de ultrasonido, así como la caracterización química de los extractos obtenidos para su aplicación como antioxidante en una margarina.

Materiales y Métodos

Tratamiento de la muestra

La flor de cempasúchil se adquirió en forma de manojos procedente del estado de Puebla, se deshojó de forma manual, para trabajar únicamente con los pétalos de la flor

y el resto fue desechado. Posteriormente la flor fue secada, alcanzando una humedad final del $10\pm 2\%$, para someterla a una molienda para disminuir el tamaño de partícula (malla No.40) de tamaño de 0.419 mm, para después ser envasado y almacenado en un lugar seco a una temperatura de $25\pm 2^\circ\text{C}$ para su posterior uso.

Extracción asistida por ultrasonido (UAE)

Una vez secos y molidos los pétalos de la flor de cempasúchil se procedió a la obtención de los compuestos bioactivos, para el método de extracción asistida por ultrasonido. En donde se empleó una relación 1:10 de flor y disolvente, utilizando mezclas etanol-agua (70:30 y 80:20), una vez hecha la mezcla se realizó la extracción por ultrasonido a 20 y 40 minutos a temperatura ambiente. Finalmente, las condiciones de la corrida experimental con mayor extracción de fenoles, flavonoides y capacidad antioxidante se compararon con una extracción a temperatura de 70°C . Los ensayos fueron realizados por triplicado. A los extractos obtenidos por el método de ultrasonido se evaluó el contenido de fenoles totales por el método de Folin Cioclteu (Fogliano et al., 1999), se determinaron flavonoides siguiendo la metodología del tricloruro de aluminio (Cornejo-García, 2012) y la capacidad antioxidante por ABTS+ (Re et al., 1999).

Establecimiento de la formulación de la margarina

La formulación de la margarina a la cual se le aplicaría los extractos obtenidos la cual se presenta en la Tabla 1.

Porcentaje (%)	Ingredientes
46.87	Aceite de coco
19.44	Aceite de oliva
13.88	Yema de huevo
11.11	Leche
2.77	Saborizante (vainilla)

Tabla 1. Establecimiento de la formulación de la margarina

Evaluación de los extractos de cempasúchil como antioxidantes sobre la margarina

Para medir el efecto antioxidante del extracto de flor de cempasúchil en el control de la oxidación lipídica, se evaluaron diferentes parámetros de calidad índice de acidez (A.O.A.C, 2005 y Kira, 1991), índice de peróxidos (Kira, 1991), e índice de Kreis (Kira, 1991); en la margarina elaborada con aceite de coco y aceite de oliva bajo condiciones de deterioro, es

decir, induciendo la oxidación por medio de la elevación de la temperatura a 150°C durante 10 y 20 minutos, comparando con una muestra control, una muestra con la adición del antioxidante natural a partir de la flor de cempasúchil a concentraciones de 0.05, 0.8 y 0.1 % y otra muestra con antioxidante sintético (BHT) a una concentración máxima permitida de 75 mg/kg; en alimentos como una margarina.

Tratamiento estadístico

Para los parámetros físicoquímicos los resultados obtenidos se analizaron con un paquete estadístico IBM SPSS STATISTICS, donde se realizó un análisis de varianza (ANOVA) aplicando un nivel de significancia de $p < 0.05$ %, para determinar si existe diferencia significativa entre los tratamientos de estudio.

La evaluación del efecto de los extractos de cempasúchil, se realizó un diseño factorial 22, con repetición en el punto central, con ayuda del programa Desing Expert versión 5.

Resultados y discusión

Evaluación de compuestos bioactivos presentes en extractos de cempasúchil

El contenido de fenoles obtenidos de los extractos de cempasúchil se observa en la Figura 1, los extractos obtenidos con una mezcla etanol-agua (80%- 20%) durante 40 minutos, presentan mayor contenido de fenoles de: 65.74 mg de ácido gálico /ml de extracto en la flor de cempasúchil que a (70%-30%) durante 20 minutos, pudiendo deducir que al aumentar el tiempo durante la extracción por ultrasonido, la obtención de compuestos fenólicos resulta ser más eficiente, ya que aumenta el contenido de fenoles. Presentando diferencia significativa.

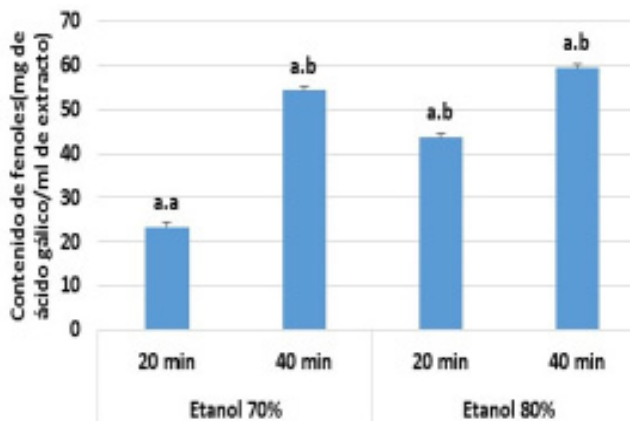


Fig. 1. Contenido de fenoles totales presentes en los extractos de la flor de cempasúchil.

En el caso del contenido de flavonoides (Figura 2), se observa una tendencia similar al contenido de fenoles, en donde

hay mayor concentración de estos compuestos en cuanto mayor es el tiempo de extracción, como es el caso a 40 min, observándose una mayor concentración de flavonoides en los extractos obtenidos con la mezcla etanol-agua 70:30, con 46.78mg de quercetina/ml de extracto, presentando diferencia significativa ($p < 0.05$) tanto por la concentración de solvente como por el tiempo de tratamiento.

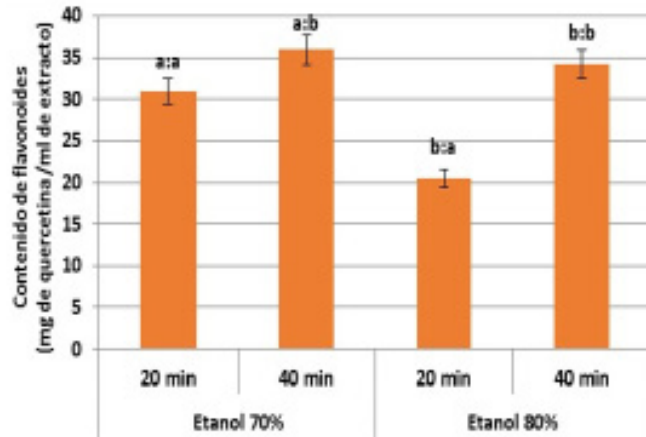


Fig. 2. Contenido de flavonoides presentes en los extractos de la flor de cempasúchil.

Como se puede observar en la Figura 3 la capacidad antioxidante tiene la misma tendencia que los resultados obtenidos en flavonoides, de tal manera que el extracto que presenta la mejor capacidad antioxidante es con una mezcla etanol-agua (70%-30%) y un tiempo de 40 min.

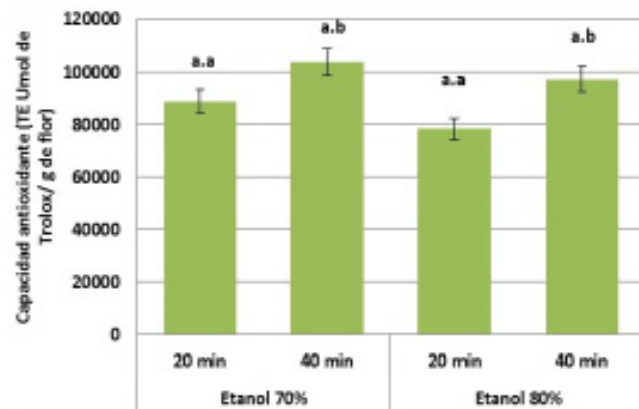


Fig. 3. Capacidad antioxidante presente en los extractos de la flor de cempasúchil.

Por lo cual se observa una relación proporcional con los resultados anteriores puesto que, a mayor contenido de compuestos fenólicos o flavonoides, en donde a la incrementar el tiempo durante la extracción se favorece la extracción y por ende se obtiene un mayor contenido de compuestos y a su vez dan como respuesta mayor capacidad antioxidante. Es decir, en este caso la actividad antioxidante está dada principalmente por los flavonoides y existe también influencia de

los compuestos fenólicos y de éstos, los cinámicos, dicha respuesta está dada por la estructura que poseen (Rastija y Medic, 209). Con esto el tratamiento que presenta una mayor extracción de compuestos es el de etanol a 70% por 40 min de ultrasonido.

Una vez identificado este tratamiento se realizó la comparación con la extracción de ultrasonido aumentando la temperatura a 70°C. en donde se observó que el incremento de temperatura ayudo a la liberación de los compuestos, en el caso de fenoles totales se obtuvo un contenido de 80.05 mg de ácido gálico/ml de extracto bajo la condición de 70°C, siendo 25% mayor comparado con el contenido de fenoles de los extractos de flor de cempasúchil obtenidos a temperatura ambiente. En cuanto a flavonoides, el efecto de la temperatura no fue significativo, ya que de 35 mg de quercetina/ml de extracto obtenidos con el tratamiento a temperatura ambiente, solo incremento a 38 mg de quercetina/ml de extracto en los extractos de flor de cempasúchil obtenidos por ultrasonido a 70°C.

Para capacidad antioxidante evaluando tiempo y temperatura se observa una tendencia similar a lo obtenido en el contenido de fenoles totales y flavonoides, en donde la mayor concentración de estos compuestos se observa en los extractos obtenidos a una temperatura de 70°C durante 40 minutos, debido a que el aumento de la temperatura se vio favorecida la ruptura de la pared celular del material, logrando mayor extracción de compuestos fenoles y por lo tanto la capacidad antioxidante, resultando ser diferentes significativamente ($p \leq 0.05$) en la concentración de compuestos en el extracto cuando se somete a una temperatura de 25°C.

Evaluación de los extractos de cempasúchil como antioxidante aplicado a margarina

El índice de acidez indica los ácidos grasos libres que están presentes en un aceite, siendo una de las características químicas que mejor definen la calidad de éstos, pues indica la alteración de los ácidos grasos debida a una hidrólisis química o enzimática (Gogu Y Smith, 2010).

A continuación, en la Figura 4 se muestran los resultados obtenidos en los diferentes tratamientos aplicados a la margarina en respuesta al índice de acidez.

Como se observa en la Figura 4, hay mayor índice de acidez en las margarinas con una menor concentración de extracto de flor de cempasúchil, expuestas a 20 min de tratamiento a 150°C, teniendo el punto más bajo del índice de acidez bajo las condiciones de 0.1 % de extracto, expuesto a 10 min de tratamiento, del mismo modo, se observa que a mayor concentración de extracto, hay una menor presencia de ácidos grasos libres, observando que hay efecto tanto por la concentración del extracto como por el tiempo del tratamiento.

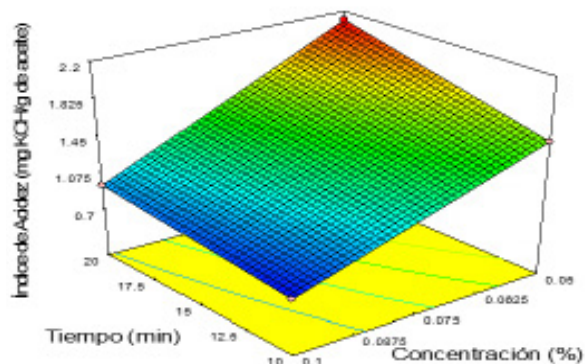


Fig. 4. Efecto de la presencia de los extractos de cempasúchil sobre el índice de acidez de la margarina

El índice de peróxidos indica la calidad de la grasa en un alimento. Este índice nos permite apreciar los compuestos peroxidados que se forman en las fases iniciales de la rancidez (iniciación y propagación) donde los valores tienden a disminuir si la oxidación lipídica se encuentra en estado avanzado. El estado de oxidación inicial del aceite se encuentra en miliequivalente de oxígeno activo por kg de grasa, permitiendo detectar la oxidación de los aceites y grasas.

A continuación, en la Figura 5 se muestran los resultados obtenidos en los diferentes tratamientos aplicados a la margarina en respuesta al índice de peróxidos.

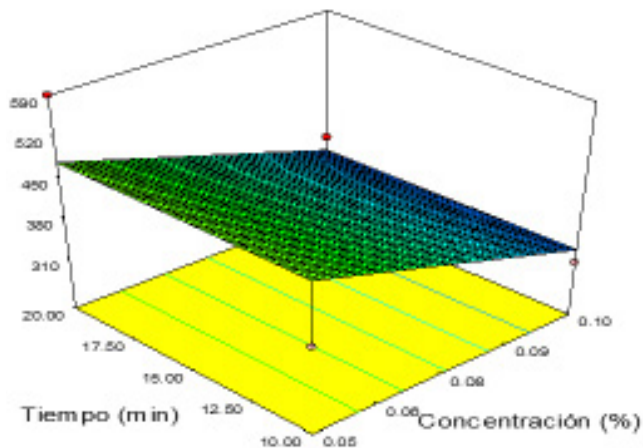


Fig. 5. Efecto de la presencia de los extractos de cempasúchil sobre el índice de peróxidos de la margarina

Al adicionar el antioxidante natural a su máxima concentración (0.1%) a 10 y 20 minutos se observó mayor inhibición de la formación de compuestos derivados de la oxidación lipídica, en donde se ve que índice de peróxidos es menor aproximadamente de 3.14 y 3.62 mEq/kg, incluso siendo más efectivo que el BHT, lo que puede suceder la sustitución del antioxidante sintético, acorde a los resultados obtenidos, si se observó un efecto inhibitorio con la aplicación de los extractos de flor de cempasúchil, lo que podría ofrecer un alternativa natural.

El índice de Kreis al igual que el índice de peróxidos, es un indicador de la evolución de la auto-oxidación que se basa en la detección de compuestos carbonílicos producidos en el deterioro del material lipídico como productos secundarios de esta, los cuales son más estables que los peróxidos.

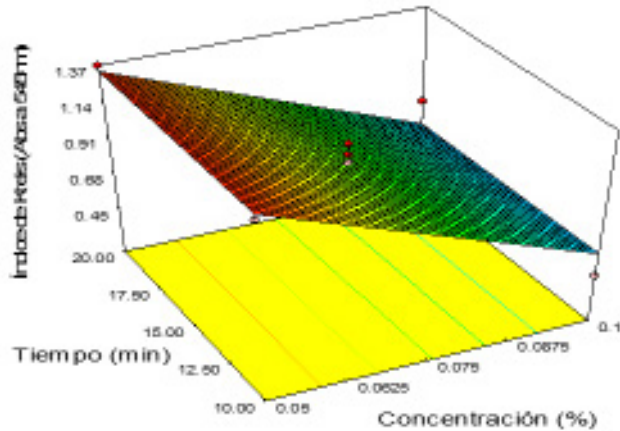


Fig. 6. Efecto de la presencia de los extractos de cempasúchil sobre el índice de Kreis de la margarina

En el caso del índice de Kreis se observa, que a mayor concentración de extracto de cempasúchil mayor inhibición de la oxidación lipídica de la margarina, lo cual es similar a lo observado en el índice de peróxidos, siendo que a 0.1 % de extracto se puede llegar 0.45 de índice de Kreis. Comprobando de este modo que la presencia de los compuestos bioactivos de la flor de cempasúchil ayuda a la inhibición de la oxidación lipídica en la margarina.

Conclusiones

El método de ultrasonido ayudó a la extracción de compuestos bioactivos de la flor de cempasúchil, teniendo que al incrementar la temperatura a 70°C ayuda a la liberación de los compuestos, específicamente los fenoles. Teniendo que las condiciones de extracción óptimas fueron 40 min a 70°C con una mezcla de etanol-agua de 70:30. Estos extractos al aplicarlos en la margarina inhibieron la oxidación lipídica esto en concentraciones de 0.1%, teniendo resultados similares a los obtenidos con antioxidantes artificiales como BHT, siendo una opción viable para la aplicación en productos lipídicos.

Agradecimientos

Este proyecto se realizó con el apoyo del proyecto PAPITT IT202419 Aplicación de ultrasonido, campos eléctricos y cocción solar en el procesamiento de productos hortofrutícolas típicos de México. Asimismo se agradece el apoyo técnico al IME. Omar Olvera García.

Referencias

- AOAC (2005). Official Methods of Analysis. CODEX STAN 210-1999. Recuperado el 6 de Febrero de 2018 de: http://www.fao.org/input/download/standards/336/CXS_210s_2015.pdf
- CORNEJO-GARCÍA FR, (2012). Recuperación De compuestos fenólicos de bagazo de uva roja (*Vitis vinifera*) por microondas y métodos convencionales. Tesis de Maestría en Nutrición Humana, Universidad Autónoma de Querétaro. México.
- FLOGLIANO, V., V. Verde, G. Randazzo y A. Ritieni (1999). Method for measuring antioxidant activity and its application to monitoring the antioxidant capacity of wines. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, (47), 1035-1040
- GUIOTTO E. N., Ixtaina V. Y., Nolasco S. M., Tomás M. C. (2014). Effect of storage conditions and antioxidants on the oxidative stability of sunflower-chia oil blends. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 91, 767-776
- KAISOON, O., Konczak, I. y Sriamorn, S. (2012). Potential health enhancing properties of edible flowers from Thailand. *Food Research International*, 46(2). 563-571
- KIRA, R. S (1991). *Pearson's composition and Analysis of Food*. Ed. Longman Scientific and Technical. USA. 420-445.
- NAVAS. H. (2010). Componentes minoritarios y propiedades antioxidantes de aceites vírgenes y tortas residuales por presión en frío a partir de fuentes vegetales convencionales y no convencionales. Tesis Doctoral. Univ. de Castilla La Mancha, Facultad de Ciencias Químicas. España
- PEREIRA T. A., Das N. P. (1990). Efectos de los flavonoides sobre la autooxidación térmica del aceite de palma y otros aceites vegetales determinados por calorimetría diferencial de barrido. *Thermochemica. Acta.* 165 (1), 129-137
- RE, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M. y Rice-Evans C (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical decolorization assay *Free Rad. Biol. Med* (26), 1231-1237
- ROP O., Mlcek J., Jurikova T., Neugebauerova J., Vabkova (2012). Edible Flowers-A New Promising Source of Mineral Elements in Human Nutrition. *Molecules*. 17(6), 6672-6683.
- ROSTAGNO, M., Palma. M., y Barroso, C. (2003). Ultrasound. assisted extraction of soy isoflavones. *Journal of Chromatography A*, 1012, 119-128
- RUSSIN T.A., Boye J. I., Pham H.M., Arcand Y. (2006). Antioxidant properties of genistein in a model edible oil system. *Journal of Food Science*. 71(7), 395-399
- RZEDOWSKI, G.C. (2001). *Flora fanerogámica del Valle de México*. (2ª ed.), Instituto de Ecología y Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. Pátzcuaro, Michoacán, México.
- NACZK M., Wanasundara P. K. J. P. D., Shahidi F. (1992). Método fácil de cuantificación espectrofotométrica del ácido sinápico en harinas de mostaza y colza extraídas con hexano y tratadas con agua con metanol-amoniaco. *Revista de química agrícola y alimentaria*. 40(3), 444-448
- TERESCHIK, M.L., Riera, M. V., Castro. G.r., Abdala, L.R. (1997). Antimicrobial activity of flavonoids from leaves of *Tagetes minuta*. *Journal of Ethnopharmacology*. 56: 227-232
- WANASUNDARA P.K.J.P.D., Amarowicz R., Kara M. T., Shahidi F. (1993). Removal of cyanogenic glycosides of flaxseed meal. *Food Chem.*, 48 (3), 263-266

ELABORACIÓN DE UNA BEBIDA VEGETAL A BASE DE GARBANZO SABORIZADA



Randa Sarahi Navarro Uribe,¹ María Andrea Trejo Márquez,¹ Josué Yasar Guerrero Morales, Selene Pascual Bustamante¹ *

¹ Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Laboratorio de Postcosecha de Productos Vegetales, Centro de Asimilación Tecnológica. Jiménez Cantú s/n, San Juan Atlámica, C. P. 54729, Cuautitlán Izcalli, Edo. de México, México. *e-mail: spluna27@gmail.com



Resumen

Algunas leguminosas como el garbanzo han sido estudiadas únicamente para uso tradicional como alimento para animales, sin embargo, una alternativa de consumo es en el desarrollo de bebidas vegetales las cuales han tenido un crecimiento importante en el mercado debido a las nuevas tendencias alimentarias. Por lo que el objetivo del presente trabajo es la elaboración de una bebida vegetal a base de garbanzo adicionada con sabor. Para lo que se caracterizó garbanzo de la variedad "Costa 2004", posteriormente se realizaron diferentes formulaciones utilizando fresa, frutos secos y saborizante de nuez, variando las proporciones de garbanzo y de los demás frutos para establecer la formulación, de acuerdo con la evaluación sensorial realizada a panelistas no entrenados. En función a los resultados de la evaluación sensorial la formulación más aceptada fue 5% garbanzo con 0.2% de saborizante de nuez, concluyendo que la elaboración de una bebida de garbanzo es una buena alternativa de consumo para esa leguminosa.

Palabras clave: Garbanzo, bebida vegetal, evaluación sensorial, saborizantes, leguminosas.

Antecedentes

El garbanzo (*Cicer arietum* L.) pertenece a la familia Leguminosae. Es de los cultivos más antiguos y populares, debido a que presenta bajos requerimientos durante su siembra. Este grano se ha cultivado desde hace más de 9500 años, en donde los principales vestigios se han dado en Turquía hasta Irán (Redden y Berger, 2007; Frimpong, 2010). Algunas leguminosas como el garbanzo han sido estudiadas únicamente para uso tradicional como alimento para animales, sin embargo, debido al alto contenido proteico de esta legumbre y a la escasez de proteína para consumo humano, se ha incrementado el interés de su empleo para la obtención de concentrados proteínicos.

El garbanzo es de los granos que se cultiva en diferentes partes del mundo, en donde la India es el principal país productor con el 60% de la producción mundial, seguido por Australia con una producción de alrededor del 13%, mientras que México ocupa el décimo lugar en la producción mundial del garbanzo, representando solo un 1% de la misma (FAOSTAT, 2019).

El garbanzo se puede considerar un alimento funcional, ya que proporciona gran cantidad de calorías y energía; por su riqueza en proteínas y carbohidratos, proporciona fuerza a quien lo consume, útil en épocas frías del año y en personas que desarrollan fuertes trabajos físicos, por su contenido en fibra estimula el peristaltismo intestinal, combate el estreñimiento.

miento y la anemia, favorece el crecimiento de los jóvenes por su concentración de fósforo.

Una de las opciones de aprovechamiento del garbanzo que podría ayudar a aumentar el consumo de este grano, es el desarrollo de una bebida vegetal, ya que actualmente el consumo de estos productos va en aumento debido a la tendencia de no consumir productos de origen animal.

Como definición se dice que son bebidas no lácteas, elaboradas con agua e ingredientes vegetales y no contienen proteína animal (Dávila de Campagnaro, 2017).

Las bebidas vegetales no son nuevas, su historia parece remontarse a 200 años antes de Cristo, a juzgar por el hallazgo de un molino de piedra que se usaba para extraer el líquido de la soya remojada.

En los últimos cuatro años las bebidas de origen vegetal han triplicado su valor siendo de 374.6 millones de pesos en 2013, a un 998.7 millones de pesos para 2017. Según lo referido por algunas empresas el mercado de leche vacuna crece alrededor del 3% anual, mientras que el de "leches" de origen vegetal un 14%. En el caso de México, se encuentra en el noveno lugar a nivel mundial en cuanto a tamaño de mercado para bebidas de arroz, coco, almendra y soya, estando por encima de Italia. Los principales países son China, Estados Unidos, Canadá y España (El Financiero, 2019).

Por lo que el objetivo de este trabajo es el desarrollo de una bebida vegetal saborizada a base de garbanzo.

Objetivo(s)

Desarrollar una bebida vegetal a base de garbanzo, evaluando la aplicación de diferentes saborizantes, mediante una evaluación sensorial para así determinar la formulación más aceptada por los potenciales consumidores.

Materiales y Métodos

Material Biológico

Para la elaboración de la bebida vegetal se empleó garbanzos de la variedad 'Costa 2004', procedente de Celaya, Guanajuato; y se conservó durante la experimentación en frascos herméticamente sellados a temperatura ambiente.

Caracterización química del garbanzo

El garbanzo fue caracterizado químicamente, en donde se evaluaron parámetros como: Carbohidratos (NMX-F-312-1978), humedad (NMX-F-083-1986), lípidos (AOAC, 2005), cenizas (NMX-F-066-S-1978), fibra (NMX-F-090-S-1978) y proteína (AOAC, 2005).

Formulación de la bebida la vegetal de garbanzo

Una vez caracterizado el garbanzo se procedió a establecer la formulación para la elaboración de la bebida vegetal presentando en la Tabla 1 las propuestas de formulación en donde se sugieren diversos cambios para mejorar el sabor (fresa y nuez) y la textura de la bebida vegetal. Para poder mejorar el sabor de la bebida primero se propuso emplear un fruto en este caso fresa, y posteriormente debido a los resultados obtenidos se propusieron otros sabores como lo fue nuez. La selección del sabor se tomó en función a la evaluación sensorial realizada.

Ingrediente (%)	Modificación de estabilizante			Modificación de adicionado	
	1	2	3	1.1	2.2
Agua	87.1	87.1	87.1	92.4	92.4
Garbanzo	5	5	5	3	3
Fruto Seco	5	5	5	2	2
Azúcar	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4
Estabilizante	0.5	0.2	0.5	0.2	0.2

Tabla 1. Propuestas de formulaciones de bebida de garbanzo

Una vez propuestas las formulaciones se elaboró la bebida vegetal de acuerdo con el proceso descrito en la Figura 1.



Fig. 1. Diagrama de proceso propuesto para la elaboración de una bebida vegetal de garbanzo

Evaluación sensorial de la bebida vegetal de garbanzo

Para determinar que formulación es la más aceptada, se propuso realizar una prueba hedónica de 5 puntos a 100 panelistas no entrenados con promedio de edad de entre 18 y 25 años. La encuesta realizada se presenta en la Figura 2. Donde las muestras evaluadas fueron la bebida de garbanzo sola, y la bebida adicionada con nuez.

Nombre: _____ Fecha: _____ Edad: _____

Pruebe por favor las muestras que se encuentran frente a usted e indique su nivel de agrado colocando el número de la escala que mejor describa su opinión para cada una

5	Mé gusta mucho		Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
4	Mé gusta				
3	No me gusta ni me disgusta				
2	Mé disgusta				
1	Mé disgusta mucho				

	Olor			
	Sabor			
	Color			
	Textura			
	Aceptabilidad			

Observaciones: _____

Fig. 2. Formato de evaluación sensorial de la bebida vegetal de garbanzo

Evaluación de microorganismos

Método para la cuenta de microorganismos coliformes totales en placa (NOM-113-SSA1-1994). El método permite determinar el número de microorganismos coliformes presentes en una muestra, utilizando un medio selectivo (rojo bilis) en el que se desarrollan bacterias a 35 ± 2 °C; en aproximadamente 24 Horas.

Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa (NOM-092-SSA1-1994). Consiste en contar las colonias que se desarrollan en el medio de elección (agar nutritivo) después de 48 horas y temperatura de incubación de 35 ± 2 °C.

Resultados y discusión

Evaluación de la composición química del garbanzo variedad Costa 2004

La composición química de los garbanzos estudiados es una fuente importante de información, dado que a partir de las propiedades químicas que presentes estos granos se puede establecer posibles usos para el desarrollo de productos, en específico de la bebida vegetal, ya que se requiere un alto contenido de proteína. En la Tabla 2, se presentan los resultados obtenidos.

Componente	'Costa 2004'
Carbohidratos (g)	66.88±1.67
Proteína (g)	6.85±0.99
Grasa (g)	11.58±0.27
Humedad (g)	8.41±0.14
Fibra (g)	2.73±0.32
Cenizas (g)	3.54±0.01

Tabla 2. Composición química de garbanzo 'Costa 2004' por cada 100g de producto.

Los garbanzos de la variedad 'Costa 2004', presentaron menos proteína, que lo reportado por algunos autores como Aguilar y Vélez (2013) quienes mencionan que el contenido de proteína puede ir de entre 17 a 22%, en grano con cáscara, esto puede deberse al tipo de variedad empleada, así como las condiciones de cultivo que pudo llegar a tener el grano.

Mientras que el contenido de carbohidratos puede llegar a ser de hasta el 80% en peso seco, vemos que el obtenido en este trabajo se encuentra entre el 73% en base seca. Principalmente se encuentra almidón, sin embargo algunos autores (Aguilar y Vélez, 2013) han encontrado algunos monosacáridos como: galactosa (0.05%), ribosa (0.1%), fructosa (0.25%) y glucosa (0.7%), así como algunos disacáridos como maltosa (0.6%) y sacarosa (1-2%) (También se pueden encontrar azúcares de la familia de α -galactósidos como son la rafinosa (25%), estaquinosa entre otros (Frimpong, 2010; Jukanti et al., 2012). En cuanto a los lípidos estos se encuentran por encima de lo reportado (alrededor del 3%) en la literatura, en donde mencionan que el contenido va de 3.3 a 8.8% para garbanzos del tipo kabuli, como se mencionó anteriormente, esto puede estar dado por el tipo de variedad; así como las condiciones de cultivo Wood y Gusak (2007).

Encuentran que composición de los lípidos está dada principalmente por ácidos grasos poliinsaturados (62-67%), monoinsaturados (19-26%), mientras que saturados presenta alrededor de 12-14%; lo que indica que los lípidos presentes en esta leguminosa son principalmente ácidos grasos insaturados, los cuales están relacionados con la prevención de enfermedades cardiovasculares, reduciendo también los niveles de colesterol de baja densidad (LDL).

En cuanto a las cenizas aporta alrededor de un 3.5%, dentro de estos compuestos se encuentra el magnesio y cobre con alrededor de un 40%, mientras que el hierro y zinc presentan un 15%, estos contenidos pueden variar dependiendo de la variedad del grano (Aguilar-Vélez, 2013).

Estandarización del proceso y formulación de la bebida de garbanzo

Para el desarrollo de la bebida vegetal de garbanzo con fresa el proceso se dividió en dos partes, teniendo por un lado el proceso del garbanzo, y por otro las operaciones requeridas para la fresa, en donde se incluye la recepción, selección, limpieza, lavado, desinfección, la cual se realizó con desinfectante químico y por último un troceado para poder facilitar la posterior molienda. En el caso del garbanzo se realizó el proceso propuesto y se añadió una segunda molienda en donde se incorporó la fresa troceada para posteriormente agregar el estabilizante y realizar la homogeneización de los ingredientes y por último el envasado. Los resultados obtenidos se presentan en la Figura 3.



Fig. 3. Bebida vegetal de garbanzo y fresa.

Una vez realizadas las bebidas se observó coagulación de las proteínas de garbanzo, siendo evidente una separación de fases, a pesar de que a las bebidas se les incorpora estabilizante. Esta separación se atribuye al cambio de pH que se generó por la incorporación de la fresa, siendo este más ácido, por lo que no es recomendable la incorporación de frutos frescos a este producto.

Por ello se sugirió agregar otro grano o semilla a la bebida para mejorar el sabor, y se propuso el empleo de nuez.

En el caso de la bebida de garbanzo con nuez, cambia dentro del proceso el tratamiento propuesto para la nuez, en donde se irradió la nuez con UV-C por 20 min para disminuir la carga microbiana que pudiera presentar. En el caso del garbanzo el proceso fue el mismo, y en la segunda molienda se incorporó la nuez, para posteriormente realizar un mezclado y homogenizar el producto.

Una vez elaborada la bebida se realizó una prueba sensorial hedónica con una escala de 1 a 5 en donde 5 es la calificación más alta, aplicada a 100 panelistas con un intervalo de edad de 15 a 25 años. A continuación, se presentan los resultados obtenidos de dichas pruebas.

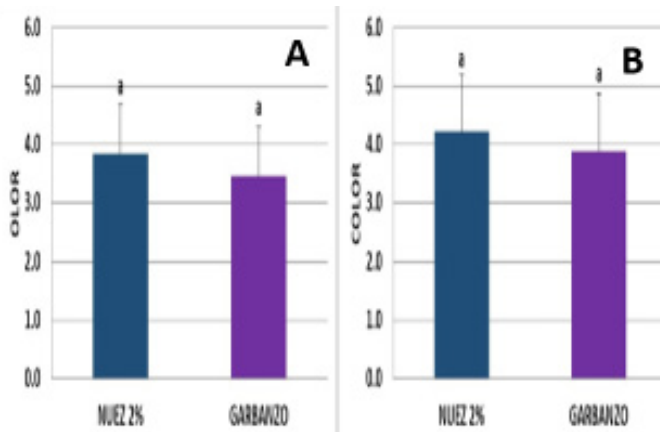


Fig. 4. Evaluación sensorial de bebida vegetal de nuez y garbanzo y garbanzo en olor (A) y color (B).

Con respecto a los resultados obtenidos para olor (Figura 4 A) se observa que no hubo diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en este parámetro, en donde los panelistas otorgaron calificaciones de entre 3 y 4, que de acuerdo a la escala propuesta se encuentra entre “ni me gusta, ni me disgusta” y “me gusta”. En el caso de color (Figura 4 B) a pesar de que las bebidas de nuez presentaron un color más oscuro los panelistas también otorgaron calificaciones en un intervalo de 3 a 4, sin presentar diferencia significativa ($p \leq 0.05$) con respecto a la bebida de garbanzo.

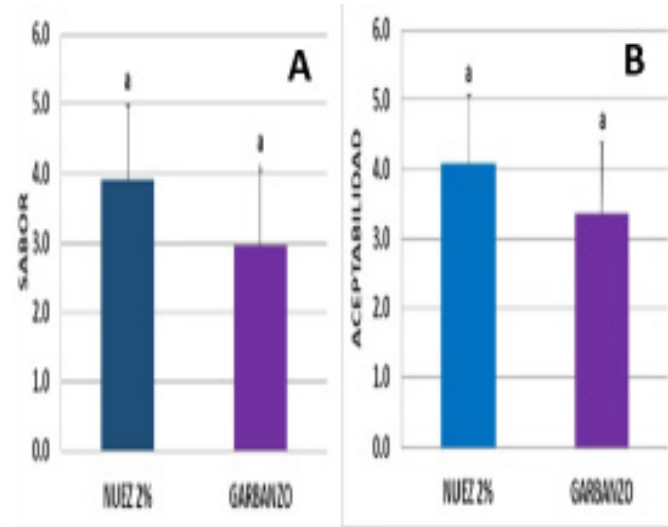


Fig. 5 Evaluación sensorial de bebida vegetal de nuez y garbanzo con nuez en sabor (A) y aceptabilidad (B).

En el caso del sabor (Figura 5 A), tampoco se presenta diferencia significativa ($p \leq 0.05$), entre las bebidas, sin embargo se observa que la calificación otorgada por los panelistas a la bebida de garbanzo se encuentra en 3 “ni me gusta, ni me disgusta” mientras que la bebida de garbanzo y nuez presentó una calificación de 4 “me gusta”, lo mismo se observa en la aceptabilidad (Figura 5 B) en donde tampoco se presentó diferencia significativa y las bebidas obtuvieron las mismas calificaciones que en sabor.

En función a los resultados obtenidos se decidió trabajar con la bebida de garbanzo sin adición de nuez, ya que los costos de producción serán menores, además de que la nuez puede llegar a considerarse un alimento alérgico, por lo que restringiría el consumo de una bebida a cierto sector de la población.

Después de realizada la bebida se realizaron conteos en placas de coliformes, bacterias mesófilas, hongos y levaduras para todos los ingredientes, encontrándose que no había presencia de coliformes, pero sí de microorganismos mesófilos y de levaduras, principalmente en el garbanzo (Tabla 3). Por lo que se incorporó la irradiación como pretratamiento al garbanzo.

	Bebida de Garbanzo	Bebida de Garbanzo después de la irradiación
Coliformes	<10 UFC	<10 UFC
Mesófilos	Incontable	<10 UFC
Hongos y Levaduras	Incontable	<10 UFC

Tabla 3. Presencia de microorganismos en las bebidas vegetales de garbanzo antes y después de irradiar

Una vez elaborada la bebida vegetal con el garbanzo irradiado se volvió a determinar la presencia de microorganismos en la bebida, obteniendo cuentas por debajo de las 10 UFC/mL.

Conclusiones

La bebida vegetal de garbanzo es una alternativa viable para aumentar el consumo de esta leguminosa, observándose que hay una carga importante de microorganismos mesófilos que con un pre-tratamiento se puede eliminar y con ello alcanzar las características deseadas para este tipo de productos. Por otro lado, la adición de un saborizante, en este caso sabor nuez, ayuda en gran medida a la aceptación del producto por parte de los consumidores, siendo una mejor opción, en lugar de agregar nuez natural, pues esto incrementa el costo del producto final.

Agradecimientos

Este proyecto se realizó con el apoyo del proyecto PAPITT IT202419 Aplicación de ultrasonido, campos eléctricos y cocción solar en el procesamiento de productos hortofrutícolas típicos de México. Asimismo se agradece el apoyo del Técnico Académico Omar Olvera García.

Referencias

- AGUILAR-RAYMUNDO V.G. y Vélez-Ruiz J.F. (2013) Propiedades nutricionales y funcionales del garbanzo (*Cicer arietinum* L.). *Temas Selectos de Ingeniería de alimentos* 7(2):25-34
- AOAC (2005). *Official Methods of Analysis*. 18th Edition, Association of Official Analytical Chemists, Washington DC.
- DÁVILA de Campagnaro E. (2017). *Bebidas Vegetales y leches de otros mamíferos*. *Archivos Venezolanos de Puericultura y Pediatría*. 80(3) 93-10
- El financiero (11/12/201). Ángel Alcántara (11/12/2017) <https://www.el-financiero.com.mx/empresas/leches-vegetales-le-quieren-comer-el-mandado-a-la-de-vaca>
- FAOSTAT (2019) Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>
- FRIMPONG A. (2010). A study of chickpea (*Cicer arietinum* L.) seed starch concentration, composition and enzymatic hydrolysis properties. Tesis Doctorado. Universidad de Saskatchewan, Saskatoon, Saskatchewan.
- JUKANTI A. K., Gaur P. M.; Gowda C. L. L. y Chibbar R. N. (2012). Nutritional quality and health benefits of chickpea (*Cicer arietinum* L.): a review. *British Journal of Nutrition*. 108(5):511-526. <https://doi.org/10.1017/S0007114512000797>
- NMX-F-066-S-1978. Determinación de cenizas en alimentos
- NMX-F-083-1986. Alimentos. Determinación de humedad en productos alimenticios
- NMX-F-090-S-1978. Determinación de fibra cruda en alimentos
- NMX-F-312-1978. Determinación de azúcares directos y totales en alimentos.
- NOM-092-SSA1-1994. Bienes y servicios. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa.
- NOM-111-SSA1-1994. Bienes y servicios. Método para la cuenta de mohos y levaduras en alimentos.
- NOM-113-SSA1-1994. Bienes y servicios. Método para la cuenta de microorganismos coliformes totales en placa.
- REDDEN R. J.; Berger J-D. (2007). History and origin of chick-pea. (1-13). En S.S. Yadav R; Redden W.; Chen y Sharma (eds). *Chickpea Breeding and Management*. CAB International
- WOOD, J.A.; Grusak M. S. 2007. Nutritional value of chickpea. Capítulo 5. *Chickpea Breeding and Management*. CAB International. Pp101-137

APLICACIÓN DE XILOGLUCANO DE *Tamarindus indica* L. COMO AGENTE ENCAPSULANTE PARA LA OBTENCIÓN DE NANOESEFERAS



Valeria Espíndola Sotres*,¹ Elsa Gutiérrez–Cortez,² Juana Isela Rojas Molina,¹
Carlos Tomás Quirino Barreda.³

¹Laboratorio de Investigación Química y Farmacológica de Productos Naturales, Universidad Autónoma de Querétaro. valee.so10@gmail.com

²Laboratorio de procesos de transformación y tecnologías emergentes en alimentos; FES-Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México. elsaneqpm@yahoo.com.mx

³Laboratorio de Farmacia Molecular y Liberación Controlada, Unidad Xochimilco, Universidad Autónoma Metropolitana. cquirino@correo.xoc.uam.mx



Resumen

Este trabajo consistió en extraer y caracterizar xiloglucano (XG) de las semillas de *Tamarindus indica* L. (tamarindo) para utilizarlo como agente encapsulante en el proceso de coacervación compleja para obtener nanoesferas. Se establecieron las condiciones de extracción del XG, donde se observó mayor rendimiento y eficiencia de separación por el método de tostado con respecto al húmedo, así como mayor capacidad viscosante; además, el xiloglucano en dispersión al 0.0625% m/m y pH=13 mostró un potencial $\zeta = -28.96 \pm 1.74$ mV y un tamaño de partícula de 566.93 ± 42.29 nm. Posteriormente, se obtuvieron las nanoesferas por coacervación por complejación acidificando a pH 2 la mezcla de lactosuero al 0.1 % m/m y xiloglucano al 0.0625 % m/m en proporción 2:1. El tamaño promedio de las nanoesferas fue de 300 nm. El potencial ζ representó el atributo más adecuado para identificar la formación de las nanoesferas y determinar su estabilidad.

Palabras clave: coacervación compleja, nanoesferas, xiloglucano.

Antecedentes

La formación de micro y nanoesferas por coacervación es un método que permite proteger a los compuestos bioactivos de factores como el calor y la humedad, manteniendo su estabilidad y viabilidad.¹ Durante las últimas décadas, la aplicación de polímeros naturales para el desarrollo de medicamentos y aditivos en los alimentos, ha sido objeto de interés debido a su gran disponibilidad, bajos costos, biodegradabilidad y biocompatibilidad.² La semilla de tamarindo es un residuo del proceso de elaboración de concentrados de pulpa de fruta; sin embargo, pueden ser aprovechadas para obtener materiales poliméricos como el xiloglucano, un polisacárido aniónico que puede utilizarse como estabilizador, espesante, aglutinante, retardante de liberación del compuesto de interés o principio activo y modificador de características sensoriales.³ Otro material utilizado como agente encapsulante son las proteínas del lactosuero, las cuales permiten la formación de un coacervado al interactuar iónicamente con una cadena polianiónica; esto favorece la formación de una superficie que puede endurecerse por

modificación de las condiciones de temperatura y pH del sistema dando lugar a la formación de matrices esféricas en la escala micro y nanométrica.⁴

Objetivo(s)

Extraer y caracterizar xiloglucano de semillas de *Tamarindus indica* L. para su aplicación como agente encapsulante en el proceso de coacervación compleja.

Parte experimental

Extracción de xiloglucano

Se llevó a cabo por método húmedo siguiendo el método reportado por Khounvilay and Sittikijyothin (2012), y por método de tostado se utilizó el método modificado propuesto por Nagajothi et al., (2017) y posteriormente se sometieron a centrifugación a 6000 y 7000 rpm para separar el polisacárido.

Composición química del xiloglucano

Se determinó el contenido de humedad con el método 925.10, extracto etéreo con el método Soxhlet 920.39), proteína cruda por el método micro-Kjeldahl 925.10, cenizas mediante el método 989.03, azúcares totales por diferencia. Los métodos anteriores se encuentran descritos en la AOAC (2000).

Análisis reológico

Se determinó el perfil de viscosidad de las dispersiones de xiloglucano a concentraciones de 1.5, 2, 2.5, 3 y 3.5 % (m/m) mediante un reómetro (Anton Paar, modelo MCR 102. St. Albans, UK) con cilindros concéntricos a 25 °C.

Caracterización fisicoquímica del xiloglucano

Se determinó el pH, potencial Z y tamaño de partícula mediante un analizador de partículas Litesizer500 Anton Paar, Austria.

Desarrollo y caracterización de nanoesferas

Las nanoesferas se obtuvieron mediante coacervación compleja de lactosuero 0.1 % m/m a pH 2 y xiloglucano 0.0625 % a pH 13 en proporción 2:1, posteriormente el pH se ajustó a 2 con solución de HCl (0.1 M). La caracterización de coacervado se realizó mediante un analizador de partículas Litesizer500 Anton Paar, Austria, para la determinación del tamaño de partícula y potencial Z, así como la morfología por SEM mediante un microscopio Jeol JSM 5600LV, Japón.

Análisis estadístico

El análisis estadístico de los datos se llevó a cabo con ANOVA de una sola vía utilizando la prueba de Tukey para

detectar diferencias estadísticas entre las medias de los tratamientos, empleando el programa estadístico Minitab versión 18 (Minitab Statistical Software, Inc., Chicago, IL).

Resultados y discusión

Extracción de xiloglucano

Se evaluaron las condiciones de extracción, con respecto al rendimiento obtenido de xiloglucano se detectó un incremento de 1.6 % cuando la semilla de *Tamarindus indica* se sometió al método de tostado como se observa en la Figura 1, estos resultados concuerdan con lo reportado por Nagajothi et al. (2017). Por otro lado, la eficiencia de separación por método de tostado (71.73 ± 0.74 %) mostró diferencias significativas con respecto al método húmedo (64.77 ± 0.32 %), lo que se interpreta como un menor contenido de compuestos no deseados (lípidos, proteínas, cenizas, etc.) en el producto.

Composición química

El contenido de humedad fue 1.41 % mayor en el caso de la semilla tratada por el método húmedo (ver Tabla 1). Entre ambos métodos, no existen diferencias significativas en el contenido de proteínas; sin embargo, el contenido de fibra y lípidos fue significativamente mayor en el caso del método húmedo. Esta diferencia puede deberse a la degradación de los ácidos grasos contenidos en la semilla de tamarindo durante el tostado (Soria, 2017). Por otra parte, el contenido de cenizas y carbohidratos fue significativamente mayor ($p \leq 0.05$) en el xiloglucano obtenido por el método de tostado, esto se debe a que, en el método húmedo, pudieron solubilizarse algunos de los polisacáridos solubles en el agua de remojo como resultado de un fenómeno de lixiviación (Rodríguez y Curbelo, 2012); lo que se refleja también en un menor rendimiento durante la extracción.

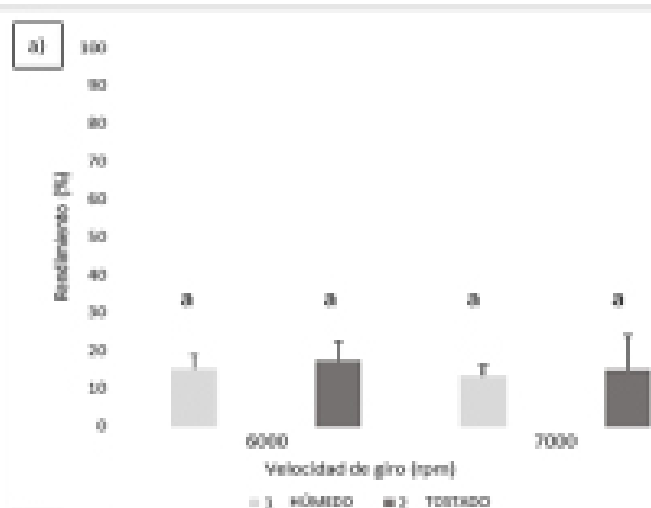


Fig. 1. Rendimiento y eficiencia de separación de xiloglucano de semilla de *Tamarindus indica* L.

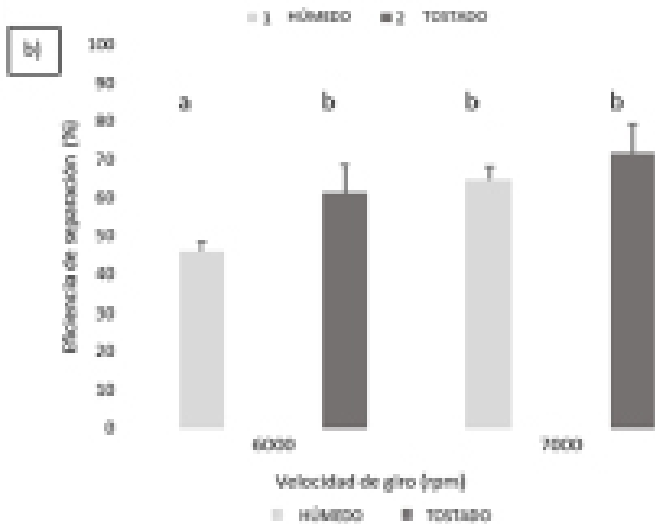


Fig. 1. Rendimiento y eficiencia de separación de xiloglucano de semilla de Tamarindus indica L.

Componente	Método húmedo	Método tostado
Proteína	3.94 ± 0.01 ^a	3.86 ± 0.005 ^a
Lípidos	0.69 ± 0.01 ^a	0.26 ± 0.01 ^b
Cenizas	0.47 ± 0.015 ^a	0.70 ± 0.015 ^b
Fibra	1.26 ± 0.08 ^a	1.17 ± 0.02 ^b
Carbohidratos	93.6 ± 0.09 ^a	93.95 ± 0.07 ^b

Tabla 1. Composición química de xiloglucano de Tamarindus indica L.

Análisis reológico

Se observó un incremento de la viscosidad compleja (η^*) de manera lineal en función de la concentración de xiloglucano, independiente del método de extracción; aunque en el caso de las dispersiones de xiloglucano obtenido por el método húmedo, la viscosidad máxima fue de 6 Pa·s; con respecto a las dispersiones de xiloglucano obtenido por el método de tostado (9 Pa·s) mostrando la capacidad de incrementar la viscosidad hasta 3 veces más a la concentración de 3.5% (m/m) como se observa en la Figura 2, esta diferencia puede ser atribuida a un mayor peso molecular del polisacárido extraído por método de tostado.

Caracterización fisicoquímica del xiloglucano

El potencial Z del xiloglucano es negativo en la escala de pH de 3 a 13, las cargas aniónicas se atribuyen a los grupos hidroxilo de la cadena del polisacárido. A pH 2 el valor del potencial es positivo (0.182 ± 0.21 mV).

El tamaño de partícula de xiloglucano no presentó cambios con respecto a la variación de pH, el diámetro de partícula promedio fue de 566.92 ± 42.29 nm.

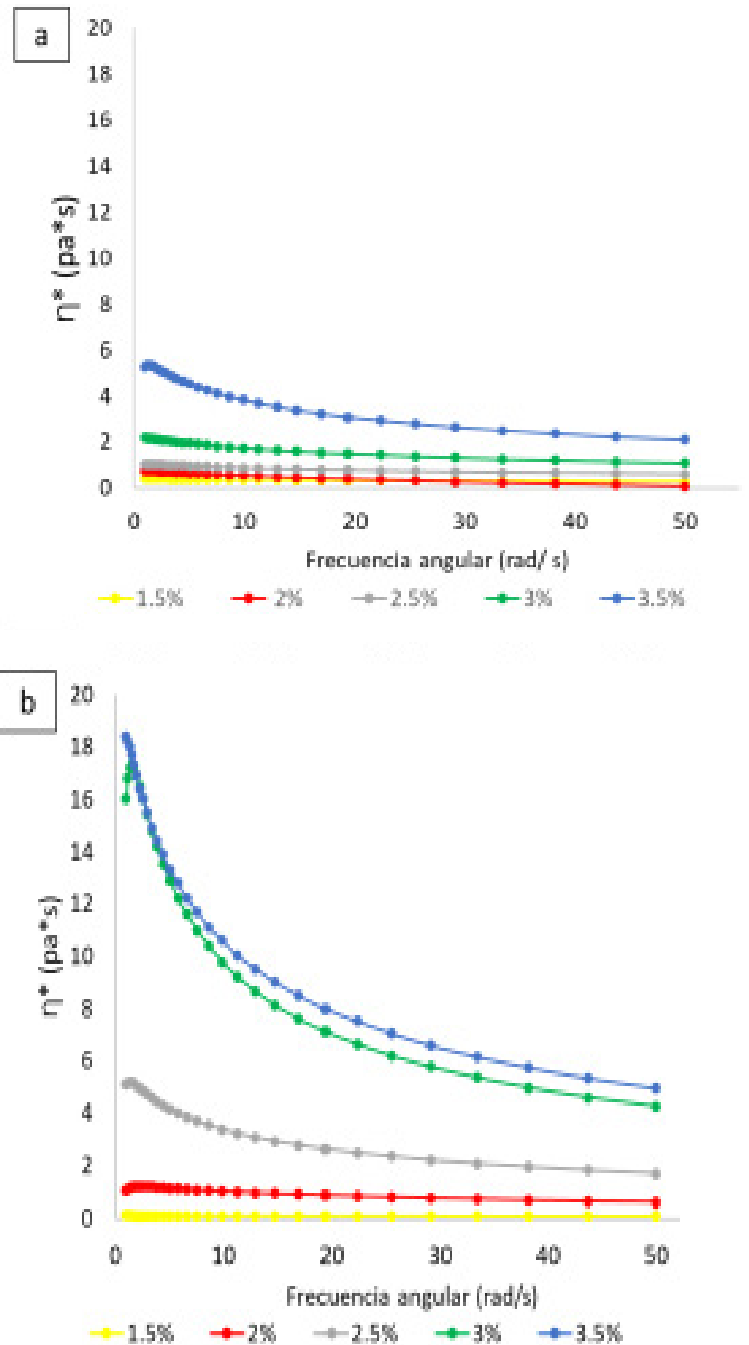


Fig. 2. Viscosidad compleja de dispersiones de xiloglucano extraído de semillas de tamarindo a 25°C.

Obtención y caracterización de nanoesferas

Una vez comprobada la viabilidad del xiloglucano como agente encapsulante, se llevó a cabo la coacervación compleja con las proteínas de lactosuero como cadena catiónica, finalmente, se obtuvo la formación de partículas esféricas en la escala nanométrica con un diámetro promedio de 300 nm y potencial Z positivo (318.23 ± 34.97 mV). La morfología de las partículas se observa en la Figura 3.

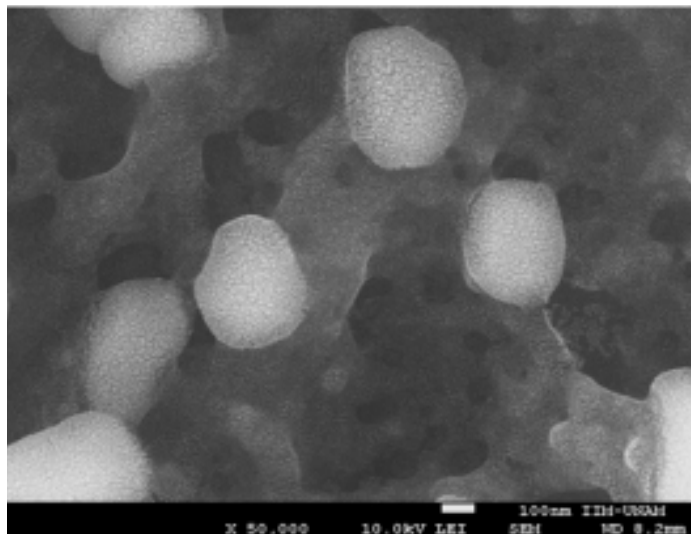


Fig. 3. Morfología del coacervado lactosuero- xiloglucano (matriz esférica) a 50000X.

Conclusiones

La eficiencia de separación de xiloglucano fue mayor a 7000 rpm, Además, el descascarillado por tostado es más efectivo ya que requiere menos tiempo y facilita la remoción de la testa.

El xiloglucano extraído por el método de tostado presentó perfiles de viscosidad más altos con respecto al xiloglucano extraído por método húmedo, lo que representa mayor rendimiento como hidrocoloide. La diferencia de viscosidades posibilita distintas aplicaciones del hidrocoloide extraído como espesante y gelificante, propiedades útiles en la industria alimentaria y farmacéutica.

Los resultados muestran que es factible la formación de nanoesferas por coacervación compleja de dos materiales naturales que son subproductos de procesos de la industria alimenticia: el xiloglucano y las proteínas de lactosuero.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la Beca Nacional con número 926892.

Al Proyecto PAPIIT IA207121.

Al Laboratorio de Farmacia Molecular y Liberación Controlada, UIDIS, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco.

Referencias

1. López, A. F., Deladino, L., Alba, S. N., Miriam, N. M. (2011). Encapsulación de compuestos bioactivos con alginatos para la industria de alimentos. @ limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria, 10(1).
2. Joseph, J., Kanchalochana, S. N., Rajalakshmi, G., Hari, V., Durai, R. D. (2012). Tamarind seed polysaccharide: A promising natural excipient for pharmaceuticals. International Journal of Green Pharmacy (IJGP), 6(4).
3. Malakar, J., Nayak, A. K., Pal, D., Jana, P. (2014). Potato starch-blended alginate beads for prolonged release of tolbutamide: Development by statistical optimization and in vitro characterization. Asian Journal of Pharmaceutics (AJP), 7(1).
4. López, A. F., Deladino, L., Alba, S. N., Miriam, N. M. (2011). Encapsulación de compuestos bioactivos con alginatos para la industria de alimentos. @ limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria, 10(1).
5. Haffner, F. B., Diab, R., & Pasc, A. (2016). Encapsulation of probiotics: insights into academic and industrial approaches. AIMS Materials Science, 3(1), 114-136.
6. Khounvilay, K., & Sittikijyothin, W. (2012). Rheological behaviour of tamarind seed gum in aqueous solutions. Food Hydrocolloids, 26(2), 334-338.
7. Nagajothi, M. S., Balasubramanian, A., Renganayaki, A.R., Sudha, P. (2017). Optimizing Roasting Standards for Quality Gum Production in Tamarind Seed Gum Production. Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci. 6(5): 1964-1968.
8. AOAC. (2000). Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists, Métodos 920.39, 923.03, 925.10, 991.41 y 993.19, AOAC, Gaithersburg, Md, USA, 17th. W. Horwitz (eds).

CARACTERIZACIÓN QUÍMICO-FÍSICA DE LA NUEZ CRIOLLA PECAN (*Carya illinoensis*), EN LAS RIVIERA DEL ESTADO DE CHIHUAHUA



Santa Dalia Terrazas Pérez,¹ Damaris L. Ojeda Barrios,² Hector Zumbado,³ Manuel Roca Arguelles⁴

¹ Instituto de Farmacia y Alimentos, Universidad de la Habana, Calle 22 # 2317/23 y 21, La Coronela, La Lisa. Habana, Cuba. E-mail.- terrazassanty@gmail.com

² Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Autónoma de Chihuahua. Campus 1. Chihuahua, Chihuahua. México

³ Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad Técnica de Manabí. Ecuador. hzumbadof@gmail.com

⁴ Instituto de Investigaciones para la Industria Alimentaria. La Habana, Cuba, Carretera al Guatao Km 3 ½. LaLisa.mrocaa@infomed.sld.cu



Resumen

El presente estudio fue analizar y caracterizar desde el punto de vista quími-típico de la nuez pecana procedente de diferentes zonas del Estado de Chihuahua. Realizando una colecta de 386 cultivares y se clasificaron de acuerdo al número de nueces por kilogramo y al contenido de grasa para acometer una discriminación entre muestras. Se realizaron las determinaciones de ácidos grasos totales, proteína, humedad, carbohidratos asimilables y sodio por análisis en NIR, así como las determinaciones de cenizas y fibra dietética insoluble.

Palabras clave: , cultivar, nuez criolla pecan, quimi-típico, análisis proximal, ácidos grasos totales

Antecedentes

El nogal pecanero (*Carya illinoensis*) es un cultivar nativo del Norteamérica, desarrolla de alto valor económico en los estados del norte de México, especialmente para Chihuahua, el principal productor de nuez del país. Brison, (1976). Nuñez (2016) y Odeja et al (2010).

Las plantaciones nogaleras en el estado han sido centradas en el manejo de un solo patrón (Riverside) con dos variedades introducidas, Western y Wichita (Wakeling, 2001). por lo que se abre una oportunidad de general nuevos patrones a base de materiales criollos existentes en la región. El nogal pecanero criollo, es una planta nativa de gran importancia socio-económica y ecológica en el Estado, es por ello que se hace necesario caracterizar químiotípicamente estos materiales para conservar este patrimonio natural que constituye una fortaleza estratégica para el futuro al caracterizar su genética diferenciada a través de la variabilidad de expresión química, (Brison, 1976).

Para poder llevar a cabo la conservación del nogal pecanero criollo, se hace necesario iniciar trabajos de caracterización quimiográfica para su clasificación y así se podrá también considerar la calidad y características robustas en la que se encuentran; Terrazas et al. (2009); Del Toro et al. (2013); Toro et al. (1998); Oro et al. 2008 y Nuñez (2016).

Así, los diferentes porcentajes de ácidos grasos que contienen las nueces pecaneras criollas se pueden determinar su diferente clasificación por quimiografía de acuerdo a las características abióticas de la colecta.

Objetivo

Teniendo en cuenta los elementos arriba expuestos, se plantea el presente trabajo con el objetivo de caracterizar y agrupar quimiogramas de pecanero criollo desde el punto de vista químico-físico y de su composición en ácidos grasos totales en las colectas de nueces criollas seleccionadas.

Como objetivo específico la Interrelación de la composición para su clasificación en base a la aportación energética basada en el contenido total de aceites presentes en las nueces criollas.

Parte experimental

Cultivares. El trabajo de campo consistió en realizar colectas de 386 cultivares de nuez pecanera criolla en seis Rivieras del estado de Chihuahua, que cruzan trece municipios (Ignacio Allende, Jiménez, Coronado, Matamoros, Hidalgo del Parral, Camargo, San Francisco del Oro, Valle de Zaragoza, Santa Bárbara, Conchos, Huejotlan, Valle del Rosario y Balleza). Incluyendo como referencia una nuez mejorada, la Western Schley.

Caracterización química física El estudio se realizó en el Laboratorio de Bioquímica, en la Facultad de Ciencias Agro tecnológicas y en el Laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Zootecnia y Ecología en la Universidad Autónoma de Chihuahua, México.

Medidas dimensionales. Una vez realizada la colecta de los 386 cultivares, se clasificaron de acuerdo al número de nueces por kilogramo y se almacenó a una temperatura de refrigeración (5°C) (NMX-FF-093-SFCI-2011), para posteriores análisis. Los cultivares se clasificaron de acuerdo al contenido de grasa para acometer una discriminación entre muestras, por debajo del 49 % de grasa total, así mismo se realizaron mediciones del largo (cm), ancho (cm), masa de la nuez (g), masa de la almendra (g) y tamaño para clasificarlas Según los estándares de calidad bajo la norma oficial mexicana (NMX-FF-084-SFCI-2009).

Una vez obtenido la masa de la cáscara y de la muestra, se obtuvo la masa de almendra, el cual se expresó en términos de porcentaje, mediante la siguiente relación:

$$(\text{masa almendra (g)})/(\text{masa muestra (g)}) \times 100 = \% \text{ Almendra}$$

Caracterización química.

Análisis Proximal. Se realizaron las determinaciones de contenido de grasa, proteína, humedad, carbohidratos asimilables y sodio por análisis en NIR (Near Infrared Refractance) empleando un equipo Foss Scand 78800. Una vez teniendo los resultados se asumieron a una calibración por el ANN del mismo equipo, con una desviación estándar (S.D) de 0.01 y un Rango de Espectro (R.E.) entre de 850-1050

Análisis bromatológico. Se determinó además el contenido de cenizas y de fibra dietética insoluble (AOAC, 1990).

Análisis Estadístico: Se realizó un diseño completamente al azar con tres repeticiones y se consideró a cada cultivar como una unidad experimental.

Se realizó una tabla de frecuencia de datos agrupados para determinar la clasificación de los criollos en intervalos y así proseguir con la discriminación entre muestras.

Se utilizó un análisis de correlación y de regresión lineal entre el porcentaje de almendra y el porcentaje de grasa, incluyendo la muestra de referencia que es la Western Schley Wakeling, (2001) con vistas a correlacionar las características químicas y físicas de la nuez con las microrregiones de procedencia y de esta forma determinar el vigor de los nogales criollos pecaneros para futuros trabajos de mejoramiento genético, y así mismo aprovechar las propiedades nutricionales del fruto.

Con un análisis de ANOVA se clasificó simple las variables de interés, a base de un procedimiento GLMS; IBM.SPSS, (2016) con la finalidad de evaluar las características físico-químicas, bromatológicas, y ácidos grasos de la nuez pecan.

Resultados y discusión

Caracterización y clasificación geográfica de los cultivares de acuerdo al contenido de ácidos grasos totales.

Los resultados obtenidos de 386 cultivares analizados permitieron discriminar 298 cultivares, de acuerdo al contenido de ácidos grasos y el contenido de almendra, según los estándares de calidad bajo la norma oficial mexicana (NMX-FF-084-SFCI-2009 y NMX-FF-093-SFCI-2011) y otros estudios realizados por Toro et al. 1998, Montoya et al.

2010 y Venkatachalam et al. 2004 y 2007), que consideran la nuez pecan como estándar de aceptación entre el 50-70 del contenido total de grasa.

En la tabla 1 se observa el contenido de abundancia específico con el contenido de los ácidos grasos totales, de acuerdo al número de cultivares de los seis municipios correspondientes al Estado de Chihuahua. Se destaca, que los mejores cultivares del contenido de grasa están en un rango de 50 a 70 por ciento, de acuerdo con Toro et al. 1998, Montoya et al. 2010, Venkatachalam et al. 2004, 2007, la norma oficial mexicana NMX-FF-084-SCFI-2009 y NMX-FF-093-SCF1-2011.

En este sentido el municipio de Allende resultó ser apreciablemente el más abundante con un 77,3 %, siguiendo en orden decreciente, el municipio Hidalgo del Parral (9,1 %), Coronado (8 %), Balleza (2,3 %) y los municipios de Valle de Zaragoza 1,1 % y Matamoros con 2,3 % de abundancia; del nogal criollo pecanero.

Si bien el grado de madurez de la nuez depende de diferentes factores como el clima, el tiempo de cosecha, la carga del árbol y el tipo de suelo, varios autores consideran que el porcentaje de aceite constituye una medida indirecta de calidad y madurez de la nuez (Toro et al; 1998; Montoya et al: 2010; Godov et al. (2010).

Municipio	% Abundancia	No. Cultivares
Ignacio de Allende	77,3	68
Balleza	2,3	2
Coronado	8,0	7
Hidalgo del Parral	9,1	8
Valle de Zaragoza	1,1	1
Matamoros	2,3	2
Total	100	88

Tabla 1. Clasificación según el origen geográfico de cultivares del nogal criollo pecanero atendiendo al porcentaje de abundancia.

Según Godoy et al. (2010), los cultivares con menos de 173 nueces por kg son considerados inaceptables y son comercializados como partida o pedacería. De acuerdo a los resultados de la Tabla 2, se obtiene una media de los seis municipios estudiados de 253 nueces por kg, lo que indica que el tamaño de la nuez está dentro de los estándares de calidad bajo las normas Oficial Mexicana NMX-FF-084-SCFI-2009 y NMX-FF-093-SCF1-2011; siendo así el porcentaje de la almendra adecuado para el tamaño de la nuez. Godoy et al. (2010) plantea que entre más grande sea la nuez el

porcentaje de la almendra es menor lo que genera menores características nutricionales en sus propiedades, para con-

Municipio	No. Nueces / Kg	% Acidos Grasos
*Testigo	172	58,97
Valle de Allende	305	59,87
Balleza	225,5	50
Coronado	240	52,34
Hidalgo del Parral	237,6	51,45
Valle de Zaragoza	205	55,67
Matamoros	210	58,28
* Variedad mejorada Western Shley		

sumo humano (Lavedrine et al., 1999).

Tabla 2. Especificación de los municipios atendiendo el contenido de ácidos grasos y nuez por kilogramos.

Además de ser Ignacio Allende el municipio con más abundancia en nogales criollos, también se encuentran los mejores criollos aceptables de acuerdo a los estándares de calidad, como es el contenido de ácidos grasos que están entre el (50-70), con un color ámbar, tamaño mediano y una área de nuez que interviene en la masa de almendra. NMX-FF-084-SCFI-2009 y NMX-FF-093-SCF1-2011

Caracterización químico-física

Una vez obtenido las medidas de largo (cm), ancho (cm), se determinó el área de la nuez (cm)², que a su vez interviene en el contenido de almendra; además se obtuvo la masa de la nuez (g) y la masa de la almendra (g), para posteriormente obtener el contenido de almendra y el contenido de masa de almendra para determinar el grado de calidad correlacionándolo con el contenido de los ácidos grasos totales.

En la tabla 3 se muestran los resultados del análisis proximal observándose que los mismos presentan una tendencia muy similar a los reportados por la USDA (2019) con excepción del contenido proteico que resulta un poco inferior en la muestra en estudio (7.41 vs 9.17). Toro et al. (2008) encontró que los contenidos proteicos de la nuez pecan en el centro de México, sin especificar variedad, varían entre 7.5 y 9.2 %. En este sentido, Flores et al (2016), encontró valores de 8.04 y 9.99% en el año 2013 (año poco productivo) y 2014 (año no productivo) respectivamente, analizando nueces pecanas de la variedad Western Schley; Wakeling (2001)

En el resto de los componentes destacan los contenidos de fibra (10.2%) y lípidos (70.24%) siendo similares a los reportados por USDA (2019) y superiores a los encontrados por Mares et al. (2012) y Flores et al. (2016).

	Nuez pecan criolla	USDA ¹	Flores et al, 2016
Agua	3,13 ± 0,012	3,52	1,70
Proteínas	7,41 ± 0,010	9,17	9,99
Lípidos	56,65 ± 0,012	71,97	58,49
Cenizas	1,7 ± 0,013	1,49	1,40
Carbohidratos asimilables	7,32	4,25	21,69
Fibra dietética	10,2 ± 0,011	9,6	6,75

¹U.S. Department of Agriculture, 2019. <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/170182/nutrients>

Tabla 3. Composición mayoritaria de la nuez pecan, expresados en g /100 g

Por otra parte, Oro et al. (2008) reportaron valores de 69,4% de lípidos, 7,8% de fibra, 9,9% de proteína y 3,7% de humedad ,en variedades 'Barton', 'Shoshone', 'Shawnee', 'Choctaw' y 'Cape Fear' lo que puede explicar las diferencias con respecto a los resultados de este estudio.

En cuanto al contenido de humedad (3,13) fue ligeramente menor al 3.7 % obtenido por Oro et al. (2008) y al 3.52% reportado por USDA (2019); sin embargo, Montoya et al; 2010; obtienen valores de alrededor del 2 % de humedad. Este parámetro es importante porque mantiene húmedo el fruto y preserva buenas propiedades sensoriales, pero depende del estado de madurez de la nuez. Según Núñez (2016) y Ojeda (2010), los contenidos de humedad varían entre un 3 y 4% y puede atribuirse al manejo de poscosecha. Se ha reportado que en nueces con menos humedad la almendra se vuelve quebradiza y susceptible a la oxidación por la penetración del oxígeno, por lo contrario, si este es mayor se vuelve flexible y pierde fragilidad, (Chen y Blugberg, 2008).

En la figura 1 se muestra la correlación entre muestras de acuerdo al contenido de almendra con el contenido de ácidos grasos, para determinar el grado de calidad de los cultivares más representativos.

La relación se describe por $y = 2,000x - 65,13$ con un coeficiente de determinación (R^2) de 0.895 y un coeficiente de regresión lineal (0,5556) significativamente diferente de cero ($P \leq 0.01$). Dentro de esta relación se encuentra también la Western Schley, como testigo. Los datos más destacados son del Valle de Allende, seguido de Hidalgo del Parral, Matamoros, Coronado y el Valle de Zaragoza.

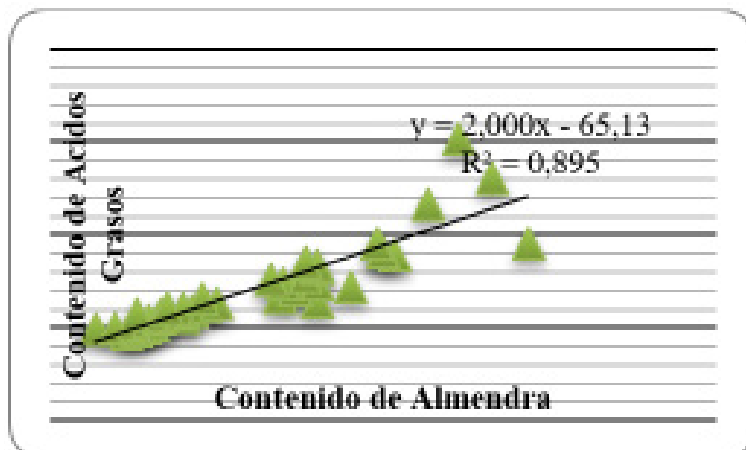


Fig. 1. Relación entre el contenido de ácidos grasos y el contenido de almendra de almendra, de 40 cultivares criollos pecaneros.

Conclusiones.

Fue posible correlacionar las características químicas y físicas de la nuez con las microrregiones de procedencia, y caracterizar la composición fisicoquímica y nutricional de la nuez criolla pecan, por lo que se puede considerar un fruto con alto contenido de aceite, proteína y fibra, así como un contenido de humedad aceptable para mantener sus propiedades sensoriales.

De acuerdo a este estudio se considera que la nuez criolla pecan está dentro de los estándares de calidad por su contenido de almendra que es superior al 55 % y tiene un desarrollo aceptable dado que su contenido de aceite está entre 52 y 70 g/100 g (Toro et al; 1998, Montoya et al; 2010 y Venkatachalam et al; 2004, 2007).

Por lo tanto, se puede observar que se ha obtenido una interacción de los cultivares en la clasificación de quimiotipos. Así, con las integraciones y diferencias fue posible la clasificación de quimiotipos en la caracterización por medio del contenido de ácidos grasos, para lograr el rescate de estos cultivares y la relación genotípica.

Agradecimientos

Al M.Sc. Francisco –Mendoza Salcido por el apoyo de llevar a cabo las colectas de los cultivares criollos de la nuez Pecan.

A la Universidad Autónoma de Chihuahua, como a la Facultad de Ciencias Agro tecnológicas y a la Facultad de Zootecnia y Ecología, por permitir llevar a cabo la parte experimental de este estudio.

A la Universidad de la Habana, así como al Instituto de Farmacia y alimentos y al Instituto de Investigaciones para la Industria Alimentaria, por brindarme su apoyo en la formación académica y poder llevar los análisis estadísticos de este estudio.

A los Drs. en Ciencia por brindarme su apoyo en formación académica, por su amistad y por compartir sus conocimientos para poder llevar a cabo esta investigación, a la Dra. Damaris L. Ojeda, Dra Gabriela Corral, al Dr. Hector Zumbado y al Dr. Manuel Roca.

Referencias

- A.O.A.C. (1990) Association of Official Analytical Chemists, Official methods of analysis 991.43. Washington D.C. Determinación de Fibra Dietética Total
- BRISON, R. F. (1976) Cultivo del nogal pecanero. 1ra. Edición en español. Editorial CONAFRUT. México. 350 p.
- CERVANTES V. G; Orona C. I; Vázquez V. C; Fortis H. M; Espinoza A. J. (2018) Análisis comparativo de huertos de nuez pecanera (*Carya illinoensis* Koch) en la
- COMARCA Lagunera. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. Vol. 9 Enero-Febrero.
- CHEN, O. y Blumberg, J. (2008) Phytochemical composition of nuts. Asia Pac J Clin Nutr; 17 (S1):329-332.
- DEL Toro, M. J. A. (2013). Control integrado de plagas y enfermedades y uso eficiente del agua de riego en el cultivo de nogal pecanero. Fondo Sectorial de Investigación en materia Agrícola, Pecuaria, Acuicultura, Agrobiotecnología y Recursos Fitogenéticos. SAGARPA. 4 p.
- FLORES, M; Berzoza, P; Sánchez, E; Sáenz, J; Guerrero, S; Hernández, J. (2016). Composición fisicoquímica y capacidad antioxidante del fruto del pecanero en condiciones de año de elevada producción ("on") y de año de baja producción ("off"). ITEA, 112 (3), 255-270
- GODOY A., C; I. Reyes J y M.V. Huitrón R. (2010). Respuesta del nogal a la disponibilidad del agua. In: Tecnología de riego en nogal pecanero. Libro Científico No. 1. Primera Edición. SAGAR. INIFAP. CIFAP-Comarca Lagunera; pp. 35-42.
- LAVEDRINE, F; Zmirou, D; Ravel, A; Balducci, F. & Alary, J. (1999). Blood cholesterol and walnut consumption: a cross-sectional survey in France. Preventive Medicine, 28: 33-9.
- MARES M. E; Esptia O. F; Del Rincon C. C; Barboza C. E; Bautista J. M; Avevedo L. G; León M. F. (2012). Estudio y caracterización molecular de las proteínas de reservado la nuez (*Carya illinoensis*). XIV Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos. 25 de Mayo. Monterrey N.L. pp. 56-59.
- MONTOYA, L.; García, T.; Martínez, Y.; Vázquez, F.; Robles, L. (2010). Comportamiento de los ácidos grasos insaturados y vitamina e durante el almacenamiento de nuez (*Carya illinoensis*), confitada. Rev. Iber. Tecnología Postcosecha Vol 11(1): 59-66.
- NMX-FF-084-SCFI (2009). Productos alimenticios no industrializados para consumo humano-frutos seco-nuez pecanera *Carya illinoensis* (Wangenh) K. Koch especificaciones y métodos de prueba.
- NMX-FF-093-SCFI. (2011). Productos alimenticios no industrializados para consumo humano-frutos seco-nuez pecanera *Carya illinoensis* (Wangenh) K. Koch especificaciones y métodos de prueba.
- NÚÑEZ, M. J. H. (2016). Nogaleros. Revista informativa y de interés para el sector nogalero de México. 11(36).

- OJEDA, B. D. L.; Arras, V. A. M.; Hernández, R. A.; López, D J. C.; Aguil- lar, V. A. y Denogean, B. F. G. (2010). Análisis FODA y perspecti- vas del cultivo del nogal pecanero en Chihuahua. *Rev. Mex. Agron.* 14(27):357.
- ORO, T.; Oglari, P.; de Mello, R.; Castanho A; Barrera A. D; Block, J. (2008). Evaluación de la calidad durante el almacenamiento de nue- ces Pecán [Caryaillinoensis (Wangenh.) C. Koch] acondicionadas en diferentes envases. *Grasas y aceites*, 59 (2), Abril-Junio, 40-46.
- SPSS Data Analysis. Statistical Analysis Software . (2016).
- TERRAZAS, P. S.D; Ojeda, B.D.L.; Ruiz, A. T. de J. y Martinez, T. J.J. (2009). Caracterización por Espectroscopia en NIR de Quimiotipos de Nuez Criolla en Nogal Pecanero. Tesis en opción al título de Maestro en Ciencias de la Productividad Frutícola. Chihuahua, Universidad Autó- noma de Chihuahua, Chihuahua; México.
- TORO V. J. F; Pérez B. F. (1998) Chemical and physicochemical charac- teristics of pecan (*Carya illioensis*) oil native of the central region of Mexico. *J Food Lipids* 5:211-231.
- USDA. 2020. United State Department of Agriculture, Disponible en: ht- tps://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/170182/nutrients
- VENKATACHALAM, M. (2004). Chemical composition of select pecan (*Car- yaillinoensis* [Wangenh. K. Koch]) varieties and antigen stability of pecan proteins, (Dissertation-College of Human Science, The Florida State, University) Visible, near infrared, mid infrared or combined diffu- se reflectance spectroscopy for simultaneous assessment of various soil properties. Instituto Andaluz de investigación y formación Agraria, Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecologica., ScienceDirect.
- VENKATACHALAM M; Kshirsagar H. H; Seeram N. P; Heber D; Thompson T. E; Roux K. H; Sathe S. K. (2007) Biochemical composition and immu- nological comparison of select pecan [*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch] cultivars. *J Agric Food Chem* 55 (24) : 9899-9907.
- WAKELING, L. T; Manson, R.L; D'Arcy, B. R; and Caffin, N. A. (2001). Composition of pecan cultivars "Wichita" and "Western" [*Carya illinoensis* (Wangenh.)K. Koch] grown in Australia. *J. Agric. Food Chem.*49 (3):1277-1281.

ELABORACIÓN DE UNA BOTANA EXTRUIDA A PARTIR DE SÓLIDOS GRANULARES DE JAMAICA Y HARINA DE MAÍZ



Diana Torres Alvarez^{1}, Alonso Rodríguez Moreno¹, Frida Amanda Ortiz Carreño¹, Gabriela Moya Sánchez¹, Karla Annett Zepeda Meza¹, Alma Adela Lira Vargas^{1*}, Frida Rosalía Cornejo García¹.*

¹Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México, diana.torr.31al@gmail.com, adelavargas9@gmail.com



Resumen

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la variación de la abertura de criba y velocidad de alimentación en el proceso de molienda para la obtención de sólidos granulares; así como el cambio de la formulación y geometría de la boquilla en la extrusión para elaboración de una botana de maíz adicionada con sólidos granulares de flor de Jamaica. La molienda de la jamaica se realizó en un molino de cuchillas variando las velocidades de alimentación (1.72 kg/h y 0.86 kg/h) y tamaño de criba a la salida del molino (0.5 mm y 1 mm), evaluando la potencia, consumo de energía y eficiencia, así como la distribución de tamaños (homogeneidad) mediante un análisis granulométrico. Por otro lado, la botana se elaboró en un extrusor monotornillo en frío variando la formulación de la mezcla Maíz-Jamaica en 90%:10% y 95%:5% respectivamente y variando también la geometría de la boquilla del extrusor (crujito y cilindro delgado), evaluándose la densidad, humedad, textura de la botana (dureza), así como la aceptación sensorial de la misma. En la obtención de sólidos granulares de jamaica, el polvo de estos se obtuvo más homogéneo con una velocidad baja de alimentación (0.86 Kg/h) y utilizando una criba de menor abertura (0.5mm), sin embargo, el menor consumo de energía se obtuvo con velocidad de 1.72 Kg/h y una criba de 1mm. Con respecto a la botana extruida, la mejor condición para la elaboración de la misma fue con la formulación con menor porcentaje de jamaica (5%) y geometría de crujito ya que ocasionó la mejor aceptación de los panelistas, con características de baja humedad y densidad y una considerable dureza.

Palabras clave: Molienda, extrusión, Hibiscus sabdariffa

Antecedentes

La flor de jamaica (*Hibiscus sabdariffa*) es una especie vegetal originaria de África tropical que destaca por sus propiedades medicinales, ya que su consumo reduce el colesterol y la presión arterial (Aquino y León, 2001). México aporta al mundo una producción de 18 mil hectáreas de jamaica con un rendimiento promedio de 265 kg ha⁻¹ (SAGARPA-SICDE, 2018).

La producción de jamaica casi en su totalidad se consume dentro del país ya sea como cáliz crudo o seco. Los cáliz deshidratados de jamaica son apreciados comercialmente porque a partir de estos pueden obtenerse extractos concentrados de color rojo con aplicación en la industria alimenticia, siendo las antocianinas los compuestos responsables de esta coloración. Se usan en la elaboración de tintes y saborizantes alimenticios para obtener jaleas, mermeladas y harinas para galletas y botanas en general (SAGARPA-SICDE, 2018). Por su color rojo brillante y su sabor ligeramente ácido, la jamaica es un producto con gran potencial dentro de la industria alimenticia ya que cumple con las exigencias de los consumidores hacia alimentos que, además de buen sabor, aportan beneficios a la salud, como proporcionar fibra y vitaminas de tipo B como tiamina y riboflavina (Aquino y León, 2001).

Para el desarrollo de este producto, se llevaron a cabo dos operaciones unitarias: molienda y extrusión; la molienda es una operación unitaria que se define como la reducción de tamaño de partículas sólidas a partir de la aplicación de

fuerzas mecánicas (impacto o cizallamiento), las cuales provocan la fracturación o quebramiento de las partículas, implicando sólo una transformación física y conservando las características de la materia prima inicial (Brennan 1998, Fellows, 1994). Por otro lado, la extrusión es una operación de procesamiento de alimentos a gran escala y un procedimiento estándar para la fabricación de muchas botanas (Colonna, 1998).

El motivo de elaborar una botana de maíz-jamaica fue la creciente tendencia de tener una mejor alimentación debido a que los alimentos botana son populares por su alto contenido de sal y grasa y los productores han tenido que lidiar durante un largo tiempo con la imagen de "alimentos chatarra", por lo cual surge la idea de rediseñarlos con ingredientes que los hacen atractivos, además de tener un alto valor nutricional que incluya en este accesibilidad y sabor agradable al consumidor.

Objetivo(s)

Evaluar el efecto de la variación de la abertura de criba y velocidad de alimentación en el proceso de molienda para la obtención de sólidos granulares; así como el cambio de la formulación y geometría de la boquilla en la extrusión de una botana para el aprovechamiento integral de la flor de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa*).

Materiales y métodos

Material biológico- La flor de Jamaica fue adquirida en la central de abastos del municipio de Ecatepec Estado de México, se encontraba en estado fisiológico deshidratado con 13.2% de humedad.

Tratamiento- Para evitar aglomeración de partículas durante la molienda se hizo una deshidratación de la flor en un horno de alta temperatura (70°C) durante 30 min, hasta obtener 4.12 % de humedad. Posteriormente se hizo una trituración manual con ayuda de diferentes herramientas (morteros de porcelana, martillos de goma y rodillos de madera) para homogenizar el tamaño de partícula previo a la molienda mecánica hasta pasar por el tamiz #8, lo que a su vez ayudó a la limpieza de la Jamaica.

Molienda- El proceso de molienda de la flor de Jamaica se llevó a cabo en un molino de cuchillas (Thomas-WILLEY, Model 4). Con ayuda de un dosificador se controló la velocidad de alimentación a dos velocidades distintas (1.72 Kg/h) y (0.86 Kg/h). La potencia de molienda se determinó siguiendo el método de Resnick et al. (1999) midiendo la intensidad de corriente durante la molienda y considerando un voltaje de 120V, el consumo de energía con el método de Geankoplis (2003) considerando la potencia de molienda entre las velocidades de alimentación utilizadas en cada condición, la eficiencia se determinó con el método de Washington (2010)

considerando la potencia de molienda y la potencia del motor del molino, posteriormente para el análisis granulométrico, se utilizó una serie no rigurosa de tamices Tyler a los que se les añadió 100g de sólidos granulares de jamaica y en un tiempo de 10min se sometieron a un sarandeador (Ro Tap, RX-29) donde se realizó la distribución de tamaños y se realizó una curva diferencial para conocer la homogeneidad.

Extrusión- La extrusión de sólidos granulares de jamaica se realizó en un monotornillo en frío, se establecieron dos formulaciones distintas para la elaboración de una botana extruida de jamaica en donde la relación de porcentaje fue de 90:10 y 95:5 siendo el maíz el componente en mayor proporción. Se realizó un horneado en un horno de alta temperatura a 120°C durante 30 min para evitar la absorción de aceite en exceso en el freído, el cual se llevó a cabo durante 1 min a una temperatura de 190.5 °C. Posteriormente, se determinó densidad con el principio de Arquímedes con el método de Sharma et al. (2003), dureza con el método de Hleap (2010) utilizando un texturómetro (Brookfield, C3), con una prueba de compresión, una carga de activación de 5g, una velocidad de prueba de 1.7mm/s, con una sonda TA10 y un meta de 4mm, se cuantifico la humedad siguiendo el método de la norma NMX-F-428-1982 con una termobalanza (Ohaus, HB45) a al que se colocó un 1g de muestra hasta su completa deshidratación. Finalmente, se utilizó una prueba de aceptación con escala hedónica verbal de 5 puntos (1: me dista mucho, 2; me disgusta, 3: ni me gusta, ni me disgusta, 4: me gusta, 5: me gusta mucho) para medir la aceptación de la botana extruida donde se evaluó apariencia, color. Olor, sabor, dureza.

Resultados y discusión

Molienda

Potencia- La menor potencia presentada en la molienda de jamaica se obtuvo utilizando velocidad baja (0.86 kg/h) y criba de 0.5 y la mayor se obtuvo con velocidad alta (1.72 kg/h) y criba de 1 (Figura 1). Se presenta una diferencia de 9.53% entre la mayor potencia (875W) y la menor (793W) en donde ambas son diferentes en velocidad y abertura de criba. Con las barras de error se puede observar que solo se presentaron diferencias significativas al utilizar velocidad alta (V1) y criba de 1mm debido a que la combinación de ambos factores, tanto la alta frecuencia de alimentación como el tamaño de criba mayor, elevan la potencia necesaria del motor.

Consumo de energía- En la Figura 2 se observa que el menor consumo de energía en el proceso se obtuvo utilizando V2 (0.86 kg/h) y criba 0.5 mientras que el mayor utilizando V1 (1.72 kg/h) y criba de 0.5 mm. Se presenta una diferencia de 67.586% entre el valor de mayor consumo (83W*h/Kg) y el valor menor del mismo (28 W*h/Kg) en donde ambas son diferentes en velocidades pero están relacionadas por la misma abertura de criba (0.5 mm).

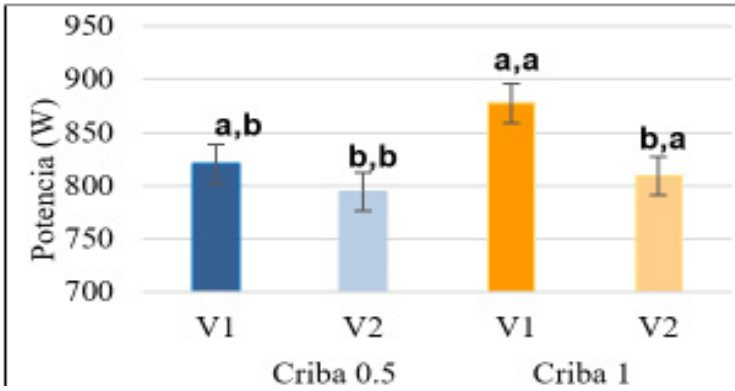


Fig. 1. Potencia consumida durante la molienda de flor de jamaica a diferentes condiciones. V: velocidad de alimentación (V1= 1.72 Kg/h; V2= 0.86 Kg/h). Letras sobre la columna indican diferencia significativa ($P \leq 0.05$), 1ra por la velocidad de alimentación y 2da letra por el tamaño de la criba.

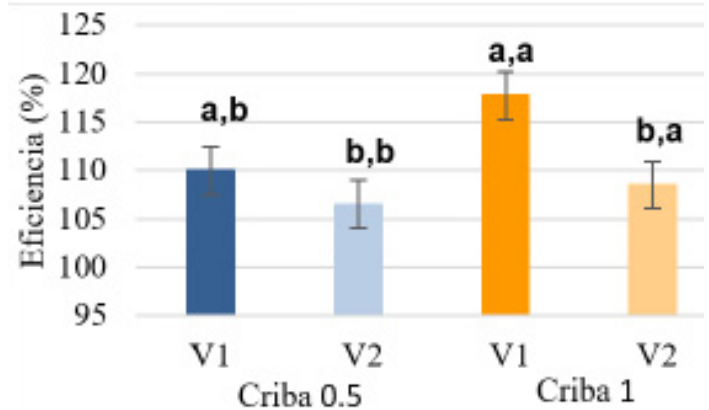


Fig. 2. Consumo de energía durante la molienda de flor de jamaica a diferentes condiciones. V: velocidad de alimentación (V1= 1.72 Kg/h; V2= 0.86 Kg/h). Letras sobre la columna indican diferencia significativa ($P \leq 0.05$), 1ra por la velocidad de alimentación y 2da letra por el tamaño de la criba.

Eficiencia- La mayor eficiencia presentada en la molienda de jamaica se obtuvo utilizando la combinación V1 C1, es decir cuando se alimentaba con una velocidad alta (1.72kg/h) y se restringía el molino con una criba de 1 (Figura 3). Se obtuvo la menor eficiencia cuando se utilizó una velocidad baja y criba de 0.5 (V2 C0.5) siendo muy poca la diferencia de ésta respecto a cuándo se alimentaba con velocidad alta (1.72 kg/h). Se presenta una diferencia en la eficiencia de 9.56% entre el valor de eficiencia más alto (V1 C1) y el valor más bajo (V2C0.5).

Homogeneidad- Se observa que para una criba con abertura mayor (C1), la muestra arroja valores altos en el extremo derecho permitiendo obtener un producto más heterogéneo con tendencia a gruesos (Figura 4), además la Jamaica es una flor fibrosa que se presenta inicialmente con tamaños y texturas muy variadas, lo cual influye en la obtención de partículas irregulares o heterogéneas.

Fig. 3. Consumo de energía durante la molienda de flor de jamaica a diferentes condiciones. V: velocidad de alimentación (V1= 1.72 Kg/h; V2= 0.86 Kg/h). Letras sobre la columna indican diferencia significativa ($P \leq 0.05$), 1ra por la velocidad de alimentación y 2da letra por el tamaño de la criba.

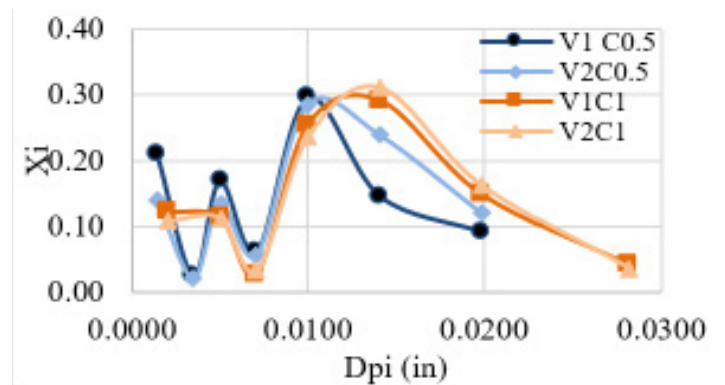


Fig. 4. Homogeneidad de sólidos granulares de jamaica obtenidos a diferentes condiciones. C: criba. V: velocidad de alimentación (V1= 1.72 Kg/h; V2= 0.86 Kg/h).

En el proceso de molienda, para la medición de potencia se obtuvo que en una misma abertura de criba los resultados de velocidad alta fueron mayores y para una misma velocidad los resultados de criba 1 mm fueron mayores. Esto se debe a que cuando la velocidad de alimentación es alta, la frecuencia con la que se agrega el material es mayor y cada nueva superficie requiere mayor cantidad de energía para seguir fracturándose (Fellows, 1994), por lo tanto, la potencia del molino aumenta. Mientras que en el consumo de energía para la menor restricción (0.5), el tiempo que tarda en reducirse el tamaño de partícula para cumplir cierta restricción es mayor y por tanto el consumo de energía también aumenta, haciendo el proceso menos eficiente en cuanto a costos y productividad del proceso. En la eficiencia los resultados de V1 para ambas cribas (C0.5 y C1) fueron siempre más altos comparándolos con V2; cada nueva superficie requiere determinada cantidad de energía para seguir fracturándose hasta que la partícula presente un tamaño menor al inicial (Fellows, 1994), por consiguiente, la criba 0.5, que tiene una abertura menor, no permite que la jamaica salga del molino,

reteniéndose por más tiempo ocasionando que la Jamaica disminuya aún más su tamaño con lo que a su vez genera un mayor gasto de energía, disminuyendo la eficiencia del proceso. Finalmente, para la homogeneidad, con criba de menor tamaño (C0.5), la fracción que pasa en cualquier punto dado es mayor que con la criba 1, debido a en tamaños de criba más grandes el producto que retiene será menor, es decir que permite obtener partículas de tamaño más homogéneo y con tendencia a finos.

Extrusión

Densidad- En la figura 5 se observa que la menor densidad presentada en el producto extruido de jamaica se obtuvo utilizando formulación de 95/5 con una geometría de Crujito (1.25g/cm³) y la mayor se obtuvo con formulación 95/5 con una geometría de Cilindro delgado (1.5g/cm³). Se presenta una diferencia de 27.092% entre la mayor densidad y la menor, en donde ambas son diferentes en la geometría, pero iguales en formulación mostrando así que el efecto principal se da por parte de la geometría y no por la formulación. Con las barras de error se puede observar que según la estadística ninguna combinación presenta diferencia significativa, es decir que si se utiliza cualquiera de las 4 combinaciones los resultados de densidad estarán dentro del mismo rango.

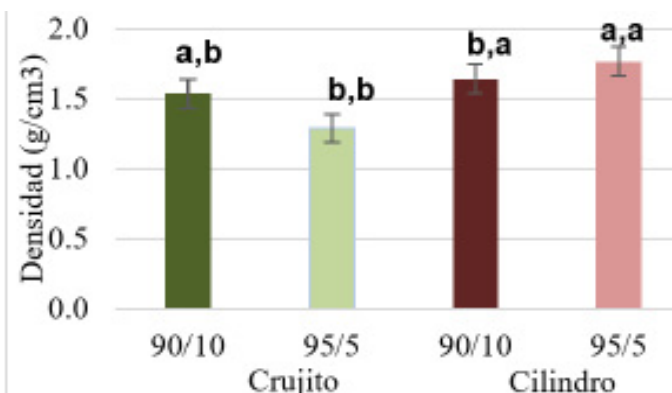


Fig. 5. Densidad de botana extruida con forma de crujito o cilindro y formulación de 90-10 o 95-5% de Maíz-Jamaica. 1er letra sobre la columna indica diferencia significativa ($P \leq 0.05$) por la formulación y 2da letra por la forma de la botana.

Dureza- La menor dureza presentada en la extrusión se obtuvo utilizando la formulación (95:5) y geometría de cilindro delgado (Figura 6); la mayor se obtuvo con formulación 95:5 y geometría de crujito. Se presenta una diferencia de 42.34% entre ellas, donde ambas tienen en común la formulación utilizada mostrando así que el efecto principal se da por parte de la geometría y no por la formulación

Humedad- La menor humedad presentada se obtuvo utilizando la formulación 90:10 y una geometría de crujito y la mayor se obtuvo con la formulación 90:10 y una geometría de cilindro delgado (Figura 7). Se presenta una diferencia de

9.82% entre la mayor humedad (47.5%) y la menor (43%) donde ambas tienen en común la formulación utilizada mostrando así que el efecto principal se da por parte de la geometría y no por la formulación.

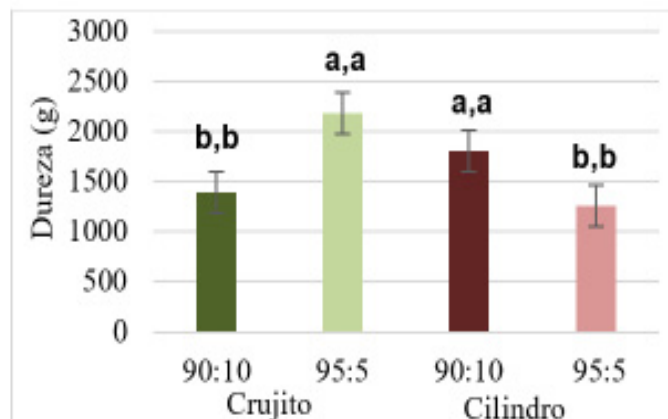


Fig. 6. Dureza de botana extruida con forma de crujito o cilindro y formulación de 90-10 o 95-5% de Maíz-Jamaica. 1er letra sobre la columna indica diferencia significativa ($P \leq 0.05$) por la formulación y 2da letra por la forma de la botana.

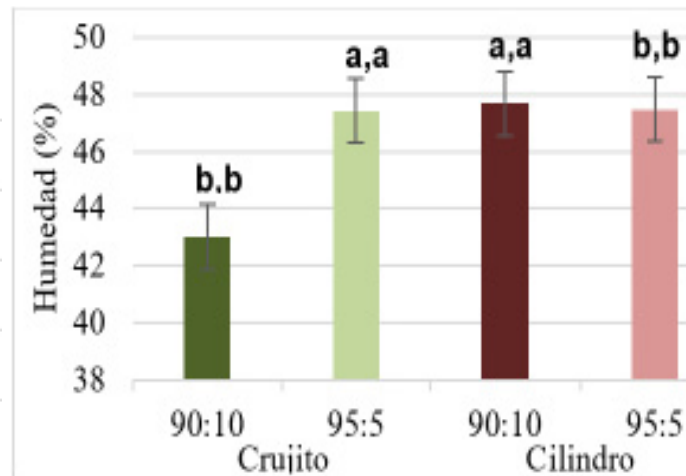


Fig. 7. Humedad de botana extruida con forma de crujito o cilindro y formulación de 90-10 o 95-5% de Maíz-Jamaica. 1er letra sobre la columna indica diferencia significativa ($P \leq 0.05$) por la formulación y 2da letra por la forma de la botana.

Análisis sensorial- En la figura 8, se puede apreciar todos los aspectos evaluados por los panelistas donde la apariencia general de las muestras que más aceptación tuvieron fueron Cru 95:5 y Cru 90:10. Con lo que respecta a dureza se obtuvo que la aprobación se inclinó por las muestras 3 (CD 90:10) y 4 (Cru 95:5) Finalmente, en el análisis del sabor las que lograron tener la mayor aceptación, con un puntaje aproximadamente de 5, fueron las muestras 2 (Cru-95:5) y 4 (Cru-95:5) mientras que la formulación con menor puntuación fue la muestra 1 (Cru-90:10). La muestra más aceptada de acuerdo con aceptabilidad, color y sabor fue la elaborada con formulación 95:5 y boquilla de crujito.

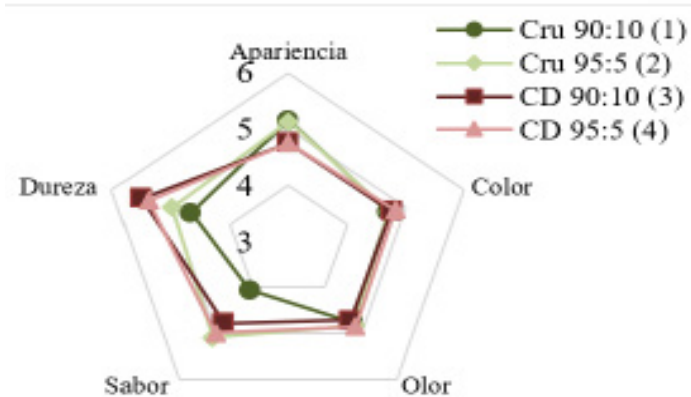


Fig. 8. Evaluación sensorial de galletas extruidas con forma de crujito (Cru) o cilindro (CD) y formulación de 90-10% o 95-5% de Maíz-Jamaica.

En el proceso de extrusión para una formulación de 95/5 entre geometría de crujito y de cilindro delgado la mayor densidad se presentó con la geometría de cilindro delgado ya que hace que la masa, al salir del extrusor, se compacte más. Dicha compresión de las partículas provocó que no hubiera espacios entre ellas, lo cual impidió la entrada de aire a la botana una vez que fue extruida y consecuentemente causó que tuviera más masa en una unidad específica de volumen. Por otro lado, la menor humedad se dio con la boquilla de crujito debido a la forma que se obtiene con esta boquilla es muy irregular y por lo tanto la superficie que se encuentra expuesta a los cambios de temperatura y humedad del ambiente es menor. Finalmente, la mayor dureza se dio con la formulación de 95:5 y boquilla de crujito debido al alto contenido almidón el cual afecta al producto final extruido. Así mismo la fibra que aporta la flor de Jamaica desarrolla una botana fibrosa que a su vez es más dura (Guy, 2001).

Conclusión

Se concluye que para obtener sólidos granulares de Jamaica se recomienda utilizar una velocidad de alimentación alta (1.72 kg/h) en combinación con la criba 0.5 mm durante la molienda para tener polvos homogéneos, con ligeramente bajo potencia de molienda y consumo de energía y para para la elaboración de botana de Maíz adicionada con polvos de Jamaica se recomienda utilizar la formulación con menor porcentaje de jamaica (5%) y geometría de crujito ya que ocasionó la mejor aceptación de los panelistas, con características de baja humedad y densidad y una considerable dureza.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la FESC-UNAM por la disposición de laboratorios para la elaboración del presente proyecto; así como el asesoramiento de las profesoras Adela Vargas y Frida Cornejo y el apoyo de sus compañeros de trabajo dentro del laboratorio.

Referencias

- AQUINO D. Y. y León A. C. (2001) Efecto de la jamaica en enfermedades cardiovasculares. *Conexión Sur* 1:7-9.
- BRENNAN J. (1998), Reducción de tamaño y tamizado de sólidos, en "Las operaciones de la ingeniería en alimentos", Acribia.
- COLONNA P. (1998). Extrusion cooking of starch and starchy products. Saint Paul, USA: American association of cereal chemists
- FELLOWS, P. (1994), Reducción de tamaño en "Tecnología del procesado de los alimentos. Principios y prácticas". Acribia. España.
- GEANKOPLIS, J. (2003), Procesos de separación físico-mecánicos en "Procesos de Transporte y Operaciones Unitarias". 3ra ed. CECSA. España.
- GUY, R. (2001). Extrusión de los alimentos. Acribia. Madrid-España.
- HLEAP J. I. y Velasco V. A. (2010). Análisis de las propiedades de textura durante el almacenamiento de salchichas elaboradas a partir de tilapia roja (*Oreochromis sp.*). *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 8 (2), 46-56. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S169235612010000200007&lng=en&tling=.
- NMX-F-428-1982. Alimentos. Determinación de humedad
- RESNICK, R., Halliday, D., Krane, K. S. (1999). Física, 4a ed., CECSA, 933.
- SAGARPA-SICDE (2018) Producción de jamaica en México. México: El economista.
- SHARMA, X. O. (2003), Freído de los alimentos en "Ingeniería en alimentos: Operaciones unitarias y prácticas de laboratorio", EUA: Limusa Wiley.
- WASHINGTON J. (2010), Evaluación de un circuito de molienda y clasificación. Escuela Superior Politécnica del Litoral.

AMARANTO, BIOTECNOLOGÍA DEL SIGLO XXI, NUTRICIÓN Y LOS BENEFICIOS PARA LA SALUD



Alejandro Fajardo De La Rosa,¹ *Eduardo Bárzana García,² *Oscar Hernández Meléndez,¹ María Inés Nicolás Vázquez,³ José de Jesús García Valdés⁴

¹Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México, aafdlr@ciencias.unam.mx

²Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México, ebg@unam.mx

³Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Campo 1, Universidad Nacional Autónoma de México, nicovain@yahoo.com

⁴Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México, jesusgv65@hotmail.com



Resumen

Las semillas de amaranto poseen un alto valor nutricional y diversas propiedades que mejoran la salud humana. La hidrólisis de las proteínas presentes en esta semilla libera péptidos con una variedad de funciones biológicas. En las proteínas de reserva se encuentran diversos péptidos con capacidad de inhibir diferentes tipos de enzimas. Entre los péptidos bioactivos más representativos se encuentran inhibidores de la Enzima Convertidora de Angiotensina y de la enzima Dipeptidil Peptidasa IV. Se ha confirmado la presencia en amaranto de péptidos con diversas propiedades, entre ellas cáncer-preventivas. Además de su alto contenido de proteínas ricas en aminoácidos esenciales y la presencia de péptidos bioactivos, la semilla de amaranto es una fuente de compuestos con actividad antioxidante tales como la rutina. Extractos alcohólicos y acuosos de amaranto contienen compuestos fitoquímicos con propiedades antioxidantes, anti-diabéticas, anti-trombóticas, anti-diarreicas, entre otras, presentes en la semilla y la planta de amaranto.

Palabras clave: Péptidos Bioactivos, Proteínas de reserva, B3LYP/631G(d,p).

Antecedentes

La planta de amaranto (del género *Amaranthus*) tiene más de 50 especies de plantas con potencial para el cultivo alternativo debido a su resistencia a plagas y a condiciones de estrés ambiental como es el caso de la sequía y el estrés salino (Huerta-Ocampo et al. 2009). En América existen tres para uso en la alimentación, como son, *Amaranthus hypochondriacus*, *cruentus*, y *caudatus*. Una de las más cosechadas y distribuidas en México es la variedad *A. hypochondriacus*, lo que convierte al país en un centro con gran importancia en la diversidad de granos de amaranto. (Espitia-Rangel et al., 2010).

El amaranto es considerado una excelente fuente de alimento debido al alto valor nutricional de sus hojas y semillas, ya que aportan gran cantidad de los requerimientos básicos para la dieta humana. Las semillas de amaranto poseen proteínas con un mejor balance de aminoácidos esenciales que la mayoría de los cereales y leguminosas (Barba de la Rosa et al. 1992). El amaranto a lo largo del tiempo en el siglo XXI ha ganado terreno e importancia en Estados Unidos y es un producto emergente en Europa, especialmente como

un sustituto del trigo para la elaboración de alimentos para pacientes que padecen de la enfermedad celiaca (Sangameswaran et al. 2008).

El gránulo de almidón del amaranto (Figura 1) es muy pequeño (0.8 - 2.5 μm), y presenta características especiales como una mayor capacidad de hincharse, baja solubilidad, gran capacidad de unión al agua y baja susceptibilidad a la digestión con amilasas (Sugimoto et al. 1981). Wilhelm et al., 2002). El aceite de amaranto tiene un alto valor debido a su gran cantidad de escualeno, el cual es comercializado para diversos productos de belleza alrededor del mundo (Johnson et al. 2002). El amaranto hoy en día es incorporado en varios alimentos como, productos de repostería, productos de extrusión (hojuelas de cereal y pastas) (Tapia-Blácido et al. 2009).

Debido a su alto potencial nutricional, las globulinas 11S y la albúmina se han empleado para la transformación genética de maíz, trigo y papa con la finalidad de incrementar su contenido de aminoácidos esenciales (Chakraborty et al. 2010). La adición de albúminas de amaranto para complementar la harina de trigo no solo mejora la calidad del volumen en panificación, sino que también mejora el balance de aminoácidos esenciales (Silva-Sánchez et al. 2004).

Para el siglo XXI se está transformando la manera de alimentarse y con ellos los productos de consumo diario, así como la canasta básica. Mediante análisis *in silico* se han reportado algunas secuencias de péptidos bioactivos contenidos en las proteínas de amaranto (Silva-Sánchez et al. 2008), despertando mucho interés por determinar si los digeridos de proteína de amaranto producen los efectos que se han descubierto y de esta manera determinar la mejor ruta de aislamiento y los mecanismos para ejercer beneficios a la salud.

Objetivo

Describir los beneficios que tiene la semilla de amaranto y los principales péptidos liberados tras la hidrólisis de sus proteínas de reserva.

Experimental

Se seleccionaron los aminoácidos más representativos presentes en la semilla de amaranto y se realizó una estrategia de análisis teórico para la determinación de propiedades electrónicas de estos. Las geometrías seleccionadas para cada aminoácido se optimizaron apropiadamente mediante el nivel de teoría DFT empleando el funcional híbrido B3LYP y el conjunto de funcionales bases 6-31G (d, p), en GAUSSIAN 16® instalado en la supercomputadora Miztli-DGTIC. Partiendo de estos cálculos se construyó un análisis para los péptidos presentes en la semilla de amaranto que se definen con estrategias de predicción.

Estrategias para el estudio y predicción de péptidos bioactivos.

El estudio integral para determinar las actividades potenciales de un determinado compuesto con actividad biológica se puede dividir en tres etapas. La primera corresponde a las determinaciones *in vitro* con ensayos químicos y líneas celulares, así como determinaciones de modelado *in silico* con técnicas computacionales. La segunda etapa consiste en ensayos y determinaciones *in vivo* en sistemas modelo en animales, mientras que la etapa final corresponde a estudios epidemiológicos y ensayos clínicos. Estos estudios implican determinar una fuente de proteínas adecuada para su posterior liberación enzimática o química de los compuestos bioactivos. Estos hidrolizados usualmente son sometidos a técnicas de caracterización por medio de técnicas especializadas como electroforesis (Li-Chan 2015).

Utilizando las bases de datos de péptidos bioactivos conocidos y caracterizados experimentalmente, utilizando la ocurrencia exacta de aminoácidos entre péptidos bioactivos y secuencias proteicas. Esta primera etapa se realizó utilizando una base de datos de NCBI, una vez identificadas algunas secuencias con ocurrencias exactas se procede a clasificar las estructuras de las proteínas que contienen al menos un péptido conocido. Básicamente la única forma de predecir péptidos bioactivos nuevos es por el uso de las bases de datos de las secuencias para las diferentes proteínas caracterizadas. Estas son mayormente secuenciales y contiene los péptidos bioactivos caracterizados, como es el caso de PepBank, Antimicrobial Peptide Database (APD), Biohemia y BIOPEP. Esta última en especial contiene más de 3000 péptidos y está mayormente enfocada en derivados de proteínas de consumo en dietas, incluyendo información de proteínas precursoras de los péptidos del que derivan.

En particular se trabajó con la base de datos de BIOPEP, Biohemia y NCBI, ya que se encuentran más especializadas en la presencia de péptidos bioactivos que provienen de proteínas alimentarias, con estas bases de datos se tiene ID, nombre, masa, actividad y secuencia de los péptidos almacenados.

Se realizó una búsqueda de las secuencias de proteínas reportadas para *Amaranthus* en <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez>. Estas secuencias fueron analizadas para obtener el perfil de péptidos activos que están presentes en proteínas de reserva de amaranto usando la base de datos <http://www.uwm.biohemia.edu.pl/biochemia>.

La frecuencia de ocurrencia (A) de un péptido bioactivo en una proteína está dada por la ecuación:

$$A = a/N$$

Donde a = Número de residuos de aminoácidos del fragmento que forma el péptido bioactivo en una secuencia

de proteína; N = Número de residuos de aminoácidos de la proteína (Sánchez 2007).

EXTRACCIÓN DE PROTEINAS:

La extracción de proteínas se llevó a cabo de acuerdo con lo reportado por Barba de la Rosa et al. 1992. La fracción de albúminas más nitrógeno no proteínico se obtuvo a partir de harina desengrasada y se empleó como agente de extracción agua destilada. Las suspensiones de harina/solvente (1:10 p/v) se extrajeron con agitación magnética por 1h a 10°C y se centrifugó a 4000 rpm por 10 min. El sobrenadante se colectó para un análisis posterior. La pastilla resultante se resuspendió en 0.1 M NaCl, 0.010 M K₂HPO₄, pH 7.5, 0.001 M EDTA para la extracción de globulinas 7S; y se siguió el procedimiento de extracción arriba mencionado. La fracción de globulinas 11S se obtuvo con el buffer 0.8 M NaCl, 0.010 M K₂HPO₄, pH 7.5, 0.001M EDTA. Las prolaminas se obtuvieron con una solución de etanol al 70% y finalmente las glutelinas con una solución 0.1 M de NaOH. Los sobrenadantes se colectaron y almacenaron a 0°C hasta su uso.

Resultados y discusión

LAS SEMILLAS DE AMARANTO COMO FUENTE DE PÉPTIDOS BIOACTIVOS

La Hidrólisis de las proteínas presentes en los alimentos que consumimos diariamente pueden liberar péptidos de gran interés por sus propiedades biológicas. Estos péptidos han adquirido gran interés en los últimos años por lo que se ha estudiado su liberación por métodos pueden de hidrólisis química o hidrólisis enzimática. Estos péptidos y oligopéptidos son inactivos cuando se encuentran formando parte de las proteínas, pero al ser liberados durante los procesos de alimentos o la digestión, son absorbidos por el sistema digestivo de quien lo consume. Para hacer estos análisis se siguen dos rutas, un análisis clásico y un análisis bioinformático, para determinar los péptidos bioactivos (Figura 1). Estos análisis al día de hoy han dado resultados importantes de predicción de péptidos con actividades biológicas importantes como: antihipertensivas, antitrombóticas, antioxidantes, entre otras (Silva-Sánchez et al., 2008). Estos análisis han incrementado en diferentes proteínas de una cantidad importante de productos de origen agrícola, esto con la finalidad de evaluar y caracterizar los péptidos bioactivos presentes en las proteínas de algunas semillas y para este caso, la semilla de amaranto.

PÉPTIDOS ANTIHIPERTENSIVOS.

La ECA (Enzima Convertidora de Angiotensina, presente en la semilla de amaranto) cataliza la conversión del péptido angiotensina-I al péptido angiotensina-II, el cual es un potente vasoconstrictor, así que la inhibición de la ECA resulta en una disminución de la presión arterial (Fleming, 2006).

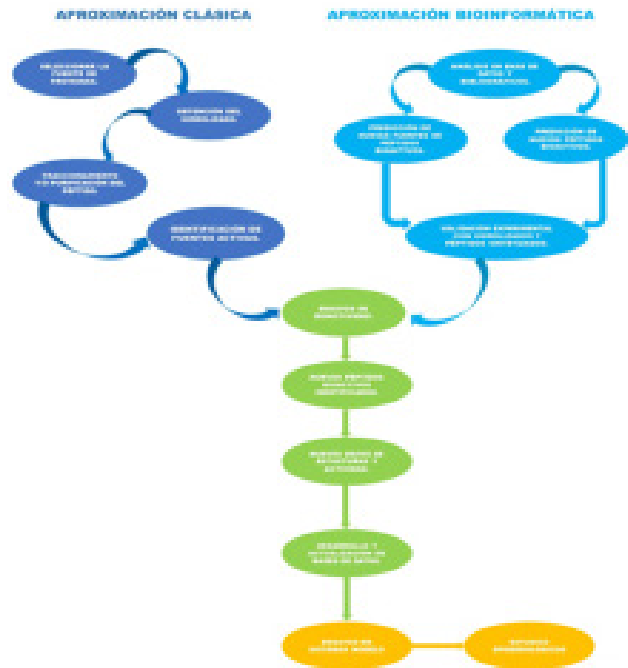


Fig. 1. Aproximaciones generales para el análisis de péptidos bio-activos.

Entre los péptidos que se han predicho mediante la digestión in silico de las proteínas de reserva de la semilla de amaranto, los péptidos inhibidores de la ECA se encontraron entre los más abundantes (Silva-Sánchez et al. 2008). La actividad de estos péptidos ha sido demostrada en ratas y humanos mostrando una reducción en la presión arterial (Mallikarjun-Gouda et al. 2006).

PÉPTIDOS CON RESULTADOS ANTIDIABÉTICOS, INHIBIDORES DE LA ENZIMA DIPEPTIDIL PEPTIDASA IV (DPPIV).

La DPPIV es responsable en la degradación de hormonas insulínótropas relacionadas con estimular la síntesis y promover la secreción de insulina por las células beta del páncreas, disminuyendo los niveles de glucosa en sangre. El uso de inhibidores de la DPPIV incrementa el tiempo de acción de estas hormonas y potencia sus efectos. Existen varios tipos de inhibidores de la DPPIV que han mostrado resultados prometedores como agentes antidiabéticos (Vellarde-Salcedo et al. 2012).

PROPIEDADES CANCER-PREVENTIVAS.

Otro de los péptidos bioactivos presentes en las hojas y semillas de amaranto, son los que poseen propiedades inhibitorias de la proliferación celular en tumores (Jayaprakash et al. 2004). En todas las fracciones de las proteínas de reserva de la semilla de amaranto A. hypochondriacus se ha detectado una proteína que es reconocida por un

anticuerpo llamado antilunasin, que está presente también en la soya (Silva-Sánchez et al., 2008). Este péptido posee propiedades cáncer- preventivas han sido demostradas en modelos animales como el ratón. El lunasin es eficiente en la protección de células contra genes que inducen el cáncer e inactivadores de las proteínas supresoras que promueven la actividad de metástasis en tumores (De Lumen, 2005).

PROPIEDADES ANTIOXIDANTES.

El potencial antioxidante de los péptidos derivados de proteínas del amaranto se ha demostrado anteriormente, además la harina del amaranto contiene polifenoles como la rutina, isoquercetina y la nicotiflorina, que se han identificado y cuantificado en la harina de amaranto (Barba de la Rosa et al., 2009). Los polifenoles son compuestos considerados como fitoquímicos que están involucrados en la defensa contra la radiación UV o la agresión por patógenos en plantas. Estos compuestos contribuyen al amargor, astringencia, color, sabor, olor y estabilidad anti-oxidativa de los alimentos. Casi todos los polifenoles muestran propiedades antioxidantes y se les han atribuido efectos benéficos para la salud. Están asociados con la protección contra el cáncer, enfermedades cardiovasculares, enfermedades neurodegenerativas y el envejecimiento (Pandey et al. 2009).

Conclusiones.

El amaranto tiene un alto potencial como alimento emergente, es una fuente rica en péptidos bioactivos con propiedades benéficas para la salud humana. Contiene diversos polifenoles con propiedades importantes para combatir problemas ocasionados por la radiación UV. Es considerado hoy en día como un alimento funcional con alto potencial para el desarrollo biotecnológico en el cuidado de la salud.

Se necesitan hacer más y mejores estudios in vitro para determinar las propiedades de los diversos péptidos que se generan tras la hidrólisis, para poder desarrollar estudios clínicos que faciliten el uso de biomoléculas para mejorar la salud en las personas con enfermedades crónicas.

Los usos tradicionales del amaranto demuestran que no se está explotando este alimento totalmente, ya que tiene diversas cualidades para ser un alimento emergente además de poseer propiedades que aún hace falta estudiar para explotar al máximo la planta en su totalidad.

Agradecimientos

A CONACYT por el apoyo recibido para realizar este proyecto, con número de becario: 769081, a DGAPA por el proyecto PAPIIT-IT-100919, también los autores agradecen a Supercómputo-Miztli-DGTIC-UNAM. LANCAD-UNAM-DGTIC-165.

Referencias

- BARBA de la Rosa A., Barba-Montoya A., Martínez-Cuevas P., Hernández-Ledesma B., León-Galván F., De León-Rodríguez A., González C., (2010). Nitric Oxide, 23:106- 111.
- BARBA De La Rosa A., Gueguen J., Paredes-López O, Viroben G. (1992). J. Agric. Food Chem. 40:931-936.
- CHAKRABORTY S., Chakraborty N., Datta A., (2000). Proceedings of the National Academy of Sciences 97:3724-3729.
- DE Lumen B., (2005). Nutrition Reviews, 63:16-21.
- ESPITIA-RAGEL E., (1994.) Amaranth Biology Chemistry and Technology. Ed. O Paredes-López CRC Press, Boca R. pp:23-38.
- FLEMING I., (2006). Circulation Research, 98:887-896.
- JAYAPRAKASAM B., Zhang Y., Nair M., (2004). Journal of Agricultural and Food Chemistry, 52:6939-6943.
- HUERTA-OCAMPO J., Briones-Cerecero A., Mendoza-Hernández G., De León-Rodríguez A., Barba de la Rosa A. (2009). International Journal of Plant Sciences 170:990-998.
- JOHNSON B., Henderson T., (2002). Agronomy Journal 94:1437-1443.
- LI-CHAN E. (2015). Current Opinion in Food Science, 1(1), 28-37.
- MALLIKARJUN-GOUDA K., Gowda L., Appu-Rao A., Prakash V., (2006). Journal of Agricultural and Food Chemistry, 54:4568-4573.
- PANDEY K., Rizvi S., (2009). Current Nutrition and Food Science 5:249-63.
- SÁNCHEZ C., (2007). "Caracterización fisicoquímica y nutraceutica de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*) cultivado en San Luis Potosí" TESIS de doctorado IPICYT San Luis Potosí.
- SANGAMESWARAN B., Jayakar B., (2008). Journal of Natural Medicines 62:79-82.
- SILVA-SÁNCHEZ C., Barba de la Rosa A., León-Galván M., De Lumen B., De León-Rodríguez A., González de Mejía E., (2008). Journal of Agricultural and Food Chemistry 56:1233-1240.
- SILVA-SÁNCHEZ C., González-Castañeda J., De León-Rodríguez A., Barba de la Rosa A., (2004). Plant Foods for Human Nutrition 59:169-174.
- SUGIMOTO Y., Yamada K., Sakamoto S., Fuwa H., (1981). Starch 33:112-116.
- TAPIA-BLÁCIDO D., Sobral P., Menegalli F., (2009). Journal of the Science of Food and Agriculture 90:1185-1193.
- VELARDE-SALCEDO A., González de Mejía E., Barba de la Rosa A., (2012). Hispanic Foods: Chemistry and Bioactive Compounds. Tunick, M., et al.; ACS Symposium Series; American Chemical Society: Washington, DC, 2012.

INFLUENCIA DE LAS DIFERENTES CONDICIONES EN LA MOLIENDA, EXTRUSIÓN Y FILTRACIÓN EN LA OBTENCIÓN DE PRODUCTOS DERIVADOS DE LA AVENA



Karen Alexia Martínez Araujo¹, Ana Paulina Cuautle de Fermín¹, Cristina García Perdomo¹, Daniela Paz Castro¹, Alma Adela Lira Vargas*¹, Frida Rosalía Cornejo García¹.

¹Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. karenamtzaraujo@gmail.com, anapaulinacuautledefermin@gmail.com, chris.garciape05@gmail.com, dpaz5338@gmail.com, adelavargas9@gmail.com, fridurusk@hotmail.com

*Autor de correspondencia



Resumen

El objetivo de este trabajo fue evaluar las operaciones físico-mecánicas (Molienda, Extrusión y Filtración) en la producción de distintos productos a base de semilla de avena bajo condiciones de proceso, equipo y materia prima para encontrar las mejores condiciones de elaboración. En la molienda de avena se comparó el tipo de molino (Molino de Martillos Dentados Fijos (MMDF) y Molino de Martillo Colgantes Lisos (MMCL)) y cribas (0.5 y 1mm) para la obtención de harina de avena la mejor homogeneidad, consumo de energía y eficiencia. En la extrusión se realizó la comparación del número de álabes (9 y 11) y las proporciones de trigo-avena (F1:30-70 y F2:70-30) para la obtención de mini galletas libres de grasa evaluando su humedad, dureza y aceptación sensorial. En la filtración se usó un filtro prensa, se compararon la presión (1 y 2 Kg/cm²) y el número de marcos (2 y 3) para la obtención de leche de avena. Como resultado se obtuvo que, en la molienda, la mejor condición para la obtención de harina de avena fue el uso de MMD con criba 0.5, ya que se mostró una mayor homogeneidad. En extrusión, la mejor condición para la elaboración de las galletas se obtuvo con la formulación 70:30 trigo-avena respectivamente y con 9 álabes ya que los consumidores indicaron gran aceptabilidad y una menor dureza y humedad. En filtración, se demostró que a una presión de 2 Kg/cm² con 3 marcos se tenía un filtrado con una menor concentración de sólidos insolubles y alta velocidad de filtración.

Palabras clave: operaciones físico-mecánicas, homogeneidad, aceptación sensorial, velocidad de filtración

Antecedentes

Dentro de las propiedades de la avena se destacan sus efectos reductores del colesterol y el control glucémico. Es por ello que la introducción de nuevos productos como las mini galletas y la bebida de avena nos ayudan a tener nuevas fuentes de alimentación saludables que no necesitan de mucho tiempo para poder estar listos y poder consumirlos. Recordando que este tipo de alimentos están diseñados a todas las personas puesto que tanto personas adultas como niños pueden consumir este tipo de alimento como lo es la avena y tener una alimentación más saludable y evitar futuras enfermedades. La avena tiene un alto contenido en fibra lo que nos hace sentir saciados más tiempo y su composición nos brinda buenas dosis de energía. La avena contiene una fibra soluble llamada betaglucano (Gómez, 2017, Penelo, 2019).

En la industria alimentaria es cada vez más importante la reducción de tamaño en productos sólidos. Existen una gran cantidad de equipos para tal fin con diferentes diseños en función de las fuerzas (compresión, impacto, cizalla) que se buscan y en relación con las características del material a moler. Durante la molienda se pueden obtener diversas variedades de harinas, como la harina de avena la cual es un ingrediente que se está volviendo popular en muchos lugares del mundo por ser una de las más saludables por tener un bajo contenido en grasas y por ser rica en fibra,

también ayuda al sistema cardiovascular, inmune y digestivo y además con la harina de avena se pueden hacer diferentes productos como cereal, pan, pizzas, galletas, entre otros (Ibarz y Barbosa-Cánovas, 2011).

La extrusión tiene como objetivo ampliar la gama de productos en el mercado consiguiendo diferentes formas, texturas, colores, olores y sabores. Para desarrollar las diferentes texturas, formas, sabores, etc. se tienen que hacer algunos ajustes en el equipo y en ocasiones un pre acondicionamiento de las materias primas. Es por ello que el estudio de esta operación unitaria es importante pues se revisarán las condiciones de proceso y materia prima óptimas para tener como producto mini galletas de avena (Morató, 2019).

Por otro lado, tenemos que la filtración se basa en la separación de partículas insolubles de un fluido utilizando una superficie filtrante o medio poroso. Esto con el fin de poder disminuir la cantidad de sólidos presentes en el fluido que en este caso sería la bebida de avena. Para lograr separar los sólidos se pueden utilizar diversos equipos como el filtro prensa, tambor rotatorio, etc. que pueden ser empleados para obtener diversos productos como jugos clarificados y la disminución de sólidos solubles (Haro, 2016).

Objetivo(s)

El principal objetivo de este trabajo es aprovechar a la avena como materia prima y producir productos satisfactorios tanto para los que lo estamos realizando como para los consumidores evaluando a su vez el efecto que tiene la modificación de condiciones de proceso en la molienda, extrusión y filtración como principales operaciones en la elaboración de dichos productos.

Parte experimental

Materia prima: Se utilizó grano de avena adquirida en el mercado del Carmen de Cuautitlán Izcalli.

Molienda: Se realizó la molienda de avena en un molino de martillos dentados (Pulvex) y en uno de martillos colgantes lisos (Burrow), colocando la nomenclatura de MMDF y MMCL, respectivamente a cada molino, también se cambiaron las cribas con abertura de 1mm y 0.5mm para obtener una harina de avena y se determinó el consumo de energía (Consumo de energía=potencia de molienda entre velocidad de alimentación (250g/min)), y la eficiencia (Potencia de molienda entre potencia del motor de cada molino) con la metodología propuesta por Cortázar et al. (2008), también se realizó un análisis granulométrico para ver la homogeneidad de la harina de avena (Fellows, 1994).

Extrusión: Se llevó a cabo la extrusión de la harina de avena en mezcla con harina de trigo (F1:30-70 y F2:70-30,

trigo-avena respectivamente), agua (35.5%), azúcar (10%) y sal (1%). Durante la experimentación se usaron los tornillos de 9 y 11 álabes con cada una de las formulaciones (F1 y F2). El producto obtenido fueron mini galletas de avena sin grasa, a las cuales se realizaron las siguientes pruebas: dureza con un texturómetro (Brookfield, C3), con una prueba de compresión, una carga de activación de 5g, una velocidad de prueba de 1.7mm/s, con una sonda TA10 y un meta de 4mm (Torres et al., 2015). Se midió la humedad con método gravimétrico, con una termobalanza (Ohaus, HB45) para llevar a cabo la evaporación del agua y se determinó la aceptación sensorial donde se evaluó el color, olor, sabor y textura con una escala hedónica de 5 puntos (1: me gusta mucho, 2; me disgusta, 3: ni me gusta, ni me disgusta, 4: me gusta, 5: me gusta mucho) (Mazunder et al, 2007).

Filtración: Se realizó un concentrado de avena [100g/L], se añadió el ayuda filtro a dicho concentrado con una relación de 1:0.75, posteriormente se filtró el concentrado en un filtro prensa en donde se usaron 2 y 3 marcos y presiones de 1 y 2 Kg/cm², durante la filtración se determinó la velocidad de filtración midiendo el tiempo de filtración cada 400mL hasta llegar a un volumen final de 1.2L (Haro, 2016). Al filtrado se le determinó la concentración de sólidos insolubles con método gravimétrico (Rodríguez, 2013).

Análisis estadístico: En todas las operaciones se utilizó un diseño factorial 2², cada condición de cada una de las operaciones se realizó por triplicado se obtuvo ANOVA y se realizaron pruebas de rango múltiple Tukey con programa MINITAB.

Resultados y discusión

Molienda

Consumo de energía y eficiencia de molienda: En la figura 1 se puede observar los resultados obtenidos en el consumo de energía en la molienda de avena, donde se muestra que el MMDF requirió mayor energía que el MMCL independientemente del tamaño de la criba, así mismo el consumo de energía en la criba de 0.5mm es mayor que en la criba de 1mm. El molino que requirió mayor consumo de energía fue el MMDF en combinación con la criba de 0.5mm debido a la relación directamente proporcional que existe entre la potencia y el consumo de energía además de que el MMDF pulveriza el material lo cual conlleva a requerir una mayor potencia que traerá consigo el aumento del consumo de energía (Brennan, 1998).

De acuerdo a la figura 2 el MMDF tuvo mayor eficiencia que el MMCL sin importar el tamaño de criba, también se observa que la eficiencia es mayor con una criba de 0.5mm independientemente del tipo de molino que con criba de 1mm.

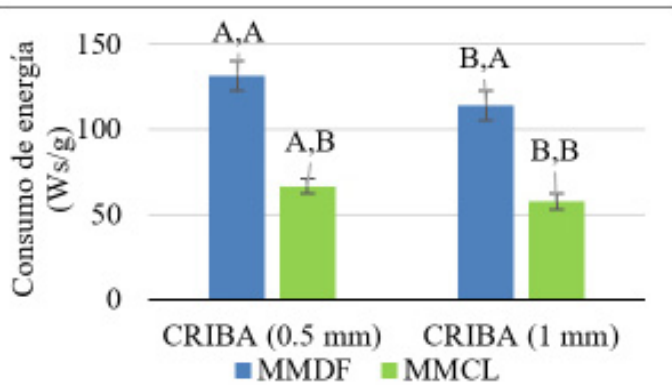


Fig. 1. Consumo de energía en la molienda de semilla de avena. MMDF: Molino de martillos dentados fijos, MMCL: molino de martillos colgantes lisos. 0.5 y 1mm, tamaños de criba. Letras sobre la columna indican diferencia significativa ($P \leq 0.05$), 1ra por el tamaño de criba y 2da letra por el tipo de molino.

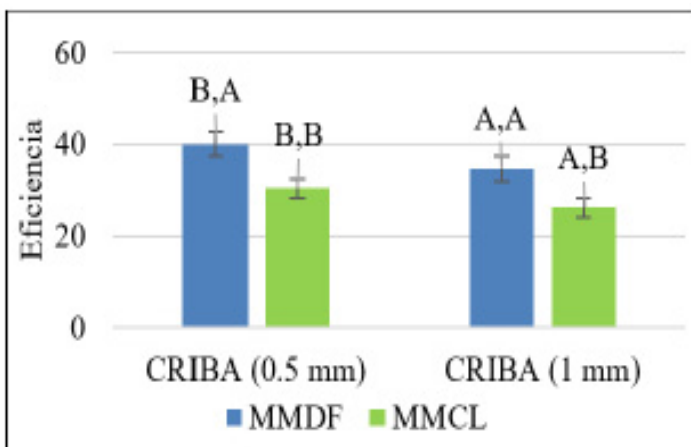


Fig. 2. Eficiencia de la molienda de semilla de avena. MMDF: Molino de martillos dentados fijos, MMCL: molino de martillos colgantes lisos. 0.5 y 1mm, tamaños de criba. Letras sobre la columna indican diferencia significativa ($P \leq 0.05$), 1ra por el tamaño de criba y 2da letra por el tipo de molino.

Puesto que la eficiencia de un equipo se define como la óptima utilización de los recursos disponibles para la obtención de resultados deseados (Montufar, 2013), el molino más eficiente es el MMDF con una abertura de criba de 0.5mm a comparación del MMCL ya que con este molino se obtiene una harina homogénea gracias a los dos tipos de fuerzas presentes en el mismo la fuerza de impacto y la de cizalla, esta última predominante lo cual ayuda a pulverizar el material (Brennan, 1998) si bien tuvo un mayor consumo de energía y un mayor requerimiento de potencia, este molino utilizó todos los recursos que había disponibles para obtener un mejor producto final.

Por otra parte, si se evalúa la eficiencia del proceso el más eficiente es con el MMCL con la abertura de criba de 1mm ya que se tendría un menor consumo de energía y menor requerimiento de potencia lo que haría más económico el proceso.

Homogeneidad: En la figura 3 se muestra la homogeneidad de producto obtenido en la molienda de avena bajo 2 niveles de variación en el tamaño de la criba (0.5mm) y 2 tipos de molinos (MMDF Y MMCL) donde se puede apreciar que tanto el MMDF con criba de 1mm y MMDF con criba de 0.5mm tienden totalmente a finos y su curva es más cerrada mientras que el MMCL con 1mm de criba tiende más a gruesos pues su curva está del lado derecho del gráfico y se encuentra mucho más abierta que las anteriores.

Podemos ver que los productos obtenidos del MMDF con ambas aberturas de criba tienden a finos, mientras que el producto obtenido del MMCL tiende más a gruesos, especialmente con la criba de 1mm. Esto se debe a que tanto en el MMDF y MMCL se encuentran presentes dos tipos de fuerzas que son la de impacto y la de cizalla, sin embargo, en el MMDF predomina la fuerza de cizalla lo cual me beneficia debido al tipo de material que tengo por su contenido de 5.6% de fibra, lo que lo convierte en un material fibroso que se puede molturar con mayor facilidad (Gómez, 2017).

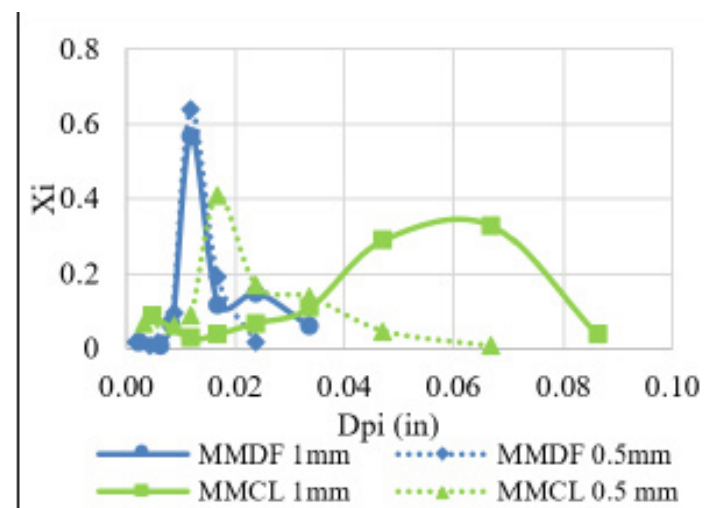


Fig. 3. Curva diferencial de harina de avena a diferentes condiciones de obtención. MMDF: Molino de martillos dentados fijos, MMCL: molino de martillos colgantes lisos. 0.5 y 1mm, tamaños de criba.

Además de que este tipo de molino se encarga de pulverizar el material introducido y al estar pulverizado tiende a ser más homogéneo y con diámetros más pequeños (Cortázar y Meléndez, 2008).

Ahora bien el MMCL tiende más a gruesos y materiales más heterogéneos debido a que ese molino predomina la fuerza de impacto que no es suficiente para superar el estrés de las partículas y poder generar mayor número de fracturas por estrés que me ayudaría a disminución significativamente el tamaño de partícula, además de que el tiempo de permanencia en la zona de acción en el caso de la criba de 1mm fue menor por eso salían los granos enteros, y en el caso

de la criba de 0.5mm el molino se sofocó debido su poca capacidad, contar con menor potencia y el tipo de fuerza implicada (Fellows, 1994).

Extrusión

Humedad: De acuerdo a la figura 4 se muestran que la proporción de 70-30 T-A (70% Trigo y 30% avena) tuvo un mayor % de humedad en la mini galleta que usando la proporción 30-70 T-A (30% Trigo y 70% avena) sin importar el número de alabes a utilizar, en tanto al número de álabes utilizados obtuvieron % de humedad muy cercanos sin embargo el usar 9 alabes da % de humedad ligeramente mayores que al extruir con 11 álabes.

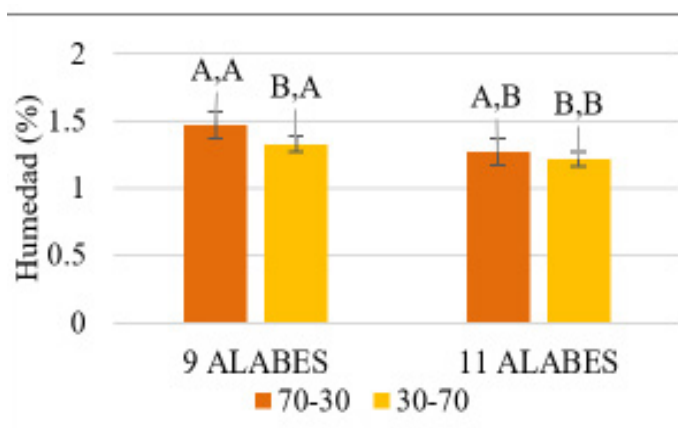


Fig. 4. Humedad de galletas extruidas con 9 y 11 alabes y formulación de 70-30 o 30-70 Trigo-Avena. 1er letra sobre la columna indica diferencia significativa ($P \leq 0.05$) por el número de alabes y 2da letra por la formulación utilizada.

El mayor contenido de humedad (figura 4) se obtuvo con 9 alabes y una formulación de 70:30 de trigo-avena esto debido a que se tiene una menor dureza, cuando se tiene un alto contenido de humedad es una indicación de que el alimento no parecerá quebradiza o crujiente. Esto sucede cuando el número de picos principales se acerca a cero con un contenido de humedad de aproximadamente 10%, lo que indica que el producto perdió toda su nitidez característica. El agua conduce a la plastificación y ablandamiento de la matriz del almidón-proteína y, por lo tanto, altera la resistencia del producto (Mazunder, et al. 2006).

Dureza: En la figura 5 se puede observar que la proporción de 30-70 T-A (30% Trigo y 70% avena) tuvo una mayor dureza en la mini galleta que usando la proporción 70-30 T-A (70% Trigo y 30% avena) sin importar el número de alabes a utilizar (9 alabes y 11 álabes) sin embargo esta diferencia es más notoria en 11 álabes, en tanto al número de álabes utilizados obtuvieron durezas de forma que 9 alabes presenta valores de dureza ligeramente mayores que al extruir con 11 álabes.

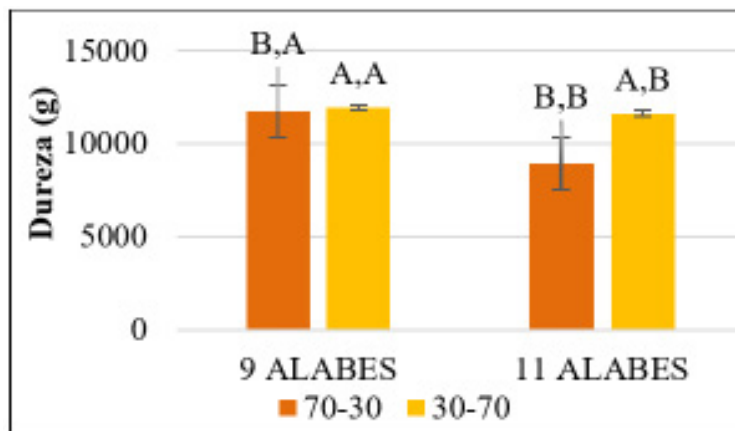


Fig. 5. Dureza de galletas extruidas con 9 y 11 álabes y formulación de 70-30 o 30-70 Trigo-Avena. 1er letra sobre la columna indica diferencia significativa ($P \leq 0.05$) por el número de álabes y 2da letra por la formulación utilizada.

Las muestras que tuvieron mayor dureza fueron las de una formulación en proporción 30:70 en combinación de 9 alabes esto es debido que al tener mayores proporciones de avena esta tiene en su almidón mayores proporciones de amilopectina está se encarga de captar más oxígeno en vez de agua, lo que provoca un endurecimiento de la matriz de almidón, sin embargo las proporciones 70:30 trigo-avena tuvieron una menor dureza gracias a que el almidón del trigo tiene mayor capacidad de retención de humedad, lo cual conduce a la plastificación y al ablandamiento de la matriz de almidón y proteína, por lo tanto esto altera la resistencia del producto y lo hace menos duro (Mazunder et al., 2007), aunado a esto las galletas que se hicieron con el tornillo de 9 alabes son más duras debido a que no hubo un buen mezclado durante el proceso de extrusión lo que conlleva a que no hubiera incorporación correcta de agua a la masa y por lo tanto la galleta fuera más compacta y rígida que la de 11 álabes en la que sí hubo un buen mezclado y buena hidratación de la matriz de almidón (Guy, 2001).

Prueba sensorial: La figura 6 muestra los resultados de la evaluación sensorial donde la F111 A es la más aceptada en 2 parámetros color y olor, en cuanto sabor la más aceptada es F19A seguida F211A, en lo que se refiere a la textura del extruido la de mayor aceptación es F211A seguido de la formulación F29A. Se puede ver que en cuanto a color y olor y sabor la proporción 70:30 T-A es mejor aceptada, sin embargo, dichos resultados no se pueden discutir el por qué puesto que depende de la opinión de cada persona.

Filtración

Velocidad de filtración: De acuerdo a la figura 7 la condición más rápida fue la de 3 marcos con una presión de 2 Kg/cm², esto debido a que el número de marcos determina el área de filtración y conforme aumenta el número de marcos la distribución de los sólidos es mejor provocando así que el

espesor de la torta disminuya y por tanto menor resistencia al flujo, aunado a esto se puede agregar el hecho de que a mayores presiones los sólidos insolubles son obligados a pasar a través del medio filtrante por lo que la velocidad de flujo es mayor.

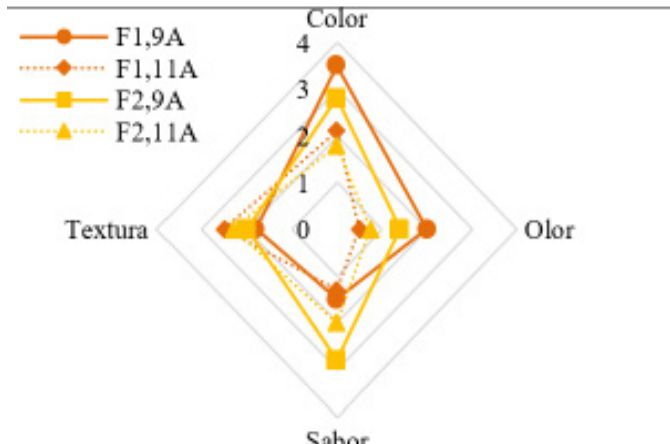


Fig. 6. Evaluación sensorial de galletas extruidas con 9 y 11 alabes (A) y formulación F1:70-30 o F2: 30-70 Trigo-Avena.

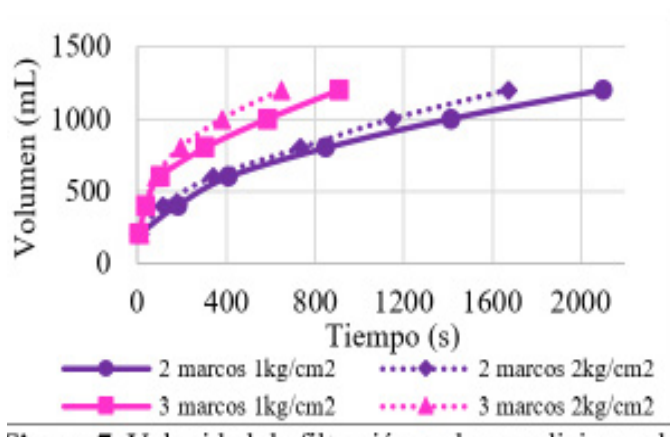


Fig. 7. Velocidad de filtración en las condiciones de 1 kg/cm² y 2 kg/cm² con diferente número de marcos (2 y 3) para la obtención de leche de avena.

Sólidos insolubles: En la figura 8 se observan los resultados obtenidos en sólidos insolubles del filtrado a 2 presiones, donde se muestra que la presión 2 obtuvo valores mayores de los sólidos insolubles sin importar el número de marcos a utilizar (2 marcos y 3 marcos), en tanto al número de marcos utilizados, al utilizar 2 marcos se obtuvieron valores menores de sólidos insolubles que al usar 3 marcos. El mayor número de sólidos insolubles obtenidos fue con 2 kg/cm² y 3 marcos mismo que presenta diferencia significativa en cuanto a las presiones con 1kg/cm² con 2 marcos y 1kg/cm² con 3 marcos, según al número de marcos tiene diferencia significativa con 2kg/cm² con 2 marcos y 1kg/cm² con 2 marcos.

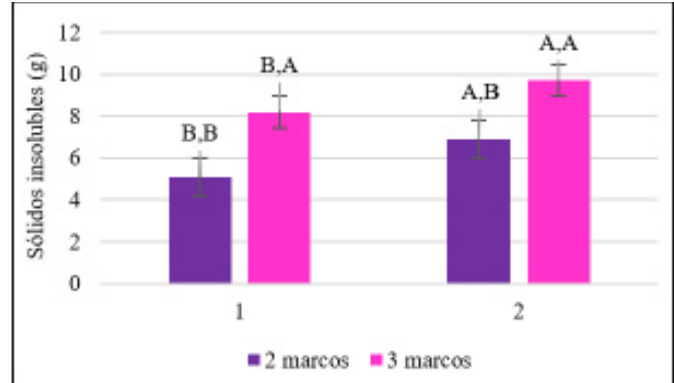


Fig. 8. Sólidos insolubles en filtrado de leche de avena, obtenido en las condiciones de 1 kg/cm² y 2 kg/cm² con diferente número de marcos (2 y 3).

Esto debido a que por un lado la presión afecta dependiendo del tipo de torta (compresible o incompresible), en el caso de una torta compresible a mayores presiones hay menor acumulación de sólidos en el medio filtrante debido a que las presiones obligan a las partículas a fluir, lo que conlleva a que el flujo del fluido aumente y es por ello que tenemos una mayor concentración de sólidos insolubles a una presión de 2 Kg/cm², por otro lado tenemos que el número de marcos afecta de tal manera que a mayor número de estos es menor el tamaño de torta en cada medio filtrante puesto que los sólidos tienen mayores secciones de filtración y por lo tanto se tendría un filtrado con menor concentración de sólidos, sin embargo, en combinación con las presiones estas hacen pasar la mayor cantidad de sólidos por el medio filtrante y es por ello que al tener una presión de 2 Kg/cm² y 3 marcos se tiene la concentración de sólidos más alta.

Conclusiones

En la molienda, el molino de martillos dentados fijos es ideal para la obtención de una harina homogénea. La criba de 1mm y 0.5mm no tienen diferencia significativa en el molino de martillos dentados fijos. Con el molino de martillos dentados fijos con criba de 1mm se obtiene una harina homogénea y con mayor rendimiento comparando con el molino de martillos lisos colgantes, sin embargo, consume mayor energía requiriendo así mayor potencia.

En extrusión, las mini galletas extruidas con mayor contenido de trigo dan como resultado una galleta con menor dureza. A menor número de álabes se obtiene un producto con mayor dureza y mayor número de álabes se tiene una mejor incorporación de ingredientes por lo que dan características más aceptables para el consumidor.

En filtración, a mayor área de filtrado y mayor presión mayor turbidez en la bebida de avena, a mayor presión menor tiempo de filtrado pues la torta es más delgada y deja pasar a la bebida de avena sin tanta resistencia.

Referencias

- CORTÁZAR, L., & Meléndez, R. &. (2008). Consumo de energía y distribución de tamaño de partícula en la molienda de canela y pimienta negra. *Revista Mexicana de ingeniería química*, 123-130.
- FELLOWS, P. (1994). *Tecnología y procesado de los alimentos, Principios y prácticas*. Acriba, Zaragoza
- GÓMEZ, A. (2017). Datos actuales sobre las propiedades nutricionales de la avena. Madrid: Fundación Española de la nutrición. Madrid-España.
- GUY, R. (2001). *Extrusión de los alimentos: Acribicia*
- HARO, A. (2016). Efecto de la presión de descarga de solución tánica conteniendo sólidos en suspensión a través del filtro prensa, sobre el tamaño de malla. Lima: Universidad Nacional de Trujillo.
- IBARZ R.A. y Barbosa-Cánovas G.V. (2011). *Operaciones unitarias de la ingeniería de alimentos. Mundi-prensa*. Madrid-España.
- MAZUMDER, P., Roopa, B.S. y Bhattacharya, S. (2007). „Textural attributes of a model snack food at different moisture contents. *Journal of Food Engineering*, 79: 511–516.
- MORATÓ, N. G. (07 de diciembre de 2019). infoalimentacion.com. Obtenido de http://www.infoalimentacion.com/noticias/2009/3/2293_extrusion_alimentos_dar_nuevas_formas_texturas.asp
- PENELO, L. (07 de diciembre de 2019). *La Vanguardia*. Obtenido de <https://www.lavanguardia.com/comer/20180806/451234882484/avena-propiedades-beneficios-valor-nutricional.html>
- RODRÍGUEZ, V. (2013). Determinación de sólidos totales, solubles e insolubles en suspensión. *Chemestry*, 23: 52-60.
- TORRES J., Torres R. y Acevedo D. (2015). Evaluación instrumental de los parámetros de textura de galletas de limón. *Vector*, 14-25.

EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE ACELGA *Beta vulgaris var. cicla* ABONADO CON HUMUS DE LOMBRIZ PRODUCIDO EN LAS FES IZTACALA Y ACATLÁN



Diego Álvaro Ferrer Aguilar¹, Alejandra Guadalupe Villegas Pañeda^{*2}

¹Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México, ferrer.bio@gmail.com

^{2*}Facultad de Estudios Superiores Acatlán, Universidad Nacional Autónoma de México, alejandragvipa@gmail.com



Resumen

Se evaluó el efecto del humus de lombriz como fertilizante orgánico sobre el rendimiento del cultivo de acelga (*Beta vulgaris var. cicla*) a escala de huerto urbano. Se emplearon dos diferentes tipos de humus producidos en las Facultades de Estudios Superiores Iztacala y Acatlán, en comparación con un grupo control de cultivo hidropónico. El grupo testigo registró un mayor rendimiento estadísticamente significativo. Los resultados indicaron el menor rendimiento para el tratamiento con humus de Iztacala, producto de residuos de jardinería y restos de comida de la cafetería principal de la Facultad. El principal parámetro de interés en hortalizas de hoja es el peso fresco de las hojas, donde se obtuvo una diferencia significativa entre el humus de Iztacala y Acatlán, siendo este último casi el doble (130.33 g) que el de la FESI (74 g).

Palabras clave: Agricultura urbana, acelga, abono orgánico, biológicos, humus de lombriz.

Antecedentes

La FAO define la agricultura urbana y periurbana como el cultivo de plantas y la cría de animales en el interior y en los alrededores de las ciudades. La cual proporciona productos alimentarios de distintos tipos de cultivos y animales (FAO, 2019).

Este tipo de agricultura ha tenido éxito en las últimas décadas en diversos países, principalmente en Latinoamérica, siendo Cuba, uno de los casos más representativos, donde a raíz del bloque comunista en 1989, queda prácticamente sin abastecimiento alimentario y es a partir de allí que surge la agricultura urbana como respuesta para solucionar el grave problema de seguridad alimentaria que estaba enfrentando Cuba y específicamente La Habana, llegando a cosechar 280,000 toneladas de hortalizas y condimentos frescos (Herrera, 2009).

También a menor escala, la agricultura urbana brinda soberanía alimentaria a familias que le dan protagonización a nivel local obteniendo seguridad alimentaria (Cáceres, 2020), donde las hortalizas cultivadas de forma doméstica, sirven para el autoconsumo y en los casos donde sea factible, para la venta de excedentes (LHUCDMX, 2016). En la Zona Metropolitana del Valle de México, la agricultura urbana se ha vuelto una práctica cada vez más común, llegando a estar en el segundo lugar de la lista de Ciudades más Verdes en

América Latina y el Caribe, publicado por la FAO (2014) en un informe sobre la agricultura urbana y periurbana en la región. Haciendo mención a algunos de los huertos más importantes de la ciudad como Huerto Roma, Árbol Chiquito, Chula Verdura, Al Natural, entre otros.

Los alimentos denominados hortalizas o verduras incluyen algunas frutas, hojas, raíces e inclusive tallos y flores. Son una parte muy importante de la dieta. Casi todas son ricas en caroteno y vitamina C y contienen importantes cantidades de calcio, hierro y otros minerales (FAO, 2002).

Actualmente, la acelga (*Beta vulgaris var. cicla*) es un alimento básico en la nutrición humana debido a su contenido nutricional (Bolívar, et al. 2017). Es una planta bienal con hojas grandes, brillantes y crujientes que pueden crecer hasta 37 cm de largo y 25 cm de ancho (Pierce, 1987). A pesar de que en México no es una de las principales hortalizas cultivadas (INEGI, 2019), si es una planta de elección para la agricultura urbana y los huertos urbanos, debido a su fácil cuidado y cosechas recurrentes.

Para mejorar el rendimiento de los cultivos, cada vez es más común el uso de fertilizantes químicos, sin embargo, el uso desmedido de agroquímicos ha provocado toxicidades residuales y degradación de la estructura del suelo (Dlamini et al, 2020).

Una alternativa a los fertilizantes agroquímicos, son los fertilizantes orgánicos, entre ellos, el lombricompost (Dlamini et al, 2020) ha demostrado un efecto positivo en la estructura, porosidad, capacidad de retención de agua, resistencia a la compresión y contenido de nutrientes del suelo (Pinamonti y Zorzi, 1996) y para mejorar el crecimiento de las plantas, el rendimiento y la calidad de los cultivos (Rodrigues et al, 1996). El lombricompost o humus es el producto de la degradación y estabilización de la materia orgánica por la acción conjunta y sinérgica de las lombrices de tierra y los microorganismos (Gomez-Brandon, 2010). La lombriz roja californiana *Eisenia foetida* (Savigny, 1826) es utilizada para la producción de humus por su alta capacidad de reproducción, su capacidad de vivir en altas densidades, el amplio rango de desechos orgánicos de los que se alimenta y su adaptación a diferentes condiciones climáticas (Soto, 2003). La producción de hortalizas, entre ellas la acelga, mediante prácticas de agricultura en la Ciudad de México y zona metropolitana, se ha multiplicado con casos de éxito en los años recientes, por lo cual es importante impulsar el uso de abonos orgánicos producidos con los residuos orgánicos urbanos para producciones hortícolas eficientes a escala de huerto urbano. El objetivo del presente proyecto fue evaluar el rendimiento de acelga, cultivado en un prototipo de huerto urbano, usando como abono orgánico el humus de lombriz producido en las Facultades de Estudios Superiores Iztacala y Acatlán, donde la materia prima está compuesta

por residuos de residuos de comida de la cafetería principal de Iztacala/jardinería, mientras que el lote de humus proveniente de la FES Acatlán es producto de residuos biosólidos de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR)/jardinería de la Facultad.

Materiales y método

Se evaluaron 2 tipos de humus de lombriz: humus de residuos de alimentos/jardinería producido en la FES Iztacala (T1) y humus de biosólidos del tratamiento de aguas residuales/jardinería producido en la FES Acatlán (T2). Se utilizó una Solución Nutritiva (SN) hidropónica Steiner con conductividad eléctrica de 2 mS/cm (Hydroenvironment, 2020) como fuente de nutrientes para el grupo control (C). El 17 de Marzo del 2020 se obtuvo el humus de ambas Facultades; del invernadero de la Unidad de Biotecnología y Prototipos (UBIPRO) de Iztacala y del Laboratorio de Tecnología Ambiental de la Unidad de Investigación Multidisciplinaria de Acatlán. Para la SN del control, los fertilizantes solubles se adquirieron en Comercializadora Agrylap. Se calculó la cantidad necesaria de cada nutriente (macronutriente) para preparar 20 litros de SN (Tabla 1) que se almacenaron en un garrafón de agua.

Fertilizante	PM	V	PEq	meq g/L	mg/L	g	
Nitrato de Calcio	Ca(NO ₃) ₂ ·4H ₂ O	236,0 8	2	118,0 4	9	1062, 36	21,2
Fosfato monopotási	KH ₂ PO ₄	136,0 9	1	136,0 9	1	136,0 9	2,7
Nitrato de Potasio	KNO ₃	101,1	1	101,1	3	303,3	6,1
Sulfato de Magnesio	MgSO ₄ ·7H ₂ O	246,3	2	123,1 5	4	492,6	9,8
Sulfato de Potasio	K ₂ SO ₄	174,2 7	2	87,13 5	3	261,4 05	5,2

Tabla 1. Cálculos para preparar 20 litros de solución universal Steiner CE 2mS/cm.

Donde PM= Peso molecular; V=Volumen; PEq= Peso Equivalente; meq= miliequivalente.

Los micronutrientes se agregaron a la SN en relación de 1 g de Fertilizante Inorgánico Sólido Soluble Fermil® (Tabla 2) por cada litro de solución nutritiva.

Material biológico

Se usaron semillas declaradas de acelga, marca "Vita" de la Distribuidora Rancho Los Molinos S.A. de C.V., las cuales se colocaron en una charola para germinación de plástico rígido con perlita y peat moss (1:1). Fueron regadas con agua de la llave hasta el primer trasplante.

Elemento		Concentración
Magnesio	Mg	9%
Hierro	Fe	0.3%
Zinc	Zn	5.4%
Manganeso	Mn	1.7%
Cobre	Cu	0.1%
Boro	B	1.3%
Molibdeno	Mo	100ppm
Cobalto	Co	20ppm

Datos obtenidos de la etiqueta del producto.

Tabla 2. Micronutrientes presentes en el Fertilizante Inorgánico Sólido Soluble Fermil®.

Cultivo de plantas

A los 20 días después de la siembra (DDS), cuando las plántulas tenían una altura aproximada de 5 cm y 2 hojas verdaderas, se seleccionaron aleatoriamente doce de ellas y se trasplantaron en bolsas agrícolas de plástico color negro calibre 400 de 12 x 8 x 7 cm. El sustrato de los tratamientos evaluados (T1 y T2) consistió en una mezcla, en partes iguales en proporción de peso, de peat moss, agrolita y humus a evaluar 1:1:1. Para el grupo control, se utilizó como sustrato una mezcla 1:1 de peat moss con agrolita. Cada tratamiento y el control consistió en 4 repeticiones.

Se realizó un segundo y definitivo trasplante a los 43 DDS, con el sustrato correspondiente a cada tratamiento, en bolsas agrícolas de plástico color negro calibre 600 de 31 x 18.5 x 15.5 cm, las cuales se colocaron en un cajón de madera de fabricación casera con medidas de 100 x 118 x 57 cm y una cubierta plástica de polietileno agrícola color verde níquel calibre 720 con el propósito de controlar variables externas como lluvia, temperatura, humedad, plagas, etcétera, simulando las condiciones de invernadero.

Periódicamente se realizaron podas de las hojas senescentes y de las que presentaban clorosis, con el fin de evitar enfermedades.

Cosecha

A los 81 DDS se cosecharon las plantas y se registró el número de hojas, longitud, peso fresco de hojas y raíces, y peso

seco de la planta. Para este último parámetro se envolvieron en papel periódico dejando secar al Sol de forma indirecta dentro del invernadero casero por doce días, durante los cuales se registraba el peso hasta que se alcanzó un valor constante en todas las repeticiones.

Análisis estadístico

Se realizó un ANOVA y posteriormente se aplicó la prueba de comparación de medias LSD en los tratamientos con diferencias significativas, el valor de probabilidad usado en el estudio fue 0,05.

Resultados y discusión

En todos los parámetros evaluados, se determinó que existen diferencias significativas en las medias, por lo que se aplicó la prueba LSD a todos los resultados (Tabla 3). Se observa que los tratamientos con humus de lombriz presentan un menor desarrollo vegetativo general en comparación con el grupo control.

Parámetros	Tratamientos		
	C	T1	T2
Altura de planta (cm)	52.25±2.21a	44.25±0.95b	46.75±5.61ab
Longitud de raíz (cm)	23.35±3.57a	19.25±3.3ab	14.5±1.73b
Número de hojas	13.25±2.98a	7.5±0.57b	10.5±1.29ab
Peso fresco de hojas (g)	179.9±10.3a	74±15.52b	130.33±41.99c
Peso seco de hojas (g)	18.62±2.86a	9.85±3.19b	11.55±6.3ab

Tabla 3. Promedios de los diferentes parámetros en cada tratamiento.

Los valores seguidos de letras diferentes en la misma fila muestran diferencia estadísticamente significativa (P<0,05). Los datos corresponden a un promedio de las cuatro repeticiones correspondientes.

El peso fresco (Figura 1), se considera como el criterio más relevante ya que al tratarse de una hortaliza en la que se aprovechan las hojas, tienen mayor importancia comercial.

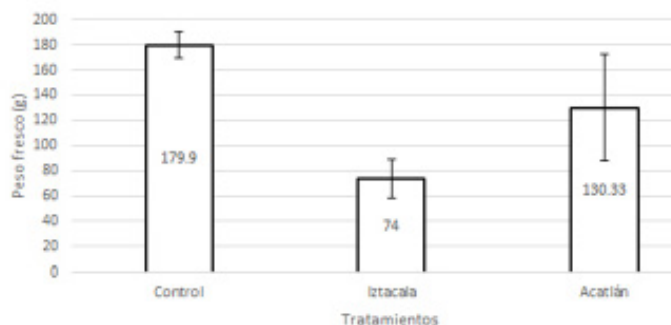


Fig. 1. Peso fresco de hojas en plantas de acelga.

Los resultados coinciden con los obtenidos en el 2007 por Torres y colaboradores en Colombia donde utilizaron un fertilizante químico (NPK 10-30-10), y compost de biosólidos de la PTAR-Cañaveralejo de Cali puro y mezclado con residuos de poda y cachaza. Su producción fue de 2.1, 1.8 y 1.6 kg/m² respectivamente. Sin embargo, difiere de lo reportado por Dlamini y colaboradores (2020), quienes encontraron un mayor rendimiento de acelgas utilizando un tratamiento de 80 T/ha de estiércol de pollo. Ese fue el tratamiento con la mayor concentración de abono, los demás tratamientos fueron de 10, 20 y 40 t/ha. Esto indica que, a mayor cantidad de materia orgánica, el rendimiento aumenta. En caso de haber utilizado diferentes concentraciones de humus en los tratamientos, se esperaría que el rendimiento con abono orgánico sea igual o mayor que el grupo testigo. Además de ser una opción más barata y sostenible servir como biorremediadores de suelos erosionados o contaminados por diversas actividades antropogénicas (Hampton & Sisk, 1997).

De acuerdo con el análisis fisicoquímico del humus que se había realizado con anterioridad en el Laboratorio de Tecnología Ambiental y en el Laboratorio de Edafología de Iztacala respectivamente (Tabla 4), se esperan estos resultados debido a la alta concentración de Nitrógeno en los abonos orgánicos, el cual es el principal macronutriente requerido para el desarrollo vegetativo (Azcón-Bieto & Talón, 2013).

Prueba	Iztacala	Acatlán
Nitrógeno total (%)	1.35	3
M. O. (%)	26	58
Relación C/N	13.40	11.2
Humedad (%)	-	54
pH	7.8	5.23
C.E. (dS/m)	sn	5.4
Densidad Aparente (g/mL)	0.7	0.48
Materiales Adicionados	Ausente	Ausente

Tabla 4. Análisis fisicoquímico de humus.

Conclusiones

La solución nutritiva empleada en hidroponía tiene un mejor rendimiento que los abonos orgánicos utilizados.

Entre los tratamientos, el humus derivado de los biosólidos de la PTAR de la FES Acatlán muestra un mayor rendimiento en el cultivo de acelgas, debido, posiblemente, a la mayor concentración de Nitrógeno en su materia prima, en comparación con el humus de la FES Iztacala. A pesar de su potencial como fertilizantes, se requiere completar la caracterización química de los humus de lombriz evaluados para definir la dosis que permita obtener un rendimiento de cultivo similar al del grupo control (SN).

Agradecimientos

A la Ing. Rubi Pérez del Departamento de Tecnología Ambiental en la Unidad de Investigación Multidisciplinaria (UIM) de la FES Acatlán y a los profesores Biol. Carlos Palacios y M. en C. Alfonso Reyes, encargados del Programa de Manejo Integral de Residuos Iztacala (PROMIR) quienes producen humus de lombriz en las respectivas Facultades y promueven la investigación con este abono orgánico.

Referencias

- AZCON-BIETO, J.; Talón M. (2013). Fundamentos de Fisiología Vegetal. 2da edición. McGraw Hill Education. Madrid, España.
- BOLIVAR, S. R.; Del Castillo, C.; Murillo, W.; Vicente, J. J.; Chilon, E.; Miranda, R.; Orsag, V. (2017). Evaluación del efecto de mulch en tres variedades de acelga (*Beta vulgaris* var. *cicla*) La Paz, Bolivia. *Apathipi*, 3(3): 702-712.
- CÁECERES, T. L. (2020). Agricultura urbana como alternativa para la soberanía y seguridad alimentaria y nutricional de agricultores urbanos, caso Bogotá Colombia y Aracaju Brasil. Tesis de maestría. Facultad de Medicina. Universidad Nacional de Colombia. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/78143/80037487.2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- DLAMINI, C.; Masarirambi, M. T.; Wahome, P. K.; Oseni. T. O. (2020). The Effects of Chicken Manure Application Rates on Growth and Yield of Swiss Chard (*Beta vulgaris* var. *cicla* L.). *Asian Journal of Advances in Agricultural Research*. 12(4): 12-19. Mansoura, Egypt
- FAO. (2002). Hortalizas y Frutas. Nutrición humana en el mundo en desarrollo.
- FAO. (2014). Ciudades más Verdes En América Latina y el Caribe. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i3696s.pdf>
- FAO. (2019). Agricultura urbana. Disponible en: <http://www.fao.org/urban-agriculture/es/>
- GÓMEZ-BRANDÓN, M.; Lazcano, C.; Lores, M.; Domínguez, J. (2010). Papel de las lombrices de tierra en la degradación del bagazo de uva: efectos sobre las características químicas y la microflora en las primeras etapas del proceso. *Acta Zoológica Mexicana* 2 (Núm. Especial): 397-408.
- HAMPTON, M. L.; Sisk, W. E. (1997). Cost and design for application of composting and bioslurry treatment of explosives-contaminated soils. Tri-Service Environmental Technology Workshop. Missouri USA.
- HERRERA, A. (2009). Impacto de la agricultura urbana en Cuba. *Revista especializada en Temas de Población*.
- HYDROENVIRONMENT. (2020). Guía para el cultivo de acelga hidropónica. Abril 16, 2020, de COMERCIALIZADORA HYDRO ENVIRONMENT S.A. DE C.V. Disponible en: https://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=55&gclid=CjwKCAjwydP5BRBRE-iwA-qrCGkTz6BNXYB1wt1hSMFIKUHDpaN5WvTSFsrWzKc6A-GIKyXI4OQbvRoCZBIQAvD_BwE
- INEGI. (2019). Encuesta Nacional Agropecuaria. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/temas/agricultura/>
- LEY de Huertos Urbanos en la Ciudad de México. (2016). *Gaceta Oficial del Distrito Federal*. Disponible en: <http://aldf.gob.mx/archivo-2f67938c69ef3a4c7270705a3522b187.pdf>
- Pierce, L. C. (1987). *Vegetables: Characteristics, production and marketing*. John Wileyand Sons. New York, USA.
- Pinamonti, F.; Zorzi, G. (1996). Experiences of compost use in agriculture and in land reclamation projects. *The Science of Composting Part 1*. Blackie, Glasgow, pp 517-527.
- Roderigues, M. S.; Lopez-Real, J. M.; Lee, H. C. (1996) Use of Composted societal organic wastes for sustainable crop production. *The Science of Composting Part 1*. Blackie, Glasgow, pp 447-456.
- Soto, M. G. (2003). *Abonos orgánicos: definiciones y procesos. Abonos orgánicos: principios, aplicaciones e impactos en la agricultura*. Ed Meléndez, G. San José, Costa Rica, 20-49.
- Torres, P.; Silva, J.; Escobar, J. C. (2007). Aplicación agrícola de lodos completados de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales. *Livestock Research for Rural Development*. 19(12): Cali, Colombia.

USO DE OPERACIONES FÍSICO-MECÁNICAS EN EL APROVECHAMIENTO INTEGRAL DE MELÓN



José Eduardo Martínez Mora, Xavier Sebastián Vilchis Fonseca, Alma Adela Lira Vargas^{1*}

¹Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Campo 1, Laboratorio Experimental Multidisciplinario II, Universidad Nacional Autónoma de México, eduardomora@comunidad.unam.mx, adelavargas9@gmail.com

*Autor de correspondencia



Resumen

México es uno de los principales productores y exportadores de melón, siendo un alimento rico en carbohidratos. Su cáscara y semilla no son tóxicas que podrían ser utilizadas en el desarrollo de productos. El objetivo de este proyecto fue encontrar condiciones de filtración para obtener jugo de melón, condiciones de molienda para obtener polvos de cáscara y semilla de melón y condiciones de extrusión para la obtención de botana extruida de maíz adicionada con polvos de cáscara y semilla de melón. En filtración se utilizó un filtro prensa de placas y marcos, donde se varió el área de filtración (2 y 3 placas y marcos) y presión (0.5 Kgf/cm² y 1 Kgf/cm²), en molienda se utilizó un molino de cuchillas giratorias variando la velocidad de alimentación (6g/min y 12g/min) y tipo de material (semillas y cáscara) y en extrusión se utilizó un extrusor monotornillo donde se varió el número de álabes del tornillo (9 y 11) y la formulación (A: 90% harina de maíz y 10% cáscara, y B: 90% harina de maíz y 10% semilla). Como resultados se obtuvo que en la filtración de jugo de melón se obtuvo que con una presión de 1 Kgf/cm² y 3 marcos, proporcionó la mejor velocidad de filtración y características deseadas, en la molienda encontrando que con una velocidad de alimentación baja se obtuvo un polvo fino de cáscara con una eficiencia de aproximadamente 85%; y en la extrusión se seleccionó 11 álabes y la formulación B por su aceptación y características presentadas.

Palabras clave: Filtración, Molienda, Extrusión, Cucumis melo

Antecedentes

El melón (*cucumis melo*) es un pepónide, carnosos, unilocular de forma oval o esférica, la corteza suele ser blanca, amarilla, verdosa o anaranjada, la pulpa puede tener color asalmonado o verde, la piel puede ser lisa o rugosa y la pulpa es de color anaranjado en algunas variedades y verde claro en otras, la semilla es fusiforme, achatada y blanca-anaranjada (Ferrucci, 1997; Rothman, 2011).

Es un fruto ampliamente distribuido a lo largo del globo terráqueo, siendo la séptima hortaliza más sembrada y poseyendo numerosas especies en las distintas regiones de cultivo. A partir de este es posible obtener, además, numerosos productos alimenticios como son la pulpa neta, melón deshidratado, melón en conserva, pepitas, refresco de melón, mermelada, entre otras cosas (Rothman, 2011).

Las principales regiones productoras de melón en México son Michoacán, Sonora, Jalisco, Colima, Durango y Coahuila (ASERCA, 2019).

Diversas investigaciones han demostrado que la cáscara y la semilla del melón que representan entre el 10% y el 20% de la masa de la fruta no son tóxicas y poseen además cantidades importantes de fibra y lípidos y proteínas respectivamente, abriendo la posibilidad de usarse como aditivos nutrimentales en polvo para la elaboración de otros productos alimenticios (CONABIO, 2019).

Antecedentes

El melón (*cucumis melo*) es un pepónide, carnoso, unilocular de forma oval o esférica, la corteza suele ser blanca, amarilla, verdosa o anaranjada, la pulpa puede tener color asalmonado o verde, la piel puede ser lisa o rugosa y la pulpa es de color anaranjado en algunas variedades y verde claro en otras, la semilla es fusiforme, achatada y blanca-anaranjada (Ferrucci, 1997; Rothman, 2011).

Es un fruto ampliamente distribuido a lo largo del globo terráqueo, siendo la séptima hortaliza más sembrada y poseyendo numerosas especies en las distintas regiones de cultivo. A partir de este es posible obtener, además, numerosos productos alimenticios como son la pulpa neta, melón deshidratado, melón en conserva, pepitas, refresco de melón, mermelada, entre otras cosas (Rothman, 2011).

Las principales regiones productoras de melón en México son Michoacán, Sonora, Jalisco, Colima, Durango y Coahuila (ASERCA, 2019).

Diversas investigaciones han demostrado que la cáscara y la semilla del melón que representan entre el 10% y el 20% de la masa de la fruta no son tóxicas y poseen además cantidades importantes de fibra y lípidos y proteínas respectivamente, abriendo la posibilidad de usarse como aditivos nutrimentales en polvo para la elaboración de otros productos alimenticios (CONABIO, 2019).

La gestión de los residuos alimenticios se ha centrado en la eliminación a través de tiradores, rellenos sanitarios e incineradores, generando graves impactos ambientales. Estas formas de disposición de la basura ocasionan contaminación ambiental (Cárdenas, 2017).

Hoy en día se han presentado numerosos movimientos y protestas en contra de la sobreproducción de basura y protección del medio ambiente exigiendo la búsqueda de métodos alternativos de desecho o aprovechamiento de residuos; apoyado en dicha ideología, la constante innovación de productos alimenticios y como una propuesta de acción de ahorro monetario a nivel empresarial (Cárdenas, 2017).

Por otro lado, al pensar en botanas para reuniones, automáticamente creamos en la mente la imagen de las irresistibles frituras comerciales; sin embargo, existen en la actualidad también se buscan desarrollar botanas saludables opciones igualmente deliciosas, pero con la ventaja de que aportan menos sal, bajo en grasa saturadas y transgénicas, que aporte una buena cantidad de fibra, minerales y vitaminas y que tenga bajo contenido de calorías.

Objetivo(s)

El objetivo de este proyecto fue encontrar condiciones de filtración para obtener jugo de melón, condiciones de molienda para obtener polvos de cáscara y semilla de melón y condiciones de extrusión para la obtención de botana extruida de maíz adicionada con polvos de cascara y semilla de melón.

Parte experimental

Material vegetal: Los melones utilizados estaban en un estado de madurez fisiológica madura, con una concentración de sólidos insolubles de 8-10°Brix. Los frutos fueron lavados, luego se pelaron y descorazonaron en condiciones asépticas. La pulpa se congeló hasta su uso, la cáscara se cortó en pequeños cubos (1x1cm) y se deshidrato a 70°C por 10 horas, la semilla se lavó retirando toda la pulpa que se le adhería y también se deshidrato a las mismas condiciones.

Filtración: Pruebas de filtrabilidad: Se preparó una suspensión de melón a una concentración del 6% (75 g de pulpa de melón con 25 g de agua). Se realizaron pruebas de dosificación (1:0.25, 1:0.5, 1:0.75) colocando 3, 1.5 y 4.5g de tierras de diatomeas. También se realizaron pruebas de precapa considerando la recomendación de utilizar 6 kg de ayudafiltro por cada 10 m² para generar una precapa de 1/16, y considerando un área de 6.082E-3 m² se utilizó 3.6, 4.8 y 7.2g de ayudafiltro para general precapas de 1/16, 1/12 y 1/8 respectivamente.

Filtración en filtro prensa: Nuevamente se preparó una suspensión al 6% con la adición de tierras diatomeas como ayuda filtro en una relación 1:0.5. Se midió la velocidad de filtración midiendo el tiempo de filtración con un cronómetro cada 100mL de volumen filtrado. Al filtrado se le determinó sólidos solubles con un refractómetro digital reportando los resultados en °Brix, viscosidad por el método de Ostwald expresando resultados en Pa*s y turbidez con turbidímetro (Hanna instruments) mostrando resultados en Unidades Nefelométricas.

Molienda: La cáscara de melón fue pre molienda con un mazo hasta pasar por el tamiz #8 (2.38mm), luego tanto la cáscara como las semillas fueron molidas en un molino de cuchillas (Thomson-WILLE) por separado, controlando la velocidad de alimentación (6 y 12g/min) con un dosificador de fabricación propia (10g/min), midiendo la intensidad de corriente con un multímetro para después calcular la potencia consumida durante la molienda, también se determinó el rendimiento de molienda con una balanza analítica, al finalizar se realizó el tamizado para el análisis granulométrico y obtener el gráfico de distribución de tamaños y ver la homogeneidad de las partículas.

Extrusión: Se llevó a cabo un preacondicionamiento de la muestra con 40% de agua en cada formulación (A: 90%

harina de maíz y 10% cáscara, y B: 90% harina de maíz y 10 % semilla), se pasó al extrusor teniendo una residencia de 45 segundos por corrida y se hornean los churritos a 180°C en un horno. Se midió la humedad de la botana en una termobalanza digital, textura (dureza, fracturabilidad) en texturómetro Brookfield, porosidad con probetas y un análisis sensorial con una escala hedónica de 7 puntos (1: me disgusta mucho, 2: me disgusta poco, 3: me disgusta, 4; ni me gusta, ni me disgusta, 5: me gusta poco, 6: me gusta mucho, 7: me gusta muchísimo), evaluando apariencia, aroma, sabor, textura y aceptabilidad.

Análisis estadístico: En todas las operaciones se utilizó un diseño factorial 2², cada condición de cada una de las operaciones se realizó por triplicado, se obtuvo ANOVA y se realizaron pruebas de rango múltiple Tukey con programa MINITAB.

Resultados y discusión

Filtración

Pruebas de filtrabilidad: Las pruebas de filtrabilidad se realizan con la finalidad de encontrar la forma y cantidad de ayudafiltro utilizado en la filtración, en el presente trabajo se compararon tanto la dosificación como la precapa para elegir la mejor condición para posteriormente utilizar esa condición en el filtro prensa. En la figura 1 se puede observar que cuando el ayudafiltro se aplica como precapa, la precapa de 1/8 genero 55 y 65% mayor velocidad de filtración en comparación con una precapa de 1/12 y 1/16 respectivamente.

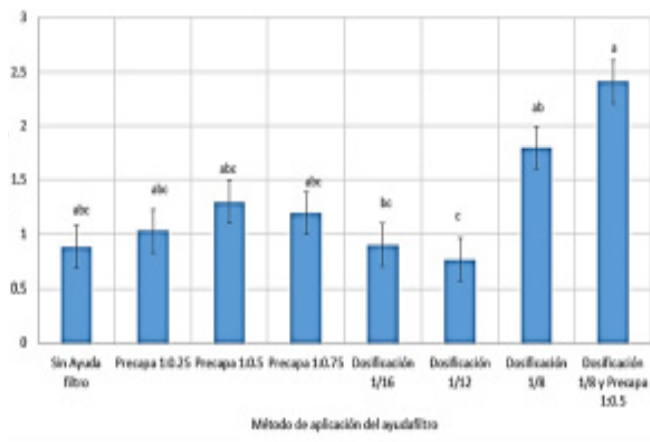


Fig. 1. Velocidad de flujo en dosificación y precapa para la filtración de jugo de melón al 6%.

Cuando el ayudafiltro se colocó en dosificación, la relación de 1:0.5 muestra 13.5% y 6.3 mayor velocidad que una relación 1:0.25 y 1:0.75 respectivamente. También en la figura 1 se observa que al combinar las mejores condiciones de las dos formas de aplicación la velocidad de flujo incrementa un 25% en comparación con precapa 1/8 y un 50% con dosificación 1:0.5.

Sin embargo, en la figura 2 se muestra la imagen visual de la suspensión de melón al 6% sometida a los diversos tratamientos, mostrando que cuando es sometida a tratamientos de precapa indistintamente del espesor la suspensión se clarifica dejando una vista no muy agradable, ya que se pierde el color característico del melón, mientras que la dosificación mantiene el color, por lo que se decidió utilizar una dosificación en una relación 1:0.5 para aumentar la velocidad de flujo sin afectar la apariencia visual del jugo de melón.

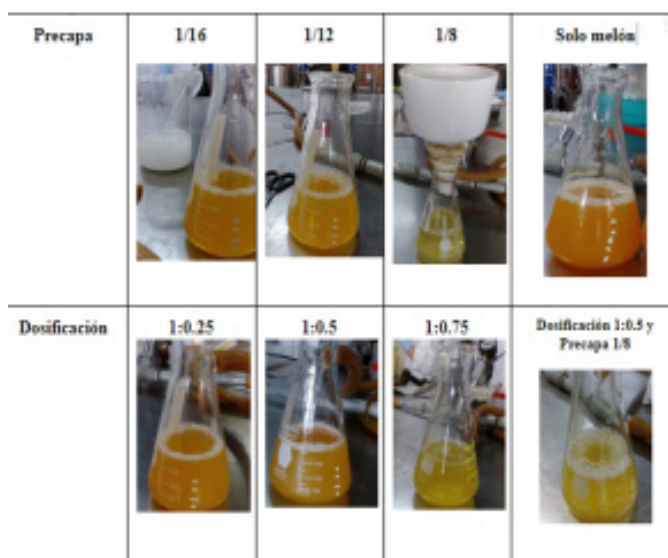


Fig. 2. Imagen visual de pruebas de filtrabilidad (dosificación y precapa) en suspensión de jugo de melón al 6%.

Velocidad de filtración: En la figura 3 se puede observar que con un número de marcos menor, la velocidad de filtración fue menor. Al momento de realizar la filtración, el producto líquido obtenido iba disminuyendo conforme transcurría el tiempo debido a la formación de la torta de pulpa de melón, obstruyendo el paso del filtrado. Por lo que, con el uso de 2 marcos se obtuvo 75% menos cantidad de volumen de filtrado que con el uso de 3 marcos. La torta va creciendo a medida que se filtra, y se disminuye el caudal de filtrado, si aumenta la concentración de sólidos, llega un momento en que las partículas o agregados están en contacto continuo, y se produce el fenómeno de sedimentación por “compresión”, por una parte, los agregados o flóculos pierden su identidad y se forma una matriz de sólidos, liberando parte del líquido del interior; por otra parte, la velocidad de compresión de los sólidos, dentro de la matriz, se debe al peso

menos el empuje hidrostático que ejercen los sólidos de las capas superiores, restando la fuerza de fricción del fluido que circula hacia arriba. Dentro de la matriz de sólidos, se forman canales por donde se recoge el agua del entorno para circular hacia arriba (Salcedo, 2011).

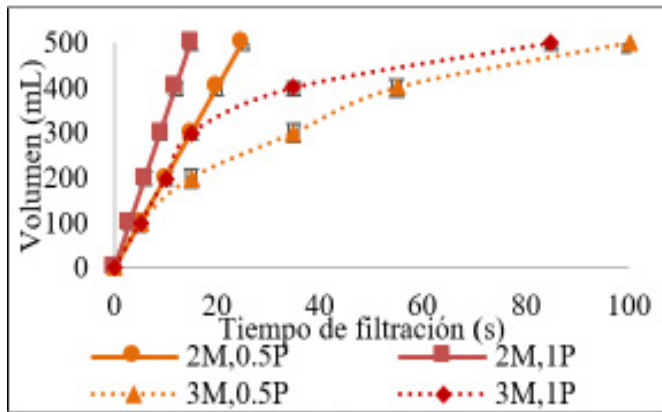


Fig. 3. Velocidad de flujo en la filtración de jugo de melón. M: marcos utilizados en el área de filtración, P: presión utilizada en el proceso de filtración.

Por otro lado, al aumentar la presión de 0.5 a 1 Kg/cm² también se aumenta la velocidad de filtrado aproximadamente en un 50% más, tanto la presión como el área de filtración juegan un papel importante en la filtración, provocando que el filtrado pase fácilmente por las resistencias que existen en el filtro.

Parámetros fisicoquímicos de jugo de melón filtrado: Como se puede observar en la tabla 1, los parámetros fisicoquímicos no se vieron afectados por el número de marcos utilizados, ya que en ninguno de los parámetros ocasionó diferencia significativa ($P \geq 0.05$), sin embargo, el cambio de presión ocasionó diferencia significativa ($P \leq 0.05$) en la turbidez, teniendo 23.5% mayor turbidez con una presión de 0.5 Kg/cm² que de 1 Kg/cm².

Número de marcos	Presión (kgf/cm ²)	Viscosidad (Pa*s)	Sólidos solubles totales (°Brix)	Turbidez (NTU)
2	0.5	1.06±0.09 a,a	2.9±0.016 a,a	492.3±34 a,b
	1	1.08±0.08 a,a	2.8±0.14 a,a	379.3±29 a,a
3	0.5	1.03±0.1 a,a	3.1±0.18 a,a	482±28 a,b
	1	0.99±0.09 a,a	3.1±0.24 a,a	341.2±41 a,a

Tabla 1. Parámetros fisicoquímicos de jugo de melón filtrado a diferentes áreas de filtración y diferentes presiones.

± indica la desviación estándar de 3 réplicas. Las letras en cada columna indican diferencia significativa ($P \leq 0.05$), la 1ra letra es por el marco y la 2da letra por la presión.

Molienda

Potencia y Rendimiento: En la tabla 2, se observa que la potencia de molienda aumenta cuando se incrementa la velocidad de alimentación, teniendo 15.6% mayor potencia cuando se muele a 6g/min que cuando se muele a 12g/min ocasionando diferencia significativa ($P \leq 0.05$), el tipo de material a moler también ocasionó diferencia significativa ($P \leq 0.05$) en la potencia, siendo la semilla la que generara 23.9% mayor potencia comparada con la cáscara de melón. La semilla tuvo una mayor potencia debido a que la cáscara de la semilla era dura y el contenido oleico hizo que se adhiere a las paredes y cuchillas del molino ocasionando que el molino tenga que entregar más potencia para reducirlo de tamaño.

El rendimiento no mostró diferencia ($P \geq 0.05$) por la velocidad de alimentación, pero si por el tipo de material. Los mayores rendimientos se encuentran en la cáscara de melón, que es un material fibroso. Es posible comprobar que, a mayor velocidad de alimentación, aumenta la eficiencia de la molienda, esto quiere decir que la energía dentro del molino si está siendo aprovechada correctamente para la molienda.

Velocidad de alimentación (g/min)	Tipo de material	Potencia (W)	Rendimiento (%)
6	Cáscara	858.74±53 a,a	84.30±8.3 a,b
	Semilla	874.4±74 a,b	5.38±0.52 a,a
12	Cáscara	891.2±34 b,a	89.15±10.4 a,b
	Semilla	914.3±21 b,b	3.07±0.26 a,a

Tabla 2. Potencia y rendimiento de la molienda de cáscara y semilla de melón a diferentes velocidades de alimentación.

± indica la desviación estándar de 3 réplicas. Las letras en cada columna indican diferencia significativa ($P \leq 0.05$), la 1ra letra es por el marco y la 2da letra por la presión.

En la figura 4, se puede observar que al estar moliendo la semilla esta no salía de la parte inferior del molino, pensando que había algún problema con el equipo y cuando la compuerta del equipo se abrió se mostró que toda la semilla molida había quedado en las paredes de las cuchillas, lo cual se debió al gran contenido de grasa que presentaron las semillas.



Fig. 4. Imagen visual de la molienda de semilla en molino de cuchillas.

Homogeneidad: Con las curvas diferenciales (Figura 5) podemos interpretar que se trata de una molienda con tendencia a los finos. En la velocidad de 12g/min de la cáscara de melón es más homogénea con respecto a la velocidad de 6g/min, al colocar la criba de 1mm estamos forzando al material a permanecer en la zona de acción hasta que alcance el tamaño que se necesita. El molino de cuchillas es el más adecuado para reducir el tamaño de partícula porque como la cáscara es más fibrosa, la cizalla es necesaria para llevar a cabo este proceso. Se observa un punto de caída en los casos de cáscara de melón, esto debido a que presentaba distintos tamaños de partícula pues esto se debe a la composición química de la cáscara ya que es muy alta en fibra.

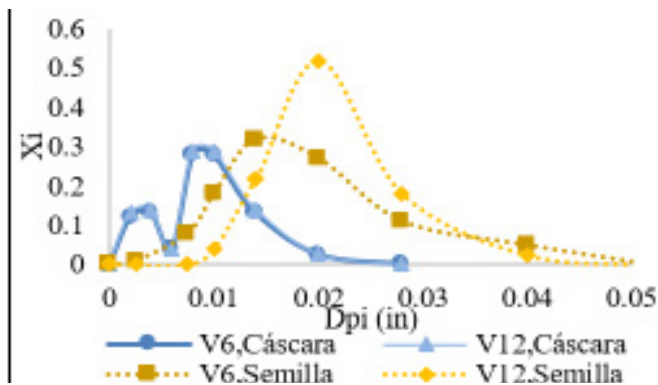


Fig. 5. Homogeneidad de polvos de cáscara y semilla de melón molidos a diferentes velocidades de alimentación. V: velocidad alimentación.

Extrusión

Parámetros de calidad: En la tabla 3, se observa que la mayor humedad se encuentra en la cáscara debido a que la cáscara contiene la fibra, que es celulosa, la cual absorbe el agua por contener grupos hidroxilo capaces de formar puentes de

hidrógeno con la cáscara (DFQ, 2019) y por consecuencia se contuvo más el agua en la cáscara, el número de álabes de 11 ayudó a un mejor amasado y retención de agua que con 9 álabes, la semilla no retiene mucha agua debido a que los lípidos no son solubles en medio acuoso pero por la harina de maíz contuvo un 2.5% de humedad. La mayor dureza se encuentra en los churros que contiene cáscara de melón debido a que la fibra contribuye a aumentar este parámetro, la semilla por otra parte, causa de su contenido y propiedades lipídicas hace que el churro tenga menos dureza y por consecuencia sea más friable que las formulaciones con cáscara de melón. Con respecto al número de rupturas de los churros, mostrando que la semilla de melón tiene mayores líneas de debilidad debido a la grasa de la semilla provocando que su dureza sea menor y su friabilidad aumente, pero la cáscara tiene menor número de fracturas debido a la fibra ocasionando que sea más duro y menos friable. Por último, se observó que los valores de porosidad son cercanos a 0 debido a que durante el amasado no se introdujo suficiente aire a la masa, eso provocó que no se contuviera burbujas dentro del churrito.

Número de álabes	Formulación	Dureza (g)	Porosidad	Humedad (%)	Fractura (g)
9	A	3040.9±125 b,b	0.4±0.03 b,a	2.62±0.13 a,a	2775.5±203 a,b
	B	1813.2±105 b,a	0.5±0.015 b,b	2.46±0.18 a,a	1779.6±128 a,a
11	A	2344.6±131 a,b	0.2±0.022 a,a	2.58±0.21 a,a	2343.8±195 a,b
	B	987.4±88 a,a	0.3±0.011 a,b	2.36±0.15 a,a	1861.8±75 a,a

Tabla 3. Parámetros de calidad de la botana de melón.

A: 90% harina de maíz y 10% cáscara, y B: 90% harina de maíz y 10% semilla. ± indica la desviación estándar de 3 réplicas. Las letras en cada columna indican diferencia significativa ($P \leq 0.05$), la 1ra letra es por el marco y la 2da letra por la presión.

Evaluación sensorial: Los datos obtenidos de la evaluación sensorial se compararon empleando un diagrama radial (Figura 6) donde es posible observar que el producto extruido con mayor aceptación en todos los puntos fue la botana de maíz comercial. Dentro de los productos que conciernen a la investigación, es decir, contienen una fracción de melón adicionada es posible observar que las formulaciones que incluyen cáscara de melón tuvieron las calificaciones más bajas. Estos tenían un tono verdoso que redujo significativamente su aceptación, añadiendo además el sabor ligeramente amargo que tampoco fue bien recibido por el público. La formulación adicionada con semilla de melón y extruida con 11 álabes mostró características superiores al resto de formulaciones con una fracción añadida de melón y cercanas a las obtenidas con la formulación de maíz comer-

cial. La superioridad mostrada por dicha formulación está dada principalmente por el amasado dentro del extrusor, permitiendo la poca inserción de aire dentro de la botana resultando en mayor dureza y menor friabilidad y la liberación de tocoferoles, responsables de dar olor al producto y evitar su enranciamiento.

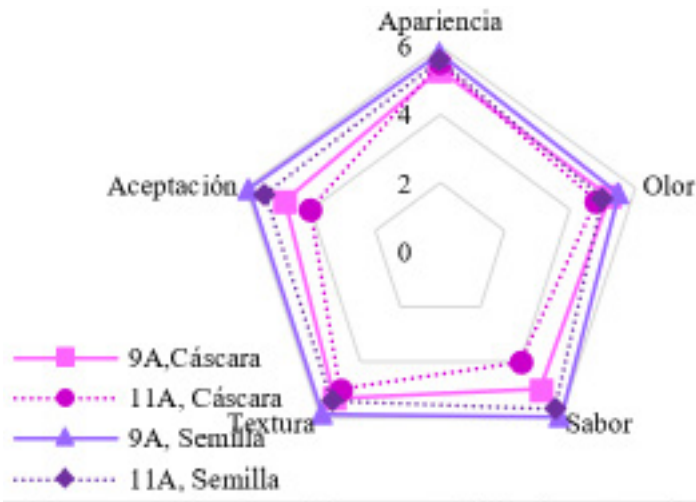


Fig. 6. Evaluación sensorial de botanas de maíz adicionadas con cáscara o semilla de melón y procesadas con diferente número de alabes. A: Alabes utilizados en extrusor.

Conclusiones

La filtración de jugo de melón se obtuvo que con una P=1 Kg/cm² y 3 marcos, proporcionó la mejor velocidad de filtración y características deseadas, en la molienda encontrando que con una velocidad de alimentación baja se obtuvo un polvo fino de cáscara con una eficiencia de aproximadamente 85% y en la extrusión se seleccionó 11 álabes y la formulación de 90% harina de maíz y 10% semilla por su aceptación y características presentadas.

Referencias

ASERCA, (2019). El melón mexicano; ejemplo de tecnología aplicada. México.

BELTRÁN Rico Maribel y Marcilla Gomis Antonio. (2012). Tecnología de polímeros, procesamiento y propiedades. Editorial UNE. España.

BRENAN J.G. (1998). Las operaciones de la ingeniería de los alimentos. Editorial Acriba. España. 2da Edición.

CÁRDENAS, (2017). Cuantificación y evaluación de los antioxidantes presentes en la semilla de melón mexicano residual. UNAM. México.

CASTRO, B. Procesamiento de jugos de frutas por membranas semipermeables. Departamento de Operaciones Unitarias en Ingeniería Química e Ingeniería de Alimentos, Instituto de Ingeniería Química. Facultad de Ingeniería-Universidad de la República. Uruguay.

COLINA M.L. (2019). Reducción de tamaño de sólidos. Disponible en: http://sgpwe.izt.uam.mx/files/users/uami/mlci/red_tam_solidos_intro.pdf

COMBARIZA Vargas Angélica y Sánchez Tamayo David, (2006). Estudio de la obtención de un alimento a partir de cultivos bioforcados. Universidad del Valle, Escuela de ingeniería química, Colombia.

CONABIO, (2019). Melón. Sistema de Información de Organismos Vivos Modificados. México

COSTA López J. (1983). Curso de ingeniería química. Editorial Reverte. España.

COSTA López J. (2004). Curso de ingeniería química. Editorial Reverte. España.

DEPARTAMENTO de Físicoquímica. (2019) Fibra o fibra dietética. UNAM. Disponible en: http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/Seminario-Fibrasoluble_25187.pdf

FACULTAD de Química. (2019) Procesos de separación: prácticas de laboratorio. UNAM. Disponible en: <http://depa.fquim.unam.mx/procesos/PDF/ProcesosI.pdf>

FELLOWS. (1994). Tecnología del procesamiento de los alimentos: principios y práctica. Editorial Acriba. España

GUTIÉRREZ Cortes Elsa. (2019). Filtración. UNAM. México. Disponible en: <https://es.slideshare.net/FanychanCosplayer/filtracin-58229432>

GUTIÉRREZ Cortes Elsa. (2019). Reducción de tamaño. UNAM. México. Disponible en: <https://es.slideshare.net/FanychanCosplayer/reduccion-de-tamao>

HARPER Judson. Extrusion processing of food. En: Food Technology. Vol 32, no. 7 (julio, 1978)

HERNÁNDEZ, E. (2005). Evaluación sensorial. UNAD. Colombia

IBARZ, A., Barbosa, C. V. (2011) Operaciones unitarias en la Ingeniería de alimentos. Mundi-Prensa: Madrid.

MARDONES, L. (2019). Laboratorio: Medida de viscosidad. Universidad Tecnológica Nacional. Argentina

MEDENI Maskan y Altan Aylin. (2012). Advances in food extrusion technology. Editorial Taylor & Francis. London. 2da Edición.

NMX-F-103-1982. Alimentos, frutas y derivados: determinación de Grados Brix.

ORDÓÑEZ, G. (1996). Filtración gruesa o filtración en gravas una alternativa de pretratamiento.

PÉREZ, C.C. (2004). Estudio de la permeabilidad del aire de tejidos (Existentes en el mercado europeo) destinados a filtración y medición del tamaño del poro medio equivalente, mediante un equipo desarrollado en la cátedra de diseño, análisis de tejidos objeto de patente de innovación (Tesis de maestría). Instituto Politécnico Nacional. México.

RIAZ, M. (2000). Extruders in food applications. Taylor & Francis Group. Estados Unidos

RIGOLA, L. M. (1990). Tratamiento de aguas industriales: aguas de proceso y residuales. Marcocombo: España.

SALCEDO, M. (2011). Mecánica de fluidos: Operaciones de separación sólido-fluido. Universidad de Alicante. California.

VOLLRATH, H. (2005). Fundamentos de tecnología química. Editorial Reverte: España

WEBER, W. (2003). Control de la calidad del agua. Procesos. Editorial Reverte.

INFLUENCIA DE DISTINTOS ESPECTROS DE LUZ LED SOBRE LA GERMINACIÓN DE DIFERENTES CULTIVARES DE LECHUGA



Cristian Andrés Hernández Adasme,¹ Víctor Hugo Escalona Contreras,^{*2} Herman Patricio Silva Ascencio³

¹ Centro de Estudios de Postcosecha (CEPOC), Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile, criherna@ug.uchile.cl

² Centro de Estudios de Postcosecha (CEPOC), Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile, vescalona@uchile.cl

³ Laboratorio de Genómica Funcional y Bioinformática, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. hesilva@uchile.cl



Resumen

La luz es un factor relevante en la producción de hortalizas provocando respuestas que pueden favorecer las características agronómicas y la producción cuando esta condición es adecuada. A nivel germinativo se ha observado diferencias con el uso de diferentes espectros de luz en diferentes especies de hortalizas. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de diferentes espectros de luz (azul, roja, blanca, mixta (azul/rojo/verde)) más una condición de oscuridad (control) sobre cuatro cultivares de lechuga (Lavinia, Levistro, Maira y Carmolí) en condiciones controladas de temperatura (20 °C) con una intensidad de 55 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ y un fotoperiodo de 12 horas de luz. Los cultivares Lavinia y Maira mostraron un mayor porcentaje de germinación y el mayor número de semillas germinadas por día bajo la luz blanca mientras que los cultivares Levistro y Carmolí lo hicieron bajo la luz azul y mixta. Los resultados indican que la respuesta es específica del cultivar.

Palabras clave: Luz, LED, longitud de onda, semilla, Lactuca sativa.

Antecedentes

El desarrollo de cualquier vegetal de reproducción sexual se basa en la semilla. Según Megías et al. (2018) la semilla se origina en la flor y está formada por el embrión y por tejido nutritivo, pudiendo estar rodeada por tejidos carnosos o no, que forman conjuntamente el fruto. La germinación, que es el desarrollo del embrión, dará lugar a una nueva planta. Según Merai et al. (2018) la germinación de las semillas es crucial para las plantas de reproducción sexual, siendo para Patel et al. (2017) un importante proceso fisiológico en el ciclo de vida de las plantas y que lo define como “el fenómeno donde la semilla brota para crecer y desarrollarse en una planta”. En el proceso de germinación, la semilla se convierte en una plántula, a partir de un embrión que crece en una nueva planta. Es un proceso que está coordinado por señales internas y externas, lo que refleja adaptaciones de los vegetales a diferentes hábitats (Merai et al., 2018). Patel et al. (2017) señalan que los factores internos incluyen la vitalidad de la semilla, el genotipo, la maduración de la semilla y la latencia de la semilla. Mientras que los factores externos incluyen agua, temperatura, oxígeno, dióxido de carbono y luz. La luz y la temperatura son factores claves tanto para la germinación como para el crecimiento de las plantas (Paniagua et al., 2016). Según Yamaguchi y Kamiya (2002) la luz es una señal ambiental crucial que determina la

germinación de las semillas en algunas especies. Estudios fisiológicos y moleculares con lechuga y *Arabidopsis thaliana* han documentado un requisito estricto para que la luz inicie la germinación e identificándose muchos receptores, cascadas de señalización y elementos de control hormonal (Merai et al., 2018). Es así que el fitocromo, el fotorreceptor de luz roja y roja lejana, regula la biosíntesis de giberelina uno de los factores gatilladores de la germinación en semillas de lechuga y *Arabidopsis* (Yamaguchi y Kamiya, 2002). Se ha reportado que las respuestas fisiológicas producidas por la exposición a distintas longitudes de onda de luz LED de alta intensidad varían de acuerdo con el tiempo de exposición y tipo de longitud de onda usado en diversas especies como brócoli (Paniagua et al., 2015) y chile serrano (Moreno-Jiménez et al., 2017), siendo la iluminación de estado sólido basado en diodos emisores de luz (LEDs) uno de los métodos físicos más estudiados actualmente en la horticultura (Moreno et al., 2017). Sanoubar et al. (2018) señalan que la luz LED en comparación con las lámparas fluorescentes tradicionales podría ser una fuente alternativa de iluminación, especialmente en la etapa de germinación de las semillas, ya que son más eficientes que las lámparas fluorescentes para estimular la germinación de las semillas y el crecimiento de los brotes de nueve especies aromáticas. Neff et al. (2009) por su parte demostraron que hay diferencias en la germinación de 14 variedades de lechuga tipo Grand Rapids tratadas con oscuridad, 5 minutos de luz LED roja, 5 minutos de luz LED roja lejana o 5 minutos de luz LED roja seguido de 5 minutos de luz LED roja lejana, indicando que la germinación puede ser o no regulada por la luz, dependiendo de la variedad. Dichos resultados concuerdan con los de Paniagua et al. (2013) quienes observaron diferencias en tres variedades de lechuga sometidas a distintos tratamientos de luz (roja, azul y verde) más el control (luz blanca) en tres tiempos de exposición y con un fotoperiodo de 12 h de luz. Paniagua et al. (2016) encontraron semillas de lechuga cv. Banchu Red Fire tratadas con luz LED roja y verde (fotoperiodo 12 horas luz) con una frecuencia de pulso de 50 Hz presentaron la más alta germinación (73 %) con respecto al resto de los tratamientos y el control, sin diferenciarse significativamente de este último. Sin embargo en ají (*Capsicum annum* L.), Moreno-Jiménez et al. (2017) encontraron que los tratamientos con luz LED utilizados no promueven un mayor porcentaje de germinación en comparación con el control (luz fluorescente 100 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$). Por tanto las diferentes respuestas a la luz depende, entonces, de la especie, el cultivar e incluso del estado fenológico, por lo que, los estudios deben ser específicos.

Objetivo

El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de diferentes espectros de luz LED sobre el proceso germinativo de cuatro cultivares de lechuga en condiciones controladas de temperatura.

Parte experimental

Ubicación

El ensayo se llevó a cabo en una cámara ubicada en las instalaciones del Centro de Estudios de Postcosecha (CEPOC) de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile, emplazada en Avenida Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago.

Material vegetal

Se utilizaron semillas de cuatros cultivares de lechuga (*Lactuca sativa* L.) de hoja suelta, dos cultivares de hoja verde (Lavinia y Levistro) y dos cultivares de hoja roja (Carmolí y Maira). 200 semillas de cada cultivar se distribuyeron en 4 cápsulas Petri (50 semillas por cápsula) siguiendo las recomendaciones de la International Seed Testing Association (2005). Al inicio del ensayo, cada cápsula se embebió con 3 mL de agua y diariamente se agregó 2 mL de agua (Paniagua et al., 2016). Se consideró que una semilla ha germinado cuando la radícula alcanzó una longitud igual o superior a 3 mm (ISTA, 2005).

Tratamientos

Los tratamientos de luz son indicados en la Tabla 1 con el correspondiente porcentaje de componente azul, verde, rojo y rojo lejano. La germinación de los distintos cultivares fue evaluada en una cámara en condiciones controladas de temperatura ($T^{\circ} = 20 \pm 1^{\circ}\text{C}$) y humedad relativa ambiental ($34 \pm 8\%$) bajo los distintos espectros de luz LED (Figura 1) con una intensidad de $55 \pm 5 \mu\text{moles m}^{-2} \text{s}^{-1}$ y un fotoperiodo de 12 horas de luz más una condición en oscuridad (control).

Tabla 1. Descripción de los tratamientos

Tratamiento de luz	Porcentaje componente azul:verde:rojo:rojo lejano
Azul	100:0:0:0
Mixta	60:20:20:0
Blanca	35:50:15:0
Roja	0:0:100:0
Oscuridad	-

TABLA 1. Descripción de los tratamientos

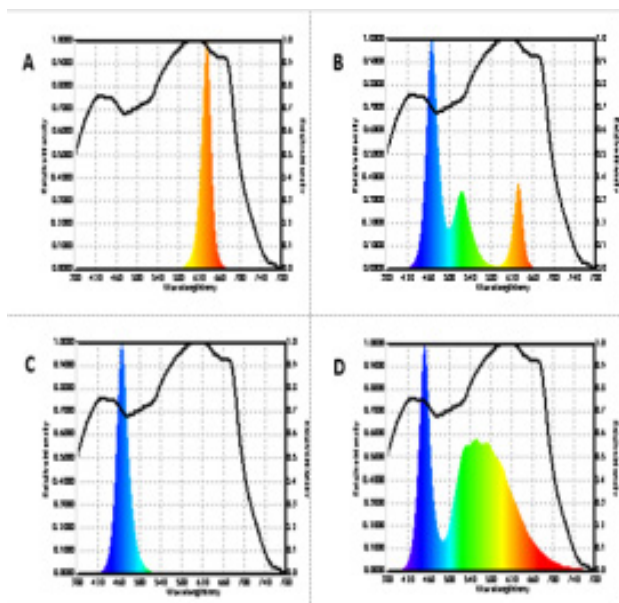


Fig. 1. Espectros de luz usados para llevar a cabo los ensayos en diferentes cultivares de lechuga. A: espectro luz roja; B: espectro luz mixta (roja, azul y verde); C: espectro luz azul y D: espectro luz blanca.

Variables

Porcentaje de germinación: se contó el total de semillas germinadas al día 4 y se dividió por el total de semillas sembradas multiplicado por 100.

Coficiente de velocidad de germinación (Cvg): fue definido por la integración de los tiempos de germinación de cada semilla y se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$Cvg = \frac{\sum (Ni \cdot Di)}{\sum Ni}$$

Dónde:

Ni: Número de semillas germinadas el día Di.

Di: Tiempo que pasa desde la siembra, en días.

Velocidad de germinación (Vg): se consideró como la relación del número de semillas germinadas con el tiempo de germinación dado por la siguiente fórmula (González-Zertuche y Orozco-Segovia, 1996):

$$Vg = \frac{\sum (Ni)}{\sum t}$$

Dónde:

Ni: Número de semillas germinadas el día i.

t: Tiempo de germinación desde la siembra hasta la germinación de la última semilla.

Resultados y discusión

La Tabla 2 muestra el porcentaje de germinación (PG), coeficiente de velocidad de germinación (Cvg) y velocidad de germinación (Vg) de cuatro cultivares (cvs.) de lechuga tratados con diferentes espectros de luz. En el caso del cultivar Lavinia, la mejor respuesta se obtuvo bajo la luz blanca ya que se obtuvo el más alto PG, el más alto número de semillas germinadas por día y uno de los más bajos valores de CVg, adelantándose medio día antes la germinación respecto al control (oscuridad). La misma situación fue observada en el cv. Maira. En el caso del cv. Levistro, la mejor respuesta se obtuvo con las luces azul y mixta ya que se obtuvo el más alto PG, el más alto número de semillas germinadas por día y los valores más bajos de CVg, adelantándose medio día antes la germinación respecto al control (oscuridad). En el caso del cv. Carmoli la misma situación fue observada, aunque no hubo diferencias significativas con el control (oscuridad), pero cabe destacar que los germinados de todos los cvs., bajo esta última condición, presentaron cotiledones de color amarillo pálido (Figura 2).

Luz	%	días	N° semillas día ⁻¹
Lechuga cv. Lavinia (hoja verde)			
Azul	56 ± 4,7 a	3,0 ± 0,07 a	10,1 ± 0,91 b
Mixta	66 ± 3,6 a	3,5 ± 0,04 b	9,8 ± 0,54 b
Blanca	89 ± 3,0 a	3,3 ± 0,15 a	14,7 ± 0,90 a
Roja	47 ± 7,2 b	3,7 ± 0,14 b	6,8 ± 1,15 b
Oscuridad	18 ± 0,0 c	3,7 ± 0,06 b	2,5 ± 0,06 c
Lechuga cv. Levistro (hoja verde)			
Azul	100 ± 1 a	1,6 ± 0,14 ab	34,4 ± 1,84 ab
Mixta	100 ± 1 a	1,5 ± 0,12 a	37,6 ± 1,36 a
Blanca	100 ± 1 a	1,8 ± 0,1 abc	29,8 ± 0,87 bc
Roja	98 ± 1,6 a	2,0 ± 0,29 bc	31,2 ± 2,8 abc
Oscuridad	89 ± 1 a	2,1 ± 0,08 c	24,2 ± 2,57 c
Lechuga cv. Maira (hoja roja)			
Azul	29 ± 8,4 b	2,8 ± 0,35 a	5,3 ± 0,56 b
Mixta	25 ± 3,2 b	3,3 ± 0,32 ab	3,7 ± 0,67 bc
Blanca	86 ± 7,4 a	3,3 ± 0,16 ab	13,6 ± 0,99 a
Roja	14 ± 4,9 b	3,3 ± 0,34 ab	2,3 ± 0,44 bc
Oscuridad	8 ± 3,0 b	3,7 ± 0,29 b	1,3 ± 0,70 c
Lechuga cv. Carmoli (hoja roja)			
Azul	100 ± 0 a	2,0 ± 0,01 a	24,9 ± 0,05 a
Mixta	100 ± 0 a	2,2 ± 0,07 a	23,3 ± 0,29 a
Blanca	99 ± 1 ab	2,2 ± 0,46 a	22,9 ± 2,02 a
Roja	97 ± 2,6 b	2,8 ± 0,33 a	19,9 ± 1,60 a
Oscuridad	100 ± 0 a	2,1 ± 0,01 a	24,6 ± 2,81 a

Tabla 2. Porcentaje de germinación (PG), coeficiente de velocidad de germinación (CVg) y velocidad de germinación (Vg) de distintos cultivares de lechuga bajo diferentes espectros de luz LED

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas para la prueba LSD Fisher ($p \leq 0,05$). Promedio ($n = 4$) \pm desviación estándar. 1 Valor obtenido al día 3 después de la siembra.

Merai et al. (2018) señalan que hay tres categorías de semillas, las semillas que requieren luz (fotoblásticas positivas) y que germinan solo después de una exposición mínima a la luz, las semillas inhibidas por la luz que germinan solo en la oscuridad y la tercera categoría de semillas corresponde a las neutras a la luz, que germinan tanto bajo luz como en oscuridad. Además, Merai et al. (2018) señalan que la luz es un requisito estricto para que se inicie la germinación en lechuga, sin embargo, dicha situación solo fue observada en los cvs. Lavinia y Maira, ya que solo se logró un alto porcentaje de germinación en el tratamiento de luz blanca, sugiriendo que la luz es un factor limitante para la germinación de estos cvs. Por otro lado, las semillas de los cvs. Levistro y Carmolí pertenecerían a la categoría de semillas neutras ya que presentan un alto porcentaje de germinación tanto en luz como en oscuridad, aunque en esta última condición los cotiledones se presentaron amarillos. Los resultados sugieren que el efecto de la luz sobre la germinación de las semillas son rasgos intrínsecos de cada cultivar y explicaría las diferencias encontradas para cada cultivar bajo los distintos espectros de luz. Los resultados concordaron con los observados por Borthwick et al. (1954) que indicaron que las semillas de lechuga Grand rapids responden de manera heterogénea a la longitud de onda. Cabe hacer notar que según Merai et al. (2018), el proceso de germinación estaría mediado por el fitocromo, fotorreceptor que al captar la luz roja promovería la germinación, en parte, aumentando la biosíntesis de giberelina (GA) a través del incremento de los niveles de ARNm de la enzima GA 3-oxidasa, la cual cataliza la producción de giberelinas activas (GA1 y GA4) las que, además, debilitaría la testa para estimular la germinación (Yamaguchi y Kamiya, 2002). Por su parte, Borthwick et al. (1954) observaron que la luz roja utilizada fue adecuada para promover la germinación al 94% en semillas de lechuga Grand rapids. Similarmente, Contreras et al. (2009) observaron un porcentaje de germinación cercano al 100% bajo luz rica en componente rojo en el cv. Tango. Por otro lado, Merai et al. (2018) mencionan que el ácido abscísico (ABA) establece y mantiene la latencia de las semillas, inhibiendo el proceso germinativo, el cual también se ve coartado por la luz roja lejana (Yamaguchi y Kamiya, 2002) al interactuar con un factor de transcripción (PIL5: proteína básica helix-loop-helix) el cual media la expresión de genes que codifican proteínas DELLA que son componentes negativos de la señalización de GA (Merai et al., 2018). Además, PIL5 estimula directamente la expresión de un regulador negativo de la germinación dependiente de la luz que controla la expresión de genes metabólicos ABA y GA (Kim et al., 2008). En cuanto a la luz azul, Evenari et al. (1957) mencionan que hay ciertas bandas dentro de la región azul del espectro

que son responsables de la foto-respuesta, promoviendo o inhibiendo la germinación en semillas de lechuga variedad Grand rapids similares a los de la luz roja o roja lejana.



Fig. 2. Semillas germinadas de lechuga cv. Levistro bajo el tratamiento de oscuridad (control).

Conclusiones

Estos resultados indican que la respuesta germinativa a los diferentes espectros de luz depende del cultivar.

Para el caso del cv. Lavinia y Maira la mejor respuesta se obtiene con la luz blanca.

Para el caso del cv. Levistro y Carmolí la mejor respuesta se obtiene bajo la luz azul y mixta.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Proyecto FIC "TRANSFERENCIA AUMENTO VALOR FUNCIONAL ORGANOLÉPTICA HORTALIZAS (cod. 30474703-0)" de la Región de O'Higgins por la financiación de este trabajo. También se agradece a la Beca Doctorado Nacional CONICYT (cod. 21170728).

Referencias

- BORTHWICK, H., Hendricks, S., Toole, E. & Toole V. (1954). Action of light on lettuce-seed germination. *Botanical Gazette*, 115(3), 205-225.
- CONTRERAS, S., Bennet, M., Metzger, J., Tay, D. & Nerson, H. (2009). Red to far-red ratio during seed development affects Lettuce seed germinability and longevity. *Hortscience*, 44(1), 130-134. doi: <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.44.1.130>
- EVENARI, M., Neumann, G. & Stein G. (1957). Action blue light on the germination of seeds. *Nature*, 180, 609-610.
- GONZÁLEZ-ZERTUCHE, L. & Orozco-Segovia, A. (1996). Métodos de análisis de datos en la germinación de semillas, un ejemplo: Manfreda Brachystachya. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. 58, 15-30. doi: 10.17129/botsoci.1484
- INTERNATIONAL Seed Testing Association. (2005) International rules for seed testing. Edición 2005.
- KIM, D., Yamaguchi, S., Lim, S., Oh, E., Park, J., Hanada, A., Kamiya, Y. & Choi G. (2008). SOMNUS, a CCCH-Type Zinc finger protein in Arabidopsis, negatively regulates light-dependent seed germination downstream of PIL5. *The Plant Cell*, 20, 1260–1277. doi: 10.1105/tpc.108.058859.
- MEGIÁS, M., Molist, P. & Pombal, M. (2018). Atlas de histología vegetal y animal: Órganos vegetales, semilla. Departamento de Biología Funcional y Ciencias de la Salud. Facultad de Biología. Universidad de Vigo (Versión: Abril 2018)
- MORENO-JIMÉNEZ, A., Loza-Cornejo, S. & Ortiz-Morales, M. (2017). Efecto de luz LED sobre semillas de *Capsicum annum* L. var. Serrano. *Biotecnología Vegetal*, 17(3), 145-151. eISSN 2074-8647
- MERAI, Z., Graeber, K., Wilhelmsson, P., Ullrich, K., Arshad, W., Grosche, C., Tarkowská, D., Turečková, V., Strnad, M., Rensing, S., Leubner-Metzger, G. & Scheid, O. (2018). A novel model plant to study the light control of seed germination. *J. Exp. Bot.*, 70, 3313-3328. doi: <http://dx.doi.org/10.1101/470401>
- NEFF, M., Sanderson, L. & Tedor, D. (2009) Light-mediated germination in lettuce seeds: Resurrection of a classic plant physiology lab exercise. *The American Biology Teacher*, 71(6), 367 - 370. doi: 10.1662/005.071.0609
- PANIAGUA, G., Hernández, C., Rico, F., Domínguez, A., Martínez, C. & Martínez, E. (2013). High intensity LED light in lettuce seed physiology (*Lactuca sativa* L.). *Acta Agrophysica*, 20(4), 665-677.
- PANIAGUA, G., Velazquez, S., Cruz, A., Hernández, C., Domínguez, F. & Rico, F. (2016). Pulsed LED light in germination and growth of lettuce seeds. *Bothalia Journal*, 46(4), 13-26.
- PANIAGUA, G., Hernández-Aguilar, C., Rico-Martínez, F., Domínguez-Pacheco, F., Martínez-Ortiz, E. & Martínez-González, C. (2015). Efecto de la luz de alta intensidad sobre la germinación y el crecimiento de plántulas de brócoli (*Brassica oleracea* L.). *Polibotánica*, 40, 199-212. doi: 10.18387/polibotanica.40.13
- PATEL, E., Chandawat, D. & Patel, Y. (2017). Effect of light on seed germination of *Vigna radiata*. *European Journal of Pharmaceutical and Medical Research*, 4(12), 444-448. ISSN 2394-3211
- SANOUBAR, R., Calone, R., Noli, E. & Barbanti, L. (2018). Data on seed germination using LED versus fluorescent light under growth chamber conditions. *Data in Brief*, 19, 594-600. doi:10.1016/j.dib.2018.05.040
- YAMAGUCHI, S. & Kamiya, Y. (2002). Gibberellins and light-stimulated seed germination. *Journal of Plant Growth Regulation*, 20, 369-376. doi: 10.1007/s003440010035

ELABORACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE UN DULCE MEXICANO TIPO TAMARINDO ELABORADO CON XOCONOSTLE Y DOS DERIVADOS DE *LUPINUS ANGUSTIFOLIUS SPP.* (HARINA Y CONCENTRADO)



Alvaro Alfonso Reyes Grimaldo, Norma Güemes Vera, Sergio Soto Simental y Javier Piloni Martini

Instituto de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo,
Instituto de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo njgv2002@yahoo.com.mx



Resumen

La semilla de *Lupinus angustifolius* spp. Está ganando popularidad debido a que se considera una alternativa al uso de la soya (*Glycyne max*). Debido a que su contenido de proteína es similar, siendo de 36.17% para el *Lupinus* y 36.49% para la soya, el adicionar la harina de esta semilla da diversos efectos, siendo estudiada su acción en productos cárnicos, donde no afecta tanto su sabor como su estructura y utilizado en productos de panadería donde en panes tiene efecto en su estructura dando firmeza a los productos, así como en las galletas libres de gluten tiene efecto dando tanto color como modificando su factor de esparcimiento, dejando así como alternativa de estudio el adicionar tanto la harina como el concentrado de *Lupinus* en productos dulces, que no se tiene registrado como puede verse afectada tanta su estructura como su composición química, dando así la posibilidad de encontrar una manera para dar un perfil más saludable a este tipo de productos.

Palabras clave: *Lupinus*, harina, dulces, efecto, concentra-

do.
68

Antecedentes

El *Lupinus angustifolius* spp. Es una leguminosa cuya importancia en la actualidad recae porque es poco conocida y utilizada, debido a que en su composición presenta tóxicos que pueden ser nocivos para la salud si se consume en cantidades considerables, la semilla de *Lupinus* puede detoxificarse de maneras muy sencillas dejando así lo que la caracterizará, su alto contenido de proteína razón por la cual se puede considerar como una alternativa de la soya, que entre las leguminosas es la que reportaba un contenido de proteína superior a otras que se utilizan en nuestro día a día, Previamente se han realizado estudios del uso de la harina de *Lupinus* así como de su concentrado en otro tipo de alimentos, como lo han sido productos de panadería y productos cárnicos, entre estos antes mencionados destaca la producción de galletas libres de gluten y pan. (Güemes, 2018)

Asi mismo contando que en este tipo de productos existan ciertos efectos que están principalmente ligados con respecto a su estructura, ayudando a su estabilidad en caso de

productos cárnicos, sin afectar su sabor, en los productos de panadería su principal efecto se establece en cuanto a volumen y textura se refiere, aunque en galletas libres de gluten se tiene registrado que la manera en la que resulta la adición de estos derivados tiene un efecto notorio tanto en su factor de esparcimiento, donde reduce el diámetro de las galletas además de modificar su coloración final.

Objetivo(s)

Caracterizar y determinar los efectos de la adición de derivados de *Lupinus angustifolius* spp. (Harina y concentrado), en distintas proporciones (2.5%, 5%, 7.5%, 10%, 12.5%, 15%) en las propiedades fisicoquímicas, reológicas y sensoriales de un dulce tipo tamarindo elaborado con Xoconostle.

Obtener y caracterizar químico proximalmente los derivados de *Lupinus* en cuestión, harina de *Lupinus* completo y Concentrado de *Lupinus* sin cáscara.

Materiales y métodos

La metodología seguida para esta investigación se divide en tres etapas de las cuales hasta este punto se completaron las primeras dos que constan de las siguientes actividades:

Obtención de la harina y concentrado de *Lupinus angustifolius* spp. Para iniciar esta etapa, las semillas de *Lupinus angustifolius* spp. Se someten a un proceso de detoxificado, el cual consta de una limpieza de semillas, para después aplicar tratamiento térmico durante 5 minutos y posteriormente someter las semillas a un flujo de agua corriente durante 15 horas. Ya que se obtuvieron las semillas detoxificadas se descascara una parte de las semillas para la obtención del concentrado.

Secado de semillas de *Lupinus angustifolius*. Posteriormente ambas partes, tanto las semillas completas de *Lupinus* como las descascaradas, se colocarán en charolas de aluminio para ser secadas en una estufa de secado a 60°C durante 4 horas y media.

Obtención de harina de *Lupinus angustifolius*. Para la obtención de la harina se realiza una disminución de partícula utilizando un molino para granos de café marca KRUPS, se pasó por un tamiz de malla de harina número 8 doble X, con un diámetro de 22 centímetros.

Desgrasado de harina de *Lupinus* descascarillado. Ya obtenidas las dos harinas de *Lupinus*, tanto la de semilla completa como las descascarillada. La parte descascarillada se someterá a un proceso de concentración que iniciará con un desgrasado, este se realizará usando hexano (1:4 HL: Solvente) durante 9 horas en agitación continua bajo una cámara fría.

Concentración de harina de *Lupinus* desgrasada. Para la concentración, la harina descascarillada previamente desgrasada, se someterá a una extracción de alcaloides mediante la utilización de alcohol isopropílico al 80% durante 30 minutos bajo agitación continua (3 repeticiones) y posteriormente se realizarán 3 repeticiones más con las mismas condiciones solo con la variante que se utilizará alcohol isopropílico al 60%, para finalizar este proceso de concentración se procederá a secar la harina lavada para eliminar los residuos de alcohol isopropílico.

Análisis químico proximal de harina y concentrado de *Lupinus angustifolius* spp. El análisis químico proximales se realizaron siguiendo los métodos 952.10, 920.03, 920.39, 925.08, 920.87 (AOAC, 2000), para cuantificar humedad, cenizas, grasa, fibra y proteína respectivamente.

Elaboración de dulce tipo tamarindo de Xoconostle. El proceso que se siguió para la elaboración del dulce tipo tamarindo de Xoconostle fue el siguiente, primero se escalda la fruta, luego se obtiene pasta de xoconostle mediante reducción de partícula con ayuda de una licuadora, posterior a esto se pesa la pasta obtenida después de separar las semillas que ésta pudiese contener, ya que se tiene el peso, a partir de este se realizará el cálculo para los demás ingredientes que compondrán el dulce, se realiza un mezclado de todos los compuestos del dulce, bajo aplicación de calor hasta la evaporación y concentración de estos hasta obtener la consistencia deseada.

Sustitución de harina y concentrado de *Lupinus angustifolius* spp. En dulce tipo tamarindo elaborado con xoconostle. La adición tanto de la harina como el concentrado de *Lupinus angustifolius* se realiza sustituyendo en porcentajes de 2.5% en 2.5%, hasta un máximo de concentración de 15%, teniendo así 12 tratamientos y un testigo.

Análisis de perfil de textura de muestras de dulces de tamarindo con diferentes porcentajes de sustitución de harina y concentrado de *Lupinus angustifolius* spp. Mientras que el análisis de perfil de textura se realizó utilizando un texturometro Brookfield, CT3-1500, para medir las propiedades de dureza, fuerza de adhesividad, adhesividad, resiliencia, cohesividad, elasticidad, índice de elasticidad, firmeza, masticabilidad e índice de masticabilidad.



Fig. 1. Texturometro Brookfield, CT3-1500

Resultados y discusión

En la Tabla 1. Se presenta una comparación de la composición química proximal de la harina testigo (harina de trigo) con la harina de Lupinus completo y del concentrado de Lupinus sin cascara, de entre estas el último es el que destaca por su contenido de proteína.

	Testigo	Lupinus completo	Concentrado de Lupinus sin cascara
Humedad	13.83±.02	11.46±.15	13.25±.18
Ceniza	11.70±.03	1.93±1.25	2.34±.31
Grasa	15.13±.02	2.26±.19	.83±.01
Fibra	.06±.01	14.11±.04	1.42±.11
Proteína	5.48±.22	24.56±.26	38.90±2.95

Tabla 1 Composición química proximal de harina, concentrado de Lupinus y un testigo.

Con los resultados antes presentados, el adicionar estos derivados de Lupinus en un producto de tipo dulce puede llevar a mejorar sus características químico proximales, que se evaluarán para los tratamientos que den mejor respuesta a las evaluaciones que se tienen pendientes.

El contenido de proteína que es el valor que destaca tanto para la harina de Lupinus, así como para el concentrado de Lupinus, cuyos valores de 25.56±.26 y 38.90±2.95 difieren a los datos de (Maghaydah, Abdul-Hussain, Ajo, Tawalbeh, & Elshoryi, 2013) donde la harina de Lupinus tiene un contenido de proteína de 33.30%, sin embargo el contenido de grasa obtenido en los análisis químico proximales es bastante menor con valores de 2.26±.19 para la harina y 0.83±0.01 para el concentrado de Lupinus sin cascara, mientras que (Maghaydah, Abdul-Hussain, Ajo, Tawalbeh, & Elshoryi, 2013) reporta un contenido de grasa de 8.87%.

Con respecto al análisis de perfil de textura, el valor de dureza es de los que más destacan, debido a que los tratamientos tanto de harina como de concentrado de Lupinus angustifolius, son mayores a comparación del testigo, hasta 10 veces más, ya que los valores obtenidos para HL10% (4.55±1.71), HL12.5% (2.42±.98), HL15% (5.71±4.41), CLSC10% (1.68±.95), CLSC12.5% (2.75±1.73) y CLSC15% (4.49±2.43), mientras el valor del testigo es de .54±.05, esta propiedad es de las principales de esta prueba, debido a que la dureza se le denomina a la fuerza necesaria para lograr una deformación (Torres, Gonzalez-Morelo, Acevedo, 2015). El valor de adhesividad es bastante bajo, siendo el testigo de 0.0006±0.0001, y el mayor de todos los tratamientos es el de CLSC15% con 0.002±0.001, esta propiedad mide la fuerza

necesaria para romper la atracción entre la muestra y una superficie (Torres, Gonzalez-Morelo, Acevedo, 2015).

La diferencia de resiliencia entre el testigo y los tratamientos es bastante distante, debido a que el testigo cuenta con un valor de 0.39±.014 y los tratamientos oscilan entre 0.04 y 0.08, siendo esta propiedad la encargada de medir la capacidad de volver a su forma original, por lo que al adicionar estos derivados de Lupinus (harina y concentrado), se tiene una menor oportunidad de volver a su estado original.

Se obtuvieron valores parecidos de cohesividad propiedad que representa la resistencia de la muestra a tener una segunda deformación, ya que estos oscilan entre 0.64±.05 para el testigo y para los tratamientos con mayor contenido de harina y concentrado se tiene 0.29±.006 para harina y 0.16±.07 para concentrado, haciendo que estos últimos sean más propensos a deformarse.

Elasticidad cuantifica a la propiedad de sufrir una deformación reversible, por lo que con los valores obtenidos se dice que el testigo es el que pueda sufrir este fenómeno ya que tiene un valor de 3.67±2.24.

La firmeza es la propiedad con la que se mide la resistencia a una deformación, diferente a la dureza que mide la fuerza de la deformación, el testigo es el más propenso a una deformación con un valor de .35±.05, mientras que el tratamiento H15% es menor propenso (1.63±1.27).

A lo que masticabilidad respecta, definida como la fuerza necesaria para poder hacer más digerible la muestra, en esta prueba el testigo resultó con .0013±.0008, mientras que los tratamientos HL 15% y CLSC 15%, los que sustituyen más cantidad de dulce tienen valores de 0.0034±.003 y 0.0008±.0004 respectivamente, por lo que el adicionar concentrado de Lupinus sin cascara, se desintegra de una manera más eficiente.

Conclusiones

Como primer avance de este proyecto, la primera conclusión que se tiene es que el adicionar el concentrado de Lupinus el dulce a evaluar tendrá un buen contenido de proteína, dando así un perfil más saludable a ese tipo de productos.

Como segunda conclusión, el análisis de perfil de textura junto con otras pruebas que se tienen pendientes (antioxidantes, untabilidad, Aw), se podrá decidir que tratamiento se evaluara para tener un producto óptimo.

Como tercera conclusión, al realizar estas pruebas, se dará una alternativa del uso de la semilla de Lupinus ampliando así el campo de investigación de productos adicionados con estos derivados.

Agradecimientos

Los autores agradecen a CONACYT por la beca otorgada para poder realizar este proyecto con CVU: 1003016, igual agradecemos a PFCE-2018, por el financiamiento de reactivos utilizados para el análisis de las muestras.

Referencias

- AOAC. (2000). Vitamin and other nutrient. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists International. (17 ed). Gaithersburg, USA: Hoerwitz, W. Ed.
- GÜEMES-VERA, N. (2018). Frankfurter sausage texture is affected by using isolate, concentrate and flour of *Lupinus albus* and pork skin proteins. *Food Research*, 2, 6. doi: [https://doi.org/10.26656/fr.2017.2\(3\).290](https://doi.org/10.26656/fr.2017.2(3).290)
- MAGHAYDAH, S., Abdul-Hussain, S., Ajo, R., Tawalbeh, Y., & Elshahoryi, N. (2013). Effect of Lupine Flour on Baking Characteristics of Gluten Free Cookies. *Advance Journal of Food Science and Technology*, 5, 600-605. doi:10.19026/ajfst.5.3134
- TORRES, J., Gonzalez-Morelo, K., & Acevedo Correa, D. (2015). Análisis del Perfil de Textura en Frutas, Productos Cárnicos y Quesos. *Revista ReCiTeIA*, 14, 63-75.

OBTENCIÓN DE JUGO DE BETABEL Y PALITOS DE PAN DE TRIGO Y GARBANZO ADICIONADOS CON BAGAZO DE BETABEL



Ana Karen Chulin Ortega¹, Víctor J. Rodríguez Montaña, Alma Adela Lira Vargas^{1*}

¹ Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Campo 1, Laboratorio Experimental Multidisciplinario II, Universidad Nacional Autónoma de México, karen.orte98@gmail.com, adelavargas9@gmail.com

*Autor de correspondencia



Antecedentes

Resumen

El objetivo del proyecto fue evaluar condiciones de filtración en un filtro canasta (velocidad de alimentación: 250g/min y 125 g/min y uso o no de medio filtrante) para obtener jugo de betabel, evaluar condiciones de molienda en un molino de martillos dentados (velocidad de alimentación: 250 g/min y 150 g/min y tamaño de criba: 05 y 1 mm) para obtener harina de garbanzo y evaluar condiciones de extrusión (boquilla: delgada y gruesa y alabes: 9 y 11) para elaborar palitos de pan de trigo y garbanzo adicionados con bagazo de betabel para ofrecer alternativas de consumo. En filtración se evaluó el efecto de las condiciones sobre la velocidad de filtración, rendimiento y sólidos insolubles al jugo de betabel, en molienda se determinó el consumo de energía, el rendimiento, la homogeneidad de la harina de garbanzo y en extrusión se midió humedad, dureza y pruebas sensoriales a los palitos extruidos. Para el jugo de betabel la mejor combinación a utilizar fue el uso de medio filtrante a velocidad de 250 g/min ya que se obtuvo la mayor velocidad de filtración y la menor cantidad de sólidos insolubles, para la obtención de harina de garbanzo la mejor combinación a utilizar fue una velocidad 250g/min y criba de 05mm donde se obtuvo una buena homogenización y regular consumo de energía y en la elaboración de palitos extruidos la mejor condición fue una combinación de 11 álabes y boquilla delgada ya que a los panelistas mostraron el mayor grado de aceptación.

Palabras clave: Filtración, Molienda, Extrusión, Veta bulgaris, Cicer arietinum

El betabel está considerado como una hortaliza de raíz, aunque en realidad se trata de un tallo engrosado bulboso. Es un alimento nutritivo y muy utilizado en ensaladas y jugos. El jugo tiene importantes cantidades de vitaminas (B3, B5, B6), azúcares, fibra, minerales (potasio sodio calcio, hierro, fósforo y magnesio, pigmentos naturales que poseen actividades biológicas incluyendo propiedades antioxidantes, radicales y anti cancerígenas. Las semillas, hojas y raíces son ricas en compuestos polifenólicos cuya concentración depende del estado de desarrollo de la planta estos compuestos presentan diferentes tipos de moléculas que incluyen ácidos fenólicos, flavonoides y amidas fenólicas incluyendo a las betalainas. (FICEDA, 2015) (México, 2019).

El garbanzo es una semilla con altos contenidos de fibra que ayudan a prevenir el estreñimiento, promueven la regularidad de un sistema digestivo saludable y que atrapa el colesterol que ingerimos en la dieta impidiendo que lo absorbamos. También captan las sales biliares que intervienen en la digestión favoreciendo que no se reabsorben y se eliminan con las heces eliminando así el colesterol que contienen. Su contenido en lecitinas favorece también el control del colesterol. Los omega-6 y el magnesio favorece la salud vascular manteniendo las arterias sin obstrucciones y flexibles. El aporte de vitaminas del grupo B y de lecitinas, favorece la eliminación de toxinas del hígado pudiendo evitarse enfermedades como cirrosis o cáncer hepático y aporte de minerales como potasio, calcio y magnesio, junto al aporte de vitamina C y el aminoácido arginina hace que tenga un efecto diurético suave favoreciendo el correcto funcionamiento de los riñones (RAE, 2001)(BIO, 2019).

La ingeniería de procesos se ocupa de la transformación de materiales o sustancias. Operaciones mecánicas es una rama de las operaciones unitarias. La ingeniería de las operaciones básicas mecánicas se basa en cambios de las propiedades de los materiales (tamaño de las partículas) y de su composición (concentración) debido a fenómenos mecánicos. Las operaciones unitarias físico-mecánicas incluyen etapas de transformación de la composición de una mezcla, así como en cambios de posición, forma y tamaño. Entre las operaciones unitarias físico-mecánicas se pueden citar al cribado, tamizado, reducción de tamaño (tritución y molienda), separación por gravedad (sedimentación), separación centrífuga (separador tipo ciclón), separación por campo eléctrico (precipitación electrostática), mezclado, filtración y flotación.

Objetivo(s)

Por lo que el objetivo del proyecto fue evaluar condiciones de filtración en un filtro canasta (velocidad de alimentación: 250g/min y 125g/min y uso o no de medio filtrante) para obtener jugo de betabel, evaluar condiciones de molienda en un molino de martillos dentados (velocidad de alimentación: 250g/min y 150g/min y tamaño de criba: 05 y 1mm) para obtener harina de garbanzo y evaluar condiciones de extrusión (boquilla: delgada y gruesa y alabes: 9 y 11) para elaborar palitos de pan de trigo y garbanzo adicionados con bagazo de betabel para ofrecer alternativas de consumo.

Parte experimental

Material vegetal: Betabel en un estado de madurez fisiológica maduro obtenido del mercado local de Azcapotzalco, se lavó y troceó para poder ser utilizado, Garbanzo obtenido del "Molino San Martín".

Filtración: La extracción del jugo de betabel se realizó usando un extractor HAMILTON BEACH modelo 67801, variando la velocidad de alimentación: velocidad alta (VA): 250 g/min y velocidad baja (VB): 125 g/min y la colocación o no de medio filtrante sobre la canasta del extractor, en cada corrida se utilizó un 1kg de betabel previamente cortado en forma de julianas y se le realizaron las pruebas de velocidad de filtración, midiendo el volumen de filtrado cada 30 s, e rendimiento se determinó con el método descrito por Cortázar (2012); los sólidos insolubles por método gravimétrico descritos en la norma NMX-F-407-1991. El bagazo que quedó en la canasta del extractor fue secado en estufa a 70 °C por 5 h para su posterior adición a los palitos extruidos.

Molienda: En la molienda del garbanzo se trabajó con un molino pulverizador MR, donde se varió la velocidad de alimentación: velocidad alta (VA): 250g/min y velocidad baja (VB): 150g/min y tamaño de criba: 05 y 1mm, en cada corrida se utilizó un 1Kg de garbanzo para obtener la harina a la que

se le realizó un análisis granulométrico descrito por Laval Lab (2018); consumo de energía del molino descrito por Gumide (2017) y rendimiento descrito por Fellows (1994).

Extrusión: Para la extrusión de los palitos de pan de harina de trigo y harina de garbanzo adicionados con bagazo de betabel se ocupó un extrusor monotornillo TA 6/D donde se modificó la boquilla: delgada y gruesa y el número de álabes: 9 y 11, se le realizaron las pruebas de porcentaje de humedad descrita por la norma NMX-F-428-1982 (1982); análisis de perfil de textura para obtener los parámetros de dureza con un texturometro Brookfield con una cilindra de 0.3mm, una velocidad de 1.7m/s (Bourne, 1978) y una prueba sensorial, donde se evaluó la apariencia, color, olor, sabor y dureza, con una escala hedónica de 7 puntos (1: me disgusta mucho, 2: me disgusta poco, 3: me disgusta, 4: ni me gusta, ni me disgusta, 5: me gusta poco, 6: me gusta mucho, 7: me gusta muchísimo) descrita por Sidel & Stone (1993) y Lawless & Herymann (1998). Los palitos de pan tuvieron una formulación con un 40.28% de harina de trigo, 36.11% de agua potable, 16.67% de harina de garbanzo, 4.16% de harina de bagazo de betabel y 2.78% de azúcar refinada.

Análisis estadístico: En todas las operaciones se utilizó un diseño factorial 22, cada condición de cada una de las operaciones se realizó por triplicado se obtuvo ANOVA y se realizaron pruebas de rango multiple Tukey con programa MINITAB.

Resultados y discusión

Filtración

Velocidad de filtración: En la figura 1 se puede observar que con una velocidad de alimentación de 250 g/min se obtiene jugo de betabel filtrado a la mitad de tiempo en comparación con la velocidad de alimentación de 125 g/min presentando diferencia significativa ($P \leq 0.05$), en cuanto al uso de medio filtrante en la canasta del filtro canasta se puede observar que colocar el medio filtrante ocasiona 49.2% menor filtrado que sin el medio filtrante.

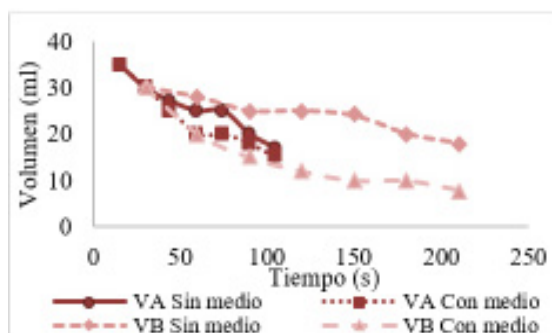


Fig. 1. Velocidad de filtración en la obtención de jugo de betabel. VA: velocidad alimentación 250g/min, VB: velocidad de alimentación: 125g/min.

El medio filtrante es un material físico permeable sobre el cual son separados los sólidos del fluido. Los diferentes tipos de medios filtrantes se distinguen por su capacidad o habilidad de tolerar el paso de los sólidos, buscar el que ocasione el mínimo consumo de energía y se consiga la mejor calidad del filtrado. El caudal de filtración depende del tamaño de poroso que tenga el medio filtrante, así como el tamaño de partícula que tenga la solución a filtrar (Ibarz, 2011).

Rendimiento: El rendimiento de filtración para la obtención de jugo de betabel se realizó debido a que se utilizó un filtro canasta, el cual retiene todos los sólidos en la canasta, aunado con la aplicación o no de un medio filtrante para evaluar la calidad de filtrado posteriormente. En la figura 2, se puede observar que el mayor rendimiento se obtuvo con el uso de medio filtrante con una velocidad de alimentación de 125 g/min, lo que se pudo deber a que al momento de estar alimentando el filtro canasta a una velocidad de 125g/min el filtro canasta tuvo tiempo de distribuir uniformemente los sólidos encontrados en la canasta y no taponear el medio filtrante. Se presentó diferencia significativa ($P \leq 0.05$) tanto por el uso de medio filtrante como de la velocidad de alimentación.

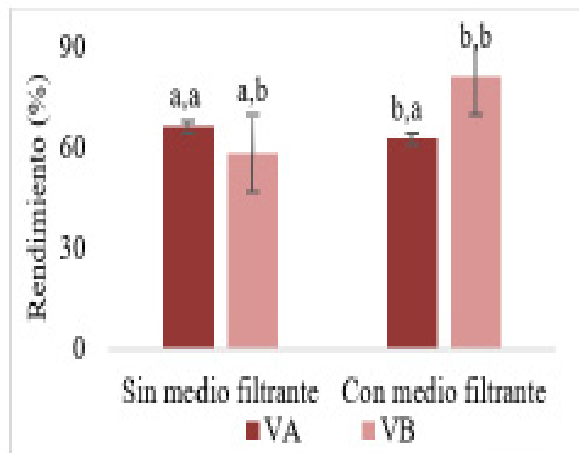


Fig. 2. Rendimiento de filtrado en la obtención de jugo de betabel. VA: velocidad alimentación 250g/min, VB: velocidad de alimentación: 125g/min. 1er letra sobre la columna indica diferencia significativa ($P \leq 0.05$) por el uso de medio filtrante y 2da letra por la velocidad de alimentación.

Sólidos insolubles: La determinación de sólidos insolubles fue una prueba indirecta de saber que tanta eficiencia de filtración se había tenido durante el proceso de filtración, en donde se demostró que el uso de medio filtrante retuvo 27.5% mayor la cantidad de sólidos que cuando no se usa el medio filtrante, mostrándose así diferencia significativa ($P \leq 0.05$) en los sólidos insolubles por el uso o no de medio filtrante (Figura 3), la velocidad de alimentación también ocasionó diferencia significativa en los sólidos insolubles.

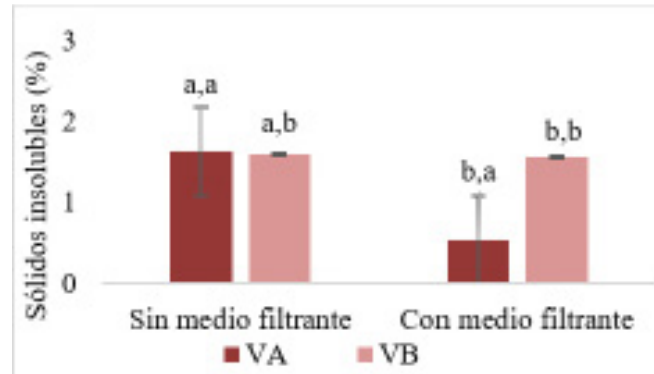


Fig. 3. Sólidos insolubles en filtrado de jugo de betabel. VA: velocidad alimentación 250g/min, VB: velocidad de alimentación: 125g/min. 1er letra sobre la columna indica diferencia significativa ($P \leq 0.05$) por el uso de medio filtrante y 2da letra por la velocidad de alimentación.

Molienda

Consumo de energía: El consumo de energía es la cantidad de energía que se gasta en las diferentes condiciones a la que se realizó la molienda, indicando directamente la eficiencia de la molienda (Cortázar-Figueroa et al., 2008). En la figura 4, se puede observar que al utilizar una criba de 0.5 mm se obtiene 25.4% mayor consumo de energía en comparación con la de 1mm, ya que ocasiona que las partículas dentro del molino tengan mayor tiempo de residencia, por lo que hay mayor consumo de energía. En cuanto a la velocidad de alimentación se mostró que hubo diferencia significativa en el consumo de energía, teniendo la velocidad de 250 g/min 18.3% menor consumo que la velocidad de 150 g/min.

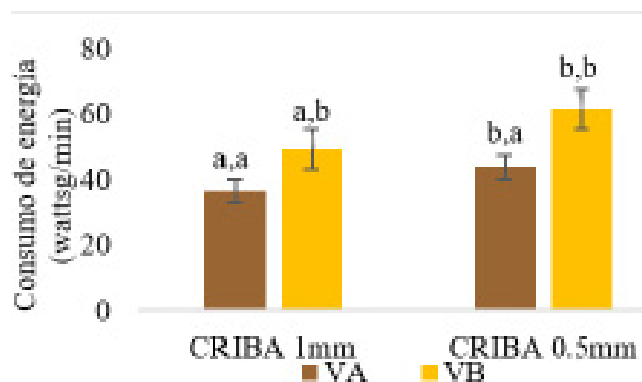


Fig. 4. Consumo de energía en la molienda de garbanzo. VA: velocidad alimentación 250g/min, VB: velocidad de alimentación: 150g/min. 1er letra sobre la columna indica diferencia significativa ($P \leq 0.05$) por tamaño de criba y 2da letra por la velocidad de alimentación.

Rendimiento:

La eficiencia del molino harinero se define como la mayor cantidad de harina para satisfacer las necesidades del cliente y la mayor capacidad de trabajo. Es de gran importancia que el molinero se asegure de que la planta opere a la capacidad

especificada. Esto solo es posible si se realizan correctamente el mantenimiento y los ajustes de la fábrica y del equipo. En la figura 5, se puede observar que el mayor rendimiento se obtuvo con la condición de criba de 1mm con una velocidad de alimentación de 150g/min. Se encontró diferencia significativa ($P \leq 0.05$) en el rendimiento tanto del tamaño de criba como de la velocidad de alimentación utilizada.

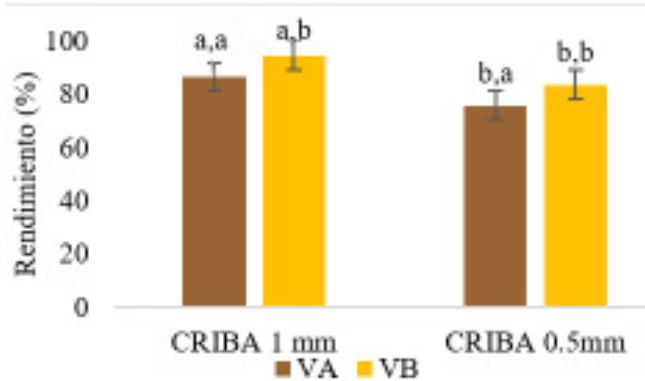


Fig. 5. Rendimiento en la molienda de garbanzo. VA: velocidad alimentación 250g/min, VB: velocidad de alimentación: 150g/min. 1er letra sobre la columna indica diferencia significativa ($P \leq 0.05$) por tamaño de criba y 2da letra por la velocidad de alimentación

Homogeneidad: La granulometría permite conocer la medida de los granos de los sedimentos. Mediante el análisis granulométrico se puede obtener información importante como: su origen, propiedades mecánicas y el cálculo de la abundancia de cada uno de los granos según su tamaño dentro de la escala granulométrica (Ospina, 2001).

En la figura 6, se puede observar que la criba de 0.5mm ocasiona una mayor homogeneidad junto con una velocidad de alimentación de 150g/min, mientras que la menor homogeneidad se obtuvo con una criba de 1mm y una velocidad de 150g/min. El tamaño de criba ocasiona el mayor cambio en la homogeneidad ya que entre menor sea el tamaño de criba mayor homogeneidad se tendrá en el análisis granulométrico.

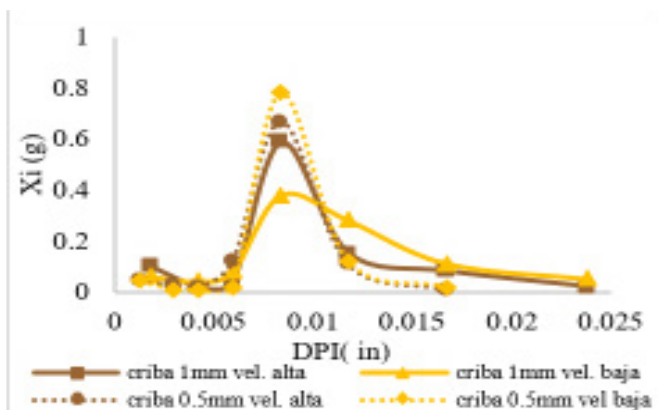


Fig. 6. Homogeneidad de harina de garbanzo. VA: velocidad alimentación 250g/min, VB: velocidad de alimentación: 150g/min.

Extrusión

Humedad: la determinación de humedad es un parámetro químico que nos va indicar la conservación del producto, pero en el proceso de extrusión también no indica que tan compactas o no están las partículas del producto extruido. De acuerdo con los análisis estadísticos podemos decir que existió una diferencia significativa ($P \leq 0.05$) sobre el efecto del número de álabes así mismo en la boquilla (Figura 7) teniendo 23.8% mayor humedad las de boquilla delgada comparadas con las de boquilla gruesa, mientras que la comparación de álabes fue de 29.3% mayor humedad los palitos de pan elaborados con 11 álabes que con 9 alabes, lo que se puede deber a que hay mayor compactación de las partículas cuando se trabaja con un mayor número de álabes.

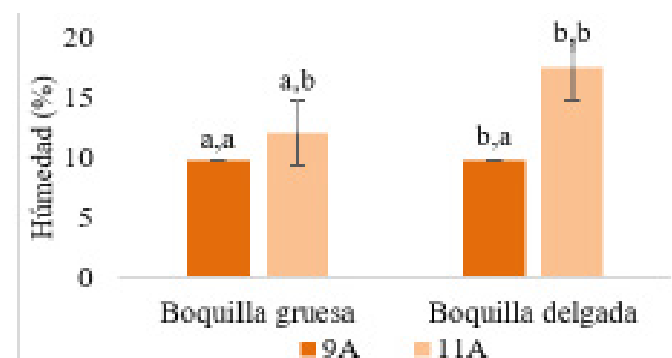


Fig. 7. Humedad de palitos de pan extruidos. A: Alabes utilizados en extrusor. 1er letra sobre la columna indica diferencia significativa ($P \leq 0.05$) por tipo de boquillas y 2da letra por número de álabes

Dureza: Al medir la dureza de un alimento, o sea, la fuerza requerida para deformarlo se está evaluando si es blando, firme o duro y esto indicará que tanta aceptación o rechazo tendrá ante los consumidores, así mismo indicará la compactación que tuvieron las partículas del producto extruido durante la extrusión. La mayor dureza en los palitos de pan elaborados fue con 9 alabes boquilla gruesa, mientras que la menor dureza se logra con 11 álabes boquilla gruesa, lo que el número de fue lo que ocasionó que hubiera una diferencia significativa ($P \leq 0.05$) en la dureza de los palitos extruidos, o así la boquilla que no ocasionó diferencia.

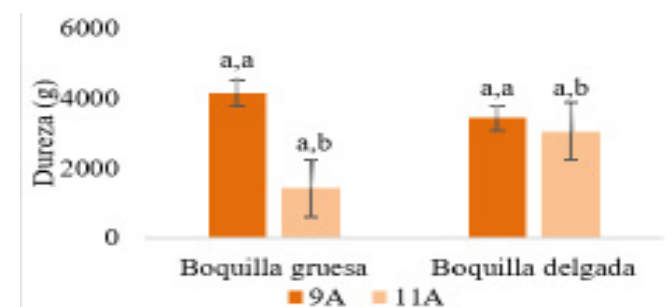


Fig. 8. Dureza de palitos de pan extruidos. A: Alabes utilizados en extrusor. 1er letra sobre la columna indica diferencia significativa ($P \leq 0.05$) por tipo de boquillas y 2da letra por número de álabes.

Evaluación sensorial: La evaluación sensorial de los alimentos es indispensable en cualquier desarrollo de nuevos productos, ya que el consumidor es el único que determinará si el producto será o no consumido de acuerdo a las cualidades que sea evaluado. En la figura 9 se observa que los palitos fueron evaluados en su apariencia, color, olor, sabor y dureza, también se observa que no hubo diferencia significativa ($P \geq 0.05$) en el color y olor del producto, pero si en el sabor y la dureza, donde el uso de 11 álabes con boquilla delgada serían los palitos con mayor grado de aceptación, con calificaciones de 5 (me gusta poco). Se puede observar que para el parámetro de apariencia no hay una diferencia significativa entre las combinaciones (9 y 11 álabes, boquilla delgada y gruesa) ya que están uno o dos puntos por arriba o por debajo entre ellas, a excepción de la combinación (11 álabes con boquilla delgada). Mientras que los parámetros de color, olor y sabor no presentan diferencias significativas entre las combinaciones (9 y 11 álabes, boquilla delgada y gruesa) ya que están entre 3 y 4, lo que significa que les disgusta un poco o que no les gusta ni les disgusta. Tampoco tuvieron muy buena aceptación en la dureza, la mayoría están en 3 lo que significa que no les gusta. La única combinación que tuvo una buena aceptación en todos los parámetros fue la combinación de 11 álabes, boquilla delgada, pero en general es un producto que no tiene mucha aceptación para el consumidor.



Fig. 9. Evaluación sensorial de palitos de pan extruidos. A: Alabes utilizados en extrusor. BG: Boquilla gruesa, BD: boquilla delgada.

Conclusiones

La mejor combinación para la obtención de jugo de betabel fue el uso de medio filtrante a velocidad de 250g/min ya que se obtuvo la mayor velocidad de filtración y la menor cantidad de sólidos insolubles, para la obtención de harina de garbanzo la mejor combinación a utilizar fue una velocidad 250g/min y criba de 05mm donde se obtuvo una buena homogenización y regular consumo de energía y en la elaboración de palitos extruidos la mejor condición fue una combinación de 11 álabes y boquilla delgada ya que a los panelistas mostraron el mayor grado de aceptación.

Referencias

- CORTÁZAR F.L.M. (2012). Molienda. Obtenido de <https://www.academia.edu/8337694/Molienda>
- CORTÁZAR-FIGUEROA, L. M., Meléndez-Pérez, R., & Oliver-Hernández, D. M. (2008). Consumo de energía y distribución de tamaño de partícula en la molienda de canela (*Cinnamomum zeylanicum*) y pimienta negra (*Piper nigrum* L). *Revista mexicana de ingeniería química*, 7(2), 123-130. Recuperado en 16 de noviembre de 2020, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-27382008000200004&lng=es&tng=es.
- BIO. (2019). Farmacia Bio. Obtenido de <https://www.farmacia.bio/garbanzo/>
- BOURNE, M. (1978). Texture Profil Analysis. *Food Technology*, 62-66.
- FELLOWS, P. (1994). Tecnología del procesado de los alimentos. Principios y prácticas. España: Acribia. Obtenido de Principios y prácticas.
- FICEDA. (08 de Agosto de 2015). Fideicomiso para la construcción y operación de la central de abasto de la Ciudad de México. Obtenido de http://ficeda.com.mx/ficeda/app/webroot/_archivos/105%20CONSUMA%20BETABEL.pdf
- GUMIDE L. (2017). Cultura Científica. Obtenido de Potencia y eficiencia de una máquina: <https://culturacientifica.com/2017/05/30/potencia-eficiencia-una-maquina/>
- IBARZ R.A. y Barbosa-Cánovas G.V. (2011). Operaciones unitarias de la ingeniería de alimentos. Mundi-prensa. Madrid.
- LAVAL Lab. (2018). Laval Lab. Obtenido de Tamices de laboratorio para análisis granulométrico: <https://lavallab.com/es/products/tamizadores-zarandas-tamices/tamices-de-laboratorio-para-analisis-granulometrico/>
- LAWLESS, H. T., & Heymann, H. (1998). Sensory evaluation of food: principles and practices. New York: Chapman & Hall.
- MARGARITA, C. F. (20 de Noviembre de 2012). Molienda. Obtenido de <https://www.academia.edu/8337694/Molienda>
- MÉXICO, G. d. (2019). Betabel. Obtenido de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/97070/Betabel_monografias.pdf
- NMX-F-407-1991. Normas Mexicanas (1991). Banco de Normas Mexicanas . Obtenido de: <https://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-F-407-1991.PDF>
- NMX-F-428-1982. Normas Mexicanas (1982). Banco de Normas Mexicanas . Obtenido de.: <http://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-F-428-1982.PDF>
- OSPINA M:J.E. (2001). Características físico mecánicas y análisis de calidad de granos. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá-Colombia.
- RAE. (2001). Real Academia Española. Obtenido de <http://lema.rae.es/drae2001/srv/search?id=kJFXg5nDDXX2gf32hzy>
- SIDEL, J., & Stone, H. (1993). The role of sensory evaluation in the food industry. *Food Quality and Preference*, 65-73.

DESARROLLO DE UN PRODUCTO DE PANIFICACIÓN A PARTIR DE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE TRIGO POR HARINA DE SEMILLA DE YACA (*Artocarpus Heterophyllus*)



Liliana Ortega González¹, Norma Güemes Vera^{*2}, Javier Piloni Martini y Aurora Quintero Lira

¹ Instituto de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, or231480@uaeh.edu.mx

² Instituto de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional Autónoma del Estado de Hidalgo, njgv2002@yahoo.com.mx



Resumen

El fruto de Yaca (*Artocarpus Heterophyllus* Lam.) es originario de Asia, en México este fruto se encuentra principalmente en el estado de Nayarit. La semilla de este fruto es considerado como “el fruto verdadero” ya que contiene mayor cantidad de propiedades nutricionales a comparación de la pulpa, destacando la proteína (13.99 ± 0.31) y la fibra (3.09 ± 0.12); se ha experimentado que podría ser una buena opción para la sustitución parcial de harina de trigo por lo que en este proyecto propone la evaluación del comportamiento de las masas en diferentes grados de sustitución (2.5%, 5%, 10%, 12.5%, 15%, 17.5%, y 20%) para lo cual se realizaron pruebas de análisis de perfil de textura y se comparó con el comportamiento de una masa testigo (100% harina de trigo), obteniendo así resultados de dureza, adhesividad, resiliencia, cohesividad, elasticidad, firmeza y masticabilidad de 1.3 ± 50.3 N, 0.33 ± 0.10 N, 0.11 ± 0.005 , 0.51 ± 0.05 J, 0.89 ± 0.86 mm, 0.69 ± 0.07 N y 0.62 ± 0.02 J para la muestra testigo respectivamente y de 4.70 ± 0.45 N, 0.97 ± 0.22 N, 0.09 ± 0.005 , 0.51 ± 0.05 J, 0.89 ± 0.86 mm, 2.08 ± 0.33 N, 1.56 ± 0.46 J para la mayor cantidad de sustitución (20%), pudiendo observar que a mayor cantidad de sustitución la dureza, adhesividad, resiliencia, firmeza y masticabilidad también será mayor, sin embargo, la cohesividad y la elasticidad no presentaron diferencias significativas en las diferentes sustituciones de harina de yaca.

Palabras clave: Yaca, semilla, panificación, masa, harina compuesta.

Antecedentes

La Yaca (*Artocarpus Heterophyllus* Lam.) es un fruto tropical originario de Asia, sin embargo también se cultiva en otros países como Malasia, Indonesia, Tailandia, Filipinas, Brasil, Ecuador y México (Ulloa y col., 2007; Tulyathan y col., 2002); en México los productores principales de este fruto son Michoacán, Colima, Hidalgo, Jalisco, Veracruz y Nayarit, destacando este último por ser el líder productor al concentrar el 80% de la superficie nacional, además de tener una producción anual de 18 mil 611 toneladas (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2017), de la cual, el 70% es destinada para exportación a Estados Unidos (Ulloa y col., 2007) y el otro 30% se queda para consumo local.

Este fruto se caracteriza por su gran tamaño (3 – 40 kg), su exquisita mezcla de sabores (mango, piña, plátano) y su calidad nutricional, ya que se ha comprobado que tiene un excelente aporte de proteínas y ácidos grasos tanto en la pulpa como en la semilla, la cual también es conocida como el “fruto verdadero”.

Hablando propiamente de la preparación artesanal de las semillas, diversos autores (Herrera, 2015; Guzmán, 2013;

Luna-Esquivel, 2013; Goswami & Chacrabati, 2016), señalan que se pueden consumirse hervidas, fritas, asadas, tostadas y molidas, empleándose para hacer una harina que se mezcla con la harina de trigo para elaborar postres o para alimento de animales.

Con la semilla de este fruto se han realizado varias investigaciones en las que se ha logrado experimentado para lograr la producción de ácido L-láctico (Nair y col., 2016), prebióticos (Bhornsmithikun y col., 2010), etanol (Resendiz-Vazquez y col., 2017), como espesante de salsa de chile (Rengustthi & Charoenrein, 2011), crema de chocolate blanco (Álvarez, 2019), capuchinos (Papa y col., 2018) y encapsulado de aceites (Espinosa-Enríquez., 2017) las cuales han obtenido buenos resultados; en cuanto a la panificación con la harina de esta semilla, algunas investigaciones han experimentado con la sustitución parcial de harina de trigo por harina de semilla de Yaca para la producción de pan de caja (Tulyathan y col., 2002) con una sustitución del 5%, muffins y galletas (Quintana, 2017) con 10% y 33% respectivamente, sin embargo estas investigaciones sugieren más estudios para asegurar la cantidad adecuada de sustitución de harina de yaca para la obtención de un producto de panificación más aceptable por la población ya que se ha visto que a cierta cantidad de sustitución, el producto final presenta un ligero sabor amargo.

Se ha experimentado también la panificación con harina de semilla de yaca pero con bajo poder calórico, sustituyendo el azúcar convencional con Estevia (Delgado & Reyes, 2015); en este proyecto la sustitución fue de 30, 50 y 70 % de la harina de trigo, observando que entre mayor cantidad se harina de la semilla de yaca, se lograba percibir un sabor a chocolate amargo que no fue bien aceptado en el análisis sensorial, sin embargo a menor cantidad de sustitución, el resultado del pan fue más suave, sin sabores desagradables y más parecido al que ya se comercializa.

La panificación con semillas, no solo se ha realizado con semillas de yaca, sino también con muchas otras, entre las cuales se puede mencionar, el ébano, el amaranto, la quinoa, la lenteja, el chícharo, la semilla de chicayota, chía, y semilla de papaya; éstas se han utilizado para el aprovechamiento de las propiedades nutricionales que caracterizan a cada una de ellas, se han utilizado para la sustitución parcial de harina de trigo, sustitución completa de harina de trigo para la producción de pan libre de gluten o para enriquecer las propiedades del pan con proteína, fibra e incluso para para la sustitución de grasa, principalmente la grasa saturada.

Para la panificación con sustitución de grasa, se ha propuesto la utilización de aceites vegetales, crema de ajonjolí, harina de quinoa, aceite de pescado, puré de papaya, harina de linaza y semilla de chía, todas ellas para la sustitución

de mantequilla o margarina que son lo que regularmente se utilizan en la panificación, pudiendo así disminuir la grasa saturada en el pan.

La gran ventaja es que todas estas experimentaciones han ido convirtiendo todos estos productos en un atractivo complemento para la dieta diaria principalmente para aquellas poblaciones susceptibles, con una alimentación nutricionalmente deficiente, dándoles un mayor uso.

De la yaca (*Artocarpus Heterophyllus* Lam.) se consume principalmente la pulpa en fresco, dejando a un lado la semilla en la mayoría de los casos, ya que ésta al ser un desecho orgánico, no siempre se llega a aprovechar al máximo, por lo que en este proyecto se propone utilizarla para la elaboración de harina, que contribuya al desarrollo de un producto de panificación en el cual se pueda sustituir parcialmente la grasa con la harina de esta semilla y poder así aprovechar al máximo propiedades, principalmente su alto contenido de ácidos grasos, aportando así una alternativa funcional a la industria de la panificación.

Objetivo

Desarrollar un producto de panificación a partir de la sustitución parcial de harina de trigo con harina de la semilla de Yaca, evaluando sus propiedades reológicas y fisicoquímicas para proponer un alimento de panificación con una mayor calidad nutricional.

Parte experimental

Obtención de la fruta de Yaca. La fruta fue obtenida del estado de Puebla, del municipio de Xicotepec de Juárez, en un estado de madurez, que es cuando la pulpa ya presenta coloración entre amarillo y naranja; posteriormente se lavó la fruta y se separó la pulpa de las semillas.

Preparación y secado de las semillas. Las semillas fueron cortadas en trozos pequeños aproximadamente de 1 cm y metidas en un horno de secado a 60° durante 24 horas.

Molienda y tamizaje de las semillas. Se realizó la molienda en un pulverizador marca GRINDER HC-2000Y2 y pasada por un tamiz de malla de harina número 8 doble X, con un diámetro de 22 centímetros.

Análisis químico proximal de la harina de la semilla de yaca. Determinación de humedad: Este método se basa en evaporar de manera continua la humedad de la muestra y el registro constante de la pérdida de peso, hasta que la muestra se situó a peso constante. (AOAC, 952.10, 2000).

Determinación de cenizas: En este método toda la materia orgánica se oxida en presencia de una flama a una tempe-

ratura que fluctúa entre los 550-600 °C y en determinado tiempo, el material inorgánico que no se volatiliza a esta temperatura se conoce como ceniza, (AOAC, 920.03, 2000). Determinación de grasa: Mediante extracción por método Goldfish, modelo E-812/E-816 HE. El cual consistió en colocar los vasos Büchi a peso constante; se colocó la muestra libre de humedad dentro de un cartucho de celulosa. La extracción se realizó con hexano; se programó el extractor con 2:30 min para la extracción, 30 min. de lavado y 30 min. de secado; pasado este tiempo, los vasos Büchi fueron retirados del extractor y se dejaron enfriar para tomar su peso y para determinar grasa por diferencia de peso, de acuerdo con el método 920.39; y se utilizó la fórmula explicada en el método (A.O.A.C., 2000).

Determinación de proteína: Se realizó por el método Kjeldhal, 929.87 (A.O.A.C., 920.87, 2000). El cual consistió en pesar 1g de muestra, envuelta en papel libre de nitrógeno y colocada en el tubo Kjeldhal, se adicionaron 5 g de mezcla digestora (200 g Sulfato de potasio y 20 g de sulfato cúprico pentahidratado) y 15mL de ácido sulfúrico concentrado. Se digirió la muestra en el digestor. Terminada la digestión, los tubos Kjeldhal se colocaron en el destilador Büchi, el destilado se obtuvo en un matraz Erlenmeyer con 50 mL de ácido bórico al 2% y 2 gotas de rojo de metilo por 5 min. Pasado este proceso se procedió a titular cada matraz Erlenmeyer con solución de ácido sulfúrico 0.1N hasta el vire. Finalmente se utilizó la fórmula descrita en el método y el resultado se multiplicó con el factor (6.25), para obtener el porcentaje de proteína.

Determinación de fibra: Dentro de los vasos Berzelius se añadió la muestra sin humedad y sin grasa, con 200ml de ácido sulfúrico 0.255N caliente, la cual se colocó en el equipo de determinación de fibra marca LABCONCO modelo LAC300001-00 a ebullición por 30 min. Pasado este tiempo, la muestra se colocó en embudos de tallo largo y se filtró en tela aplicando lavados con agua destilada, hasta un pH neutro. Una vez filtrada, la muestra se colocó en el equipo de determinación de fibra a ebullición por 30 min, los cuales contenían la muestra con 200 mL de hidróxido de sodio caliente. Después de filtrar se agregaron 25 mL de ácido sulfúrico 0.013N caliente, 150mL de agua destilada y 25mL de alcohol etílico, la muestra se colocó dentro de un crisol de porcelana, previamente a peso constante; el cual se llevó al horno de secado marca FELISA modelo 242A por 2h a una temperatura de 130°C, posteriormente los crisoles se colocaron en una mufla marca FELISA, modelo FE-36 a 600°C por 30min., método 962.09. Utilizando la fórmula descrita en el método (A.O.A.C., 925.08, 2000).

Elaboración de masas con sustitución parcial de harina de trigo por harina de semilla de yaca. Las formulaciones para la elaboración de las masas fueron establecidas con diferentes porcentajes, los cuales se presentan en la Tabla 1.

	Harina de trigo	Harina de semilla de yaca
Control	100%	0%
2.5	97.5%	2.5%
5	95%	5%
10	90%	10%
12.5	87.5%	12.5%
15	85%	15%
17.7	82.5%	17.5%
20	80%	20%

Tabla 1. Formulación de masas con sustitución de harina de trigo por harina de semilla de yaca.

Análisis de perfil de textura en formulaciones de masas. La textura de las masas se determinó en el Analizador de Textura Brookfield CT3, el cual consistió en comprimir dos veces consecutivas la masa sobre la base TA-BT-KIT, con un embolo de acrílico de 36 mm diámetro (Sonda: TA3/1000); empleando una celda de carga de 4.5 kg, con una velocidad de 0.5mm/s, con un 20% de deformación y reposo de cinco segundos entre cada compresión (Guadarrama-Lezama col., 2016).

Resultados y discusión

Resultados químico proximal. En la tabla 2 se presentan los resultados obtenidos del análisis químico proximal de la harina de yaca.

	Harina de semilla de yaca
± Humedad (%)	9.47 ± 0.29
Cenizas (%)	3.68 ± 0.04
Grasa (%)	0.59 ± 0.50
Fibra (%)	3.09 ± 0.12
Proteína (%)	13.99 ± 0.31

Tabla 2. Químico proximal de la harina de semilla de yaca.

La humedad obtenida en la harina de yaca fue de 9.47 ± 0.29, la cual es similar a los datos reportados por Espinoza-Enrí-

quez y col., 2017 (9.18 ± 1.77); para cenizas se obtuvo 3.68 ± 0.04 que es similar a lo reportado por Ulloa y col., 2017 (3.82 ± 0.8); en cuanto a grasa se obtuvo 0.59 ± 0.50 y en fibra 3.09 ± 0.12 , los cuales difieren con Espinoza-Enríquez y col., 2017 con 1.22 ± 0.17 y 4.66 ± 0.95 respectivamente; sin embargo en los resultados de proteína se obtuvo 13.99 ± 0.31 el cual no presenta diferencia significativa con lo reportado por Ulloa y col., 2017 (14.04 ± 2.5).

Resultados del perfil de textura de las diferentes mezclas de masas

Dureza: es importante recordar que la dureza se refiere a la fuerza que se requiere para comprimir un alimento entre los molares o entre la lengua y el paladar, es medida en Newtons (Hleap & Velasco, 2010); la prueba testigo obtuvo un resultado de 1.3 ± 0.3 N, para la harina H2.5 obtuvo 1.72 ± 0.17 N y fue incrementando poco a poco conforme incrementaba la cantidad de harina de yaca en la sustitución de harina de trigo hasta llegar a un valor de 4.70 ± 0.45 N que corresponde a la mezcla con mayor sustitución que es la H20; por lo que a mayor cantidad de harina de yaca en la sustitución, la dureza que se presenta en la masa será mayor y por lo tanto se necesita mayor fuerza para comprimirla en la boca.

Adhesividad: ésta representa el trabajo necesario para poder despegar la masa de una superficie (Hleap & Velasco, 2010); por lo que se obtuvo en el testigo la menor adhesividad con 0.33 ± 0.10 N y fue incrementando proporcionalmente conforme aumentaba la cantidad de harina de yaca, hasta llegar a 0.97 ± 0.22 N correspondiente a la harina H20; por lo que se puede decir que a mayor cantidad de harina de yaca la adhesividad de la masa será mayor.

Resiliencia: contra mayor es la resiliencia, más capacidad tiene la masa de volver a su forma original (Sahin, S. & Sumnu S., 2007); entre las muestras testigo (0.11 ± 0.005), H2.5 (0.11 ± 0.005) y H5 (0.10 ± 0.005) no hubo diferencias significativas, sin embargo comparando con las demás muestras (H10, H12.5, H15, H17.5, H20) hubo una diferencia significativa ya que obtuvieron un valor de 0.09 ± 0.005 ; por lo que se puede decir que a mayor cantidad de harina de yaca en la sustitución se obtendrá una menor capacidad de la masa de volver a su forma original.

Cohesividad: hace referencia a la fuerza con la que están unidas las partículas, límite hasta el cual se puede deformar antes de romperse (Hleap & Velasco, 2010); la cohesividad en las masas no tuvieron diferencias significativas entre cada una sin embargo a la muestra testigo se obtuvo un valor de 0.51 ± 0.05 y la que obtuvo menor valor fue la H20 con 0.44 ± 0.03 ; por lo tanto la cohesividad será similar en todas las masas.

Elasticidad: es la altura que recupera la masa durante el tiempo que recorre entre el primer ciclo y el segundo,

mide cuánta estructura original del alimento se ha roto por la compresión inicial (Hleap & Velasco, 2010); los resultados arrojaron que no se encontró ninguna diferencia significativa en la comparación con las diferentes mezclas de masas incluyendo al testigo el cual obtuvo un resultado de 0.89 ± 0.86 mm; así que la elasticidad será similar en los diferentes tipos de masas.

Firmeza: en muchas ocasiones el término firmeza se utiliza como sinónimo de dureza, sin embargo este término se emplea a designar más especialmente la resistencia a la deformación de las masas (García 2012); la muestra testigo registró una menor deformación con un valor de 0.69 ± 0.07 N y fue aumentando proporcionalmente conforme iba a aumentando la cantidad de harina de yaca en las sustituciones hasta llegar a un valor de 2.08 ± 0.33 N correspondiente a la muestra H20; por lo tanto se puede decir que a mayor cantidad de harina de yaca presente en la mezcla, mayor será la resistencia a la deformación.

Masticabilidad: representa el trabajo necesario para desintegrar un alimento hasta que esté listo para ser deglutido (Hleap & Velasco, 2010); la muestra testigo obtuvo un valor de 0.62 ± 0.02 J la cual no presentó una diferencia significativa con la muestra H5 con un valor de 0.65 ± 0.24 J; conforme fue aumentando la sustitución de harina de yaca los valores de masticabilidad fueron aumentando por lo tanto la muestra que obtuvo un mayor valor fue la H20 con 1.56 ± 0.46 J; se puede decir que a mayor cantidad de sustitución de harina de yaca el trabajo necesario para desintegrarla también será mayor.

Conclusiones

La semilla de yaca (*Artocarpus Heterophyllus* Lam.) brinda la oportunidad de aprovechamiento de un desecho orgánico al tener características nutritivas, físicas y químicas de gran valor.

La harina de semilla de yaca es una buena candidata para la sustitución parcial de harina de trigo ya que algunas de sus características de textura son similares, sin embargo es importante considerar que la sustitución debe de ser en una cantidad moderada ya que se ha demostrado que a c y la fuerza necesaria para la masticación.

Agradecimientos

Los autores agradecen a CONACYT por la beca otorgada, CVU: 1002987

Referencias

- AOAC. (2000). Vitamin and other nutrient. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists International. (17 Ed). Gaithersburg, USA: Hoerwitz, W. Ed.
- ÁLVAREZ, L.A. (2019). Aprovechamiento de almendras de Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam) adicionado extraídas a partir de mazorcas infectadas con Moniliasis manteca de cinco clones experimentales de Cacao (*Theobroma cacao* L.) (*Moniliophthora roreri* Cif & Par) para la obtención de crema de chocolate blanco. Tesis de licenciatura. Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
- BHORNSMITHIKUN, V., Chetpattananondh, P., Yamsaengsung, R. and Prasert-sit, K. (2010) Continuous extraction of prebiotics from jackfruit seeds. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 32 (6), 635–642.
- DELGADO Cedeño, B. L., & Reyes Noriega, C. J. (2015). Obtención de harina de las semillas de yaca (*Artocarpus Heterophyllus* Lam.) y su aplicación como sustituto parcial de la harina de trigo en pastelería de bajo poder calórico. Tesis de licenciatura de la Universidad de Guayaquil.
- ESPINOSA-ENRÍQUEZ, J. L., Ayala-Guerrero, L. M., Méndez-Ramos, M. G., & Castañeda-Olivares, F. (2017). Caracterización de aceite de semilla de jaca (*Artocarpus heterophyllus*). *Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias*, 4(11), 10-14.
- GOSWAMI, C., Chacrabati R. (2016) Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*). *Nutritional Composition of Fruit Cultivars*, 317-335.
- GARCÍA, G. (2012) Texturometría Instrumental: Puesta a punto y aplicación a la Tecnología de Alimentos. Tesis de maestría. Universidad de Oviedo.
- GUZMÁN, N.M. (2013) Utilización del *Artocarpus heterophyllus* (jackfruit) como alternativa gastronómica para pastelería. Tesis de Licenciatura. Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- HERRERA, E. E. (2015). La yaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam.), una fruta muy singular y sus usos tradicionales. *Herbario CICY* (7), 169 - 171.
- HLEAP, J. I. & Velasco, V. A. (2010). Analysis of the properties of texture during the storage of sausage made from red tilapia (*Oreochromis* sp.). *Facultad de Ciencias Agropecuarias*, 8(2), 46-56.
- LUNA-ESQUIVEL, Alejo-Santiago, Ramírez-Guerrero, Arévalo-Galarza M. L. (2003) La yaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) un fruto de exportación. *Agro Productividad*, 65 – 70.
- NAIR, N. R., Nampoothiri, K. M., Banarjee, R. and Reddy, G. (2016) Simultaneous saccharification and fermentation (SSF) of jackfruit seed powder (JFSP) to L-lactic acid and to polylactide polymer. *Bioresource Technology*, 213, 283 -288.
- PAPA, F., da Silva P.P.M., Mandro G.F., Margiotta G.B., Spoto M.H.F., Canniatti-Brazaca S.G. (2018). Características fisicoquímicas y alta aceptabilidad sensorial en capuchinos hechos con semillas de jaca que reemplazan el cacao en polvo. *Plos One*, 13 (8).
- QUINTANA Pérez, V. R. (2017) Aprovechamiento integral de la yaca (*Artocarpus Heterophyllus* Lam.) para elaborar productos alimenticios. Tesis de licenciatura de la universidad de ciencias de Chiapas.
- RENGUSTTHI, K., & Charoenrein, S. (2010). Physico-chemical properties of jackfruit seed starch (*Artocarpus heterophyllus*) and its application as a thickener and stabilizer in chilli sauce. *LWT - Food Science and Technology*, 44(2011), 1309-1313.
- RESENDIZ-VAZQUEZ, J. A., Ulloa, J. A., Urias-Silvas J. E. (2017) Effect of high-intensity ultrasound on the technofunctional properties and structure of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) seed protein isolate. *Ultrasonics Sonochemistry*, 37, 436– 444.
- SAHIN, S. & Sumnu S. (2007). *Physical Properties of Foods*. Turquía: Springer.
- SECRETARÍA de Agricultura y Desarrollo Rural. (2017). Productos de exportación, regalos de México al mundo. Gobierno de México. Recuperado el 10 de Noviembre de 2019 de <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/productos-de-exportacion-regalos-de-mexico-al-mundo>
- TULYATHAN, V., Tananuwong, K., Songjinda, P., y Jainoon, N. (2001). Some Physicochemical Properties of Jackfruit. *ScienceAsia*, 28(2002), 37-41.
- ULLOA, J., Rosas-Ulloa, P., Flores, J., Ulloa, B., y Escalona, H. (2007). Comportamiento del color en bulbos del fruto de la Jaca (*Artocarpus Heterophyllus*) autoestabilizados en frascos de vidrio por la tecnología de obstáculos. *Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 5(5), 372-378.
- ULLOA, J. A., Villalobos, C., Resendiz, J. A., Rosas, P., Ramírez, J. C., Silva, Y., y González, L. (2017). Production, physico-chemical and functional characterization of a protein isolate from jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) seeds. *CYTA - Journal of Food*, 15(4), 497-507.

EFECTO DE LA ADICIÓN DE HARINA DE PULPA DE YACA, EN ESTADO MADURO E INMADURO, A LA HARINA DE TRIGO, EN SUS PROPIEDADES REOLÓGICAS Y TEXTURALES DE LA MASA



Diana Gabriela Castillo Torres, Norma Güemes Vera, Andony Ramos Olvera, Sergio Soto Simental y Javier Piloni Martini

Centro de Investigación en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Instituto de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Av. Universidad km 1, Tulancingo, C.P. 43600, Hidalgo, México. gaby_di94@hotmail.com & njgv2002@yahoo.com.mx



Resumen

La yaca es fruto producido en nuestro país al cual se le ha dado poca difusión y uso, por lo cual, el objetivo de este trabajo fue obtener harinas de su pulpa madura e inmadura, para realizar una caracterización de cada una de ellas por medio de un análisis químico proximal (AQP), posterior a esto se elaboraron masas con harina de trigo adicionada con las harinas de la pulpa, a las cuales se les realizó un análisis de perfil de textura (APT). De acuerdo al AQP realizado a las harinas de yaca, podemos concluir que cuentan con un alto contenido nutricional ya que son ricas en fibra y proteína, con respecto al APT, la sustitución de la harina de trigo al 80% por harina de yaca madura, tiene gran similitud a las características reológicas y texturales de la harina trigo, lo cual la hace una opción su uso en la panificación.

Palabras clave: Pulpa de yaca madura e inmadura, harina, análisis químico proximal, análisis de perfil de textura, sustituciones

Antecedentes

La yaca (*Artocarpus heterophyllus Lam.*) es un fruto originario de la India, su árbol es de hoja perenne, lo que significa que tiene hojas prácticamente todo el año (Jagadeesh et al. 2007).

El fruto de la yaca consta de dos porciones, una comestible (pulpa y semilla) y la otra no comestible (cáscara, látex y raquis) (Goswami & Chacrabati 2016), este a su vez se divide en tres regiones primarias (Figura 1), a) Corazón o eje del fruto, con presencia de células laticíferas no comestibles, la cual se encuentra fusionada con la región externa igualmente no comestible de color verde, y amarillo al madurar, b) Pulpa, la mayor parte comestible del fruto (Luna et al. 2018), en la cual se pueden percibir distintos sabores como plátano, (Goswami & Chacrabati 2016) mango y kiwi (SIAP 2015), c) Semillas, que se encuentran contenidas dentro del fruto de los bulbos de pulpa (Luna et al. 2018) (Swami & Kalse 2018). En el estado de Nayarit se producen alrededor de 18,611 toneladas por año de acuerdo a lo reportado por la SIAP

(2017), sin embargo, su mayoría es exportada hacia Estados Unidos y muy poco utilizada en nuestro país, esto puede deberse a que es México es un fruto muy poco conocido.

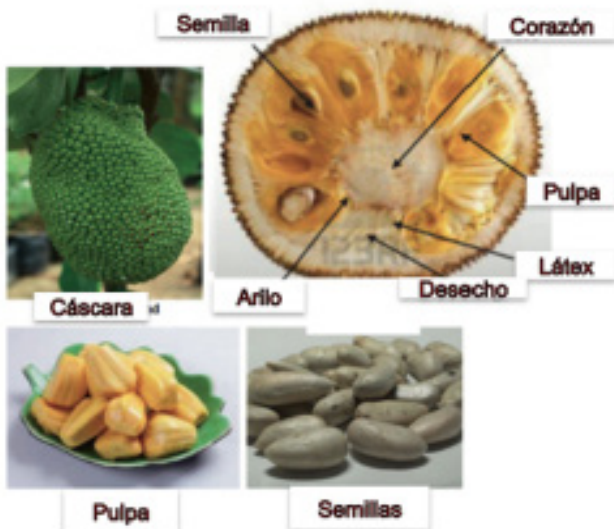


Fig. 1. Partes del fruto de la yaca

El fruto de la yaca es rico, no solo hablando por su sabor característico sino también por su contenido nutricional, ya que es bajo en calorías, y rico en vitaminas y minerales, además de que es alto en proteína en comparación con otras frutas. En una porción de 100 gramos la pulpa madura aporta: 88 kcal, 175-540 IU de vitamina A, 7.0 – 10.0 mg de vitamina C, 20.0 – 37.0 mg de calcio, 27 mg de magnesio, 38.0-41.0 mg de fósforo, 191 – 407 mg de potasio, 2.0 – 41 de sodio, 0.5 – 1.1 mg de hierro. En cuanto a la pulpa inmadura una porción de 100 gramos aporta: 50 kcal, 30 IU de vitamina A, 12.0 – 14.0 mg de vitamina C, 30.0-73.2mg de calcio, 20.0 – 57.2 mg de fósforo, 287-323 mg de potasio, 3.0 – 35.0 de sodio, 0.4 – 1.9 mg de hierro (Ranasinghe et al. 2019).

En los últimos tiempos se han desarrollado nuevos productos procesando diferentes partes de la yaca y evaluando su calidad nutricional. Además, se han utilizado tecnologías de procesamiento avanzadas que incluyen liofilización, fritura al vacío y congelación criogénica para desarrollar nuevos productos alimenticios a base de yaca (Ranasinghe et al. 2019).

Objetivo

El objetivo de este trabajo fue caracterizar a las harinas obtenidas del fruto de la yaca en estado maduro e inmaduro por medio del análisis químico proximal, y estudiar el comportamiento fisicoquímico de las masas elaboradas con harina de trigo adicionada a diferentes sustituciones con las harinas de yaca, realizando la prueba de análisis de perfil de textura (ATP) y así conocer cuál sería la mejor sustitución para ser utilizada en la elaboración de pan.

Materiales y métodos

Para llevar a cabo las evaluaciones se utilizaron 100 gramos de cada una de las harinas, las cuales estaban conformadas por harina de trigo y de yaca madura e inmadura a diferentes sustituciones, las cuales fueron del 20, 40, 60 y 80% respectivamente, como testigo se usó harina de 100% de trigo.

Análisis químico proximal. Para conocer como están constituidas las harinas obtenidas se realizó, análisis químico proximal el cual comprende la determinación del contenido de proteína (46-10.01), grasa (30-25.01), humedad (44-19.01), cenizas (08-08.01) y fibra cruda (32-05.01) de las muestras se determinó acorde a los métodos descritos por la Asociación Americana de Química Clínica (2000) (AACC) siglas en inglés.

Análisis de perfil de textura ATP. El análisis de perfil de textura, simula la masticación de la mandíbula y ayuda a medir y a cuantificar parámetros tales como: dureza, gomosidad, masticabilidad, elasticidad, cohesividad de la masa. (Esquivel 2017).

El análisis se determinó por medio del texturómetro marca Brookfield, siguiendo la metodología de Bourne (2002). La cual consistió en integrar 20 gramos de harina con 13 ml de agua destilada, hasta formar una esfera de 35 mm de profundidad y 30 mm de longitud, la cual se colocó un cilindro de acrílico (TA-BT-KIT), para comprimirse durante 15 minutos con una sonda de aluminio (TA-AACC36), en seguida se aplicaron dos ciclos de compresión a una velocidad constante de 0.5 mm/s hasta un 20% de deformación, los parámetros a evaluar fueron: dureza, cohesividad adimensional, adhesividad y elasticidad.

Resultados y discusión

Análisis químico proximal. El análisis químico proximal se llevó a cabo para conocer cómo es que estaban constituidas nutricionalmente la harina de trigo y las harinas obtenidas a partir de la pulpa de yaca madura e inmadura, ya que en la bibliografía no se ha reportado información acerca de la composición química de harinas hechas a base la pulpa.

Harina	Humedad	Minerales	Grasa	Fibra	Proteína
Harina de Trigo (HT)	6.84±0.23 ^a	11.70±0.04 ^a	15.12±0.02 ^a	0.07±0.01 ^b	5.48±0.22 ^c
Yaca inmadura (HYI)	14±0.42 ^b	4.77±0.03 ^b	0.64±0.06 ^c	5.74±0.13 ^a	6.69±0.11 ^b
Yaca madura (HYM)	20.25±0.83 ^c	4.01±0.07 ^c	1.08±0.07 ^b	6.62±0.58 ^a	7.30±0.05 ^a

Las medias con la misma letra en cada columna son estadísticamente iguales (Tukey, P ≤ 0.05)

Tabla 1. Análisis químico proximal de las harinas de trigo y de pulpa de yaca madura e inmadura.

Los parámetros evaluados se muestran en la tabla 1, de acuerdo a la humedad obtenida de las HT(6.84±0.23) y

HYI(14±0.42), se encuentra dentro del porcentaje establecido por la NOM-187-SSA1/SCFI-2002, el cual el límite máximo permisible es de 15%, con respecto a la humedad de la HYM(20.25±0.83) es significativamente mayor que a las otras dos harinas, lo cual podría ser factor para el desarrollo de microorganismos y a poca vida de anaquel, con respecto al contenido de fibra la HYI(5.74±0.13) y la HYM(6.62±0.58) son significativamente más altas que la HT(0.07±0.01), por lo que podría ser una opción para ser utilizada en la adición de HT, con el fin de brindar productos de panificación con mejores propiedades nutricionales, con respecto a la proteína podemos observar que existen diferencias significativas en las tres harinas, pero encontramos que el contenido es mayor en las HYI(6.69±0.11) y HYM(7.30±0.05) en comparación con la HT(5.48±0.22), de acuerdo a grasa y minerales, la HT(15.12±0.02, 11.70±0.04) muestra que es significativamente mayor en comparación con las HYM(1.08±0.07, 4.01±0.07) y HYI(0.64±0.06, 4.77±0.03).

Análisis de perfil de textura de las masas. En la tabla 2 se muestran los resultados obtenidos en el análisis de perfil de textura de las masas de harina de trigo adicionadas con las harinas de yaca madura e inmadura a diferentes concentraciones, las cuales fueron comparadas con un testigo de harina de trigo. Como se puede observar, hubo diferencias significativas ($P \leq 0.05$) en los tratamientos, con respecto a la dureza, definida como la fuerza necesaria para alcanzar la deformación máxima preestablecida (Lara et al.2017) podemos observar que las harinas de trigo adicionadas con mayor similitud a la testigo(1.56±0.38) fueron la sustitución de harina de yaca madura al 80%(3.77±0.17) y la de yaca inmadura al 80%(4.27±1.36), el resto de sustituciones mostraron valores superiores, con respecto a la cohesividad adimensional, las sustituciones más parecidas al testigo(0.46±0.06) fueron la yaca inmadura al 80% (0.40±0.08) y las harinas de yaca madura al 40%(0.34±0.02) y al 60%(0.35±0.02), sin embargo la más similar a la testigo fue la yaca madura al 80%(0.45±0.0), en cuanto a la adhesividad los valores más similares al testigo(0.24±0.09) fueron la harina de yaca madura 80%(0.85±0.04) e inmadura al 80%(0.88±0.05), y de acuerdo con la elasticidad, que es la actitud que presenta la masa para retomar a su forma inicial después de un proceso de formación, se encontró que la sustitución con mayor similitud al testigo(0.74±0.23) fue la yaca madura al 80% (0.76±0.04).

Las diferencias entre las diferentes sustituciones pueden deberse a la composición química de la yaca, lo que comprende con la yaca inmadura, quien tiene los valores significativamente diferentes puede deberse al almidón contenido en ella, que esta principalmente compuesto por amilosa de acuerdo a lo que menciona Adewumi (2019), por lo que hay más absorción de agua (Ribotta 2010) y da lugar a

una masa con mayor dureza, menor elasticidad y volviéndose más adhesiva, debido a que el exceso de absorción de agua no permite que haya una cohesividad adecuada. Cuando la fruta madura los niveles de almidón disminuyen y aumenta la concentración de azúcares simples (Salazar 2018), los cuales son más digestibles al momento de la formación de masa, esta puede ser la razón por la cual la masa adicionada

	Sustituciones		Dureza N	Cohesividad adimensional I	Adhesividad	Elasticidad
	Trigo %	Yaca %				
Harina de yaca madura	80	20	15.89±0.44 ^a	0.38±0.02 ^{ab}	3.15±0.24 ^{ab}	0.33±0.01 ^{ab}
	60	40	11.14±1.03 ^{cd}	0.34±0.02 ^{ab}	2.80±0.17 ^{cd}	0.59±0.02 ^{ab}
	40	60	6.98±0.64 ^{de}	0.35±0.02 ^{ab}	1.59±0.13 ^d	0.62±0.02 ^{ab}
	20	80	3.77±0.17 ^e	0.45±0.03 ^a	0.85±0.04 ^{ab}	0.76±0.04 ^a
	-	100	19.23±0.82 ^a	0.31±0.02 ^{bc}	4.48±0.33 ^a	0.54±0.04 ^{ab}
Harina de yaca inmadura	80	20	25.85±3.33 ^a	0.66±0.13 ^a	4.32±1.80 ^a	0.47±0.12 ^a
	60	40	9.62±1.33 ^{bc}	0.39±0.02 ^{ab}	1.59±0.68 ^d	0.46±0.03 ^a
	40	60	17.72±2.07 ^b	0.36±0.02 ^{ab}	1.30±0.20 ^d	0.45±0.03 ^a
	20	80	4.27±1.36 ^d	0.46±0.08 ^a	0.85±0.04 ^{ab}	0.71±0.20 ^a
	-	100	25.87±3.63 ^a	0.14±0.02 ^{cd}	3.36±0.45 ^b	0.41±0.02 ^a
Testigo	100	-	1.56±0.38 ^e	0.46±0.06 ^a	0.24±0.09 ^d	0.74±0.23 ^a

con HYM tiene características con mayor similitud a la testigo.

Las medias con la misma letra en cada columna son estadísticamente iguales (Tukey, P)

Tabla 2. Análisis de perfil de textura de masas de trigo adicionadas con harina de yaca madura e inmadura.

Conclusiones

De acuerdo al análisis químico proximal realizado a las harinas de yaca madura e inmadura, podemos concluir que cuentan con un alto contenido nutricional ya que son ricas en fibra a comparación de la harina de trigo, en cuanto a proteína tienen mayor contenido que otras harinas elaboradas a base de otras frutas.

Con respecto al análisis de perfil de textura, se puede concluir que la sustitución de la harina de trigo al 80% por harina de yaca madura, tiene gran similitud a la harina de trigo, ya

que sus características reológicas y texturales fueron muy parecidas, lo cual lo hace una opción que en cuanto masa posee buenas características en su uso en la panificación.

Agradecimientos

Al CONACyT por el financiamiento otorgado para la realización de este proyecto.

Referencias

- AACC. (2000). Approved methods of the AACC. 10th ed. American Association of Cereal Chemist. St. Paul MN, USA.
- BOURNE, M. (2002). Food Texture and Viscosity. Food Science and Technology. Chapter 1 – Texture, Viscosity, and Food. 1-32.
- ESQUIVEL, N. V. (2017). Universidad Nacional de Trujillo. Obtenido de Análisis de textura en frutas: <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNI-TRU/9770?show=full>
- GOSWAMI, C., & Chacrabati, R. (2016). Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*). In Nutritional Composition of Fruit Cultivars (pp. 317-335). Academic Press.
- JAGADEESH, S. L., Reddy, B. S., Swamy, G. S. K., Gorbali, K., Hegde, L., & Raghavan, G. S. V. (2007). Chemical composition of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) selections of Western Ghats of India. Food Chemistry, 102(1), 361-365.
- LARA, F. V., Amat, S. V., Rubio, A. R. I., Baviera, J. M. B., Meló, R. G., & Peñuelas, R. C. (2017). Efecto de la sustitución de harina de trigo con harina de avena, maíz y sorgo sobre las propiedades reológicas de la masa, texturales y sensoriales del pan. Investigación y Ciencia, 25(71), 19-26.
- LUNA, G., Alejo, G., Ramírez, L., & Arevalo, M.D. (2018). La Yaca un fruto de exportación. Agro Productividad, 6 (5), 65-70
- NOM-187-SSA1/SCFI-2002. Norma oficial mexicana NM-187-SSA1/SCFI-2002, productos y servicios. Masa.
- RANASINGHE, R.A.S.N., Maduwanthi, S.D.T., y Marapana, R.A.U.J. (2019). Nutritional and health benefits of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam.): A review. International journal of food science
- RIBOTTA, P. D., Barrera, G., Colombo, A., & León, A. (2010). Efecto del almidón dañado sobre las propiedades de las masas panarias y la calidad de los panificados.
- SALAZAR-ACOSTA, E. (2018). Almidón resistente en la nutrición de animales monogástricos I: concepto, clasificación y fuentes. Nutrición Animal Tropical, 12(2), 55-69.
- SERVICIO de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) (2017) Cierre de la producción agrícola por cultivo. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/>.
- SWAMI, S. B., & Kalse, S. B. (2018). Biodiversity, Nutritional Contents, and Health.



**CIENCIAS
QUÍMICAS**

EFECTO DE LA TEMPERATURA EN LA PRODUCCIÓN DE METABOLITOS DE BENZO[A]PIRENO Y BENZO[A]ANTRACENO POR LA MICROALGA SELENASTRUM CAPRICORNUTUM



*Gerardo Peralta Marín, Martha Patricia García Camacho**

**Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México,
geperamar@gmail.com; pgellas@unam.mx*



Antecedentes

Resumen

Los Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos son compuestos de interés debido a su recalcitrancia ambiental y toxicidad a diversos organismos. Por ello se han buscado métodos de tratamiento eficientes y ecológicos para mitigar su impacto, destacando la biodegradación mediante microalgas, las cuales han mostrado resultados prometedores. En este trabajo se estudió la biodegradación de benzo[a]pireno y benzo[a]antraceno, realizada por la microalga *Selenastrum capricornutum* en medios de cultivo líquidos. Se monitoreó los metabolitos 4,5-cis dihidrodiol benzo[a]pireno y 5,6-cis dihidrodiol benzo[a]antraceno a 22 °C, 28 °C y 34 °C, evaluando su actividad metabólica durante 3 y 6 h de incubación. Se realizó la extracción de los analitos por separado del medio líquido y la biomasa con adsorbentes C18 y se cuantificaron los metabolitos mediante Cromatografía de Líquidos de Alta Resolución. Se observó que su producción tiene una relación proporcional a la temperatura, lo cual contribuye a la elección de condiciones que favorezcan su actividad.

Palabras clave: Biodegradación, Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos, *Selenastrum capricornutum*, CLAR.

Los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs) son compuestos orgánicos formados por dos o más anillos de benceno unidos en arreglos lineales, angulares o en cúmulos, siendo resultado de la combustión incompleta de combustibles orgánicos, principalmente provenientes de actividades antropogénicas (Baek et al., 1991). Son sólidos a temperatura ambiente, y poco volátiles, siendo solubles en múltiples disolventes orgánicos con baja polaridad, y presentan una alta estabilidad química debido a sus sistemas π conjugados. (Busetti et al, 2006). Debido a sus propiedades, se adhieren con facilidad a diferentes matrices ambientales como el aire, agua y suelo, lo cual aumenta la exposición a estos contaminantes, además de que pueden incorporarse a la cadena trófica, sufriendo el fenómeno de bioacumulación (Ma y Harrad, 2015).

Se han agrupado 16 HAPs que han sido identificados como sustancias peligrosas, entre los cuales destacan el benzo[a]pireno y benzo[a]antraceno, debido a sus efectos carcinogénicos, mutágenos y teratógenos al exponerse a los seres humanos (WHO IARC, 2010), teniendo como mayor riesgo a

la salud un riesgo alto de cáncer pulmonar, gastrointestinal y dérmico (Kim et al, 2013), y daños al sistema cardiovascular (Marris et al, 2020).

La remoción y degradación de los HAPs no es espontánea, requiere de métodos físicos o químicos para su remediación. Sin embargo, el uso de reactivos puede afectar al medio por sí mismos o por los residuos que generan, o involucran un gasto energético al usar temperatura alta para descomponerlos. Como alternativa, han surgido los métodos biológicos, comúnmente con el uso de microorganismos capaces de realizar la biorremediación de dichos contaminantes en diversas matrices, entre estos destaca la actividad de bacterias, hongos y microalgas (Kuppusamy et al, 2017).

Las microalgas son organismos unicelulares fotosintéticos, que pueden ser eucariontes o procariontes, siendo marcadores importantes de cambio ambiental y son empleadas para evaluar el riesgo y expansión de contaminación por metales. Adicionalmente, son de interés por la diversidad de aplicaciones que se han implementado en los últimos años, como fuente de biomasa para la producción de biocombustibles, captura y fijación de CO₂, obtención de productos de interés para la agricultura y para el tratamiento de contaminantes en agua (Jalilian et al, 2020).

Se han observado diversas aplicaciones de estos microorganismos en la biorremediación de contaminantes, destacando el tratamiento de metales pesados y pesticidas (Leong y Chang, 2020; Nie et al, 2020; Hussein et al, 2017). Entre las ventajas que presenta el uso de microalgas para la biorremediación se encuentra la gran diversidad filogenética y fisiológica en la que diversas especies pueden crecer en condiciones variadas de pH, salinidad, contaminantes, temperatura, entre otras. Además, los requerimientos energéticos de las microalgas son menores a los de otros microorganismos, los nutrientes que se encuentran presentes en aguas residuales, como nitrógeno, fósforo, carbono y azufre pueden recuperarse en la biomasa en lugar de que se disipen en la atmósfera y el costo de operación es menor en comparación a otros métodos (Nagarajan et al, 2020).

Se han encontrado diversas especies de microalgas capaces de remover HAPs de bajo peso molecular, destacando al naftaleno y fenantreno (Cerniglia et al, 1993). Los estudios que involucran a los HAPs de mayor tamaño resaltan la actividad de especies como *Scenedesmus platydiscus*, *Scenedesmus quadricauda*, *Scenedesmus acutus* y *Selenastrum capricornutum*. Cabe destacar que las dos últimas han podido remover HAPs de mayor peso molecular como el benzo[a]pireno, produciendo dihidrodioles al degradarlo (Warshawsky et al, 1988), siendo más eficiente la especie *Selenastrum capricornutum* (García de Llasera et al., 2016). Adicionalmente, se ha realizado el monitoreo de los metabolitos producidos por esta microalga a diferentes

tiempos de exposición a 25 °C (Hernández-Blanco y García de Llasera, 2016).

El presente trabajo busca evaluar el efecto de la temperatura en la formación de los metabolitos 4,5-cis dihidrodiol benzo[a]pireno (4,5-dBaP) y 5,6-cis dihidrodiol benzo[a]antraceno (5,6-dBaA), realizando bioensayos de exposición de medios de cultivo líquido de *Selenastrum capricornutum*. Los bioensayos se manejaron a tiempos de exposición de 3 y 6 horas, y temperaturas de 22, 28 y 34 °C. El aislamiento de los analitos se llevó a cabo empleando las técnicas de Extracción en Fase Sólida (EFS) y Dispersión de Matriz en Fase Sólida (DMFS) para el sobrenadante y la biomasa respectivamente, las cuales permiten extraer selectivamente a los metabolitos de una manera rápida en la que se requiere una cantidad mínima de reactivos y muestra. Para su cuantificación se usó Cromatografía de Líquidos de Alta Resolución con Detector de Fluorescencia (CLAR-FD), destacando su capacidad de separación de los metabolitos producidos, ya que estos son isómeros con propiedades similares que dificultan su determinación por otras técnicas, y el límite de detección que permite la cuantificación en niveles de trazas como partes por billón (ppb). Con esto se contribuirá a la descripción de los parámetros involucrados en la biodegradación de los HAPs mediante microalgas para implementar metodologías más eficientes.

Objetivo

Evaluar la biodegradación de benzo[a]pireno y benzo[a]antraceno mediante la formación de los metabolitos 4,5-cis dihidrodiol benzo[a]pireno y 5,6-cis dihidrodiol benzo[a]antraceno, producidos por la microalga *Selenastrum capricornutum* a 22 °C, 28 °C y 34 °C y tiempos de incubación de 3 7 6 horas.

Parte experimental

Reactivos y materiales

Los estándares de los metabolitos 4,5-cis dihidrodiol benzo[a]pireno y 5,6-cis dihidrodiol benzo[a]antraceno con una pureza > 99% provinieron de MRI Global Research Institute Missouri EUA, los estándares de benzo[a]pireno y benzo[a]antraceno con pureza > 99 % provinieron de Chemservice EUA. Los disolventes empleados (acetoneitrilo, isopropanol, metanol) son de grado HPLC, del proveedor J. T. Baker EUA. El agua grado cromatográfico se obtuvo con un desionizador Millipore Simplicity UV (resistividad 18 MΩ cm⁻¹). El medio Bristol fue preparado con nitrato de sodio (NaNO₃), cloruro de calcio dihidratado (CaCl₂·2H₂O), sulfato de magnesio heptahidratado (MgSO₄·7 H₂O), fosfato de sodio dibásico (Na₂HPO₄), fosfato de sodio monobásico (NaH₂PO₄) y cloruro de sodio (NaCl), adquiridos de JT Baker EUA, y proteosa peptona obtenida de MCD Lab México.

La cepa pura de Microalga *Selenastrum capricornutum* fue adquirida de "The culture Collection of algae (UTEX)" de la Universidad de Texas.

Bioensayos

Los medios líquidos se mantuvieron bajo agitación orbital en el agitador Thermo Scientific Compact Digital Mini Rotator, manteniendo ciclos de luz blanca por 16 horas con un foco de luz fluorescente de 40 W. El monitoreo del crecimiento de los medios líquidos se realizó con el espectrofotómetro UV-Visible Genesys 10 S, usando una celda de metacrilato de 1 cm de paso óptico y midiendo a 685 nm. Se tomaron alícuotas de 15 mL de medios con absorbancia igual a 1, momento en el que se cuenta con aproximadamente 4.5×10^6 células mL⁻¹, y se colocaron en un matraz Erlenmeyer, adicionando una alícuota de 4 µg del HAP. Los bioensayos de exposición se realizaron en el agitador orbital con incubadora Jeio Tech SI-600R, manteniéndose bajo luz blanca con agitación orbital de 50 rpm a las condiciones de temperatura y tiempo de estudio. Los bioensayos se realizaron por triplicado.

Preparación de muestra y cuantificación

Se emplearon cartuchos de polipropileno de 1 mL y 4 mL como columnas para EFS y DMFS, las cuales fueron empacadas con sílice Supelclean LC-18, Supelco con diámetro de partícula 45 µm, contenida entre filtros circulares de polietileno de 20 µm con diámetro 6.4 mm y 12.7 mm.

Una vez concluida la exposición, se centrifugó el medio a 3900 rpm por 15 minutos. El sobrenadante se apartó en un matraz Erlenmeyer, al cual se adicionaron 4 mL de isopropanol y después de 15 minutos se cargó en un cartucho de EFS empacado con 300 mg de sílice previamente acondicionada. La biomasa seca se homogenizó con 100 mg de sílice acondicionada usando un mortero de ágata, para posteriormente empacarse. Se realizó una secuencia de extracción con disolventes (Olmos-Espejel et al, 2012).

La cuantificación se realizó con el cromatógrafo de líquidos de alta resolución Lab Alliance Serie II, usando una columna analítica Perkin-Elmer Spheri-5-ODS (250 mm x 4.6 mm D.I.; diámetro de partícula 5 µm, número de serie 217342) conectada a una precolumna de acero inoxidable (20 mm x 2.0 mm D.I.) empacada con sílice Nucleosil C18 con diámetro de partícula de 5 µm. La temperatura de la columna y precolumna se mantuvo a 30 °C con un horno Phenomenex TS-130. Se usó un detector de fluorescencia Linear Instruments LC 305 ($\lambda_{ex} = 264$ nm; $\lambda_{em} = 390$ nm). Las señales obtenidas se interpretaron mediante el software Clarity Chromatography Station Versión 2.8.1.584. Se empleó un método isocrático con una fase móvil metanol-agua 65:35 con un flujo de 1 mL min⁻¹.

Resultados y discusión

Monitoreo de 4,5-cis dihidrodil benzo[a]pireno

En la figura 1 se observa que la producción total (medio + biomasa) del metabolito, resultado de la degradación del benzo[a]pireno, se incrementa al aumentar el tiempo y la temperatura de exposición. En el caso de los bioensayos de 3 horas, se tiene una relación lineal entre la temperatura y cantidad del metabolito, la cual no se replica en los ensayos de 6 horas debido al aumento considerable de la concentración del metabolito a 34 °C, el cual es casi tres veces mayor. Esto se representa en la figura 1.

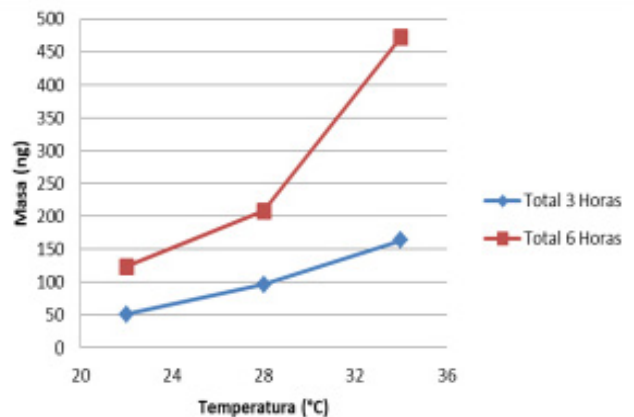


Fig. 1 Cantidad total de 4,5-dBaP en bioensayos de *Selenastrum capricornutum*

Al observar la cantidad del metabolito por separado en medio y en biomasa, se observa que está presente en el medio o sobrenadante, aumentado su cantidad a mayor temperatura y tiempo de exposición. En el caso de la biomasa los resultados de los ensayos a 22 °C y 28 °C son similares, incrementando su cantidad a 34 °C. Las condiciones en las que se favorece la producción del 4,5-dBaP son a 34 °C por 6 horas, el cual tiende a presentarse en mayor cantidad en la biomasa. En la figura 2 se ilustran los resultados obtenidos.

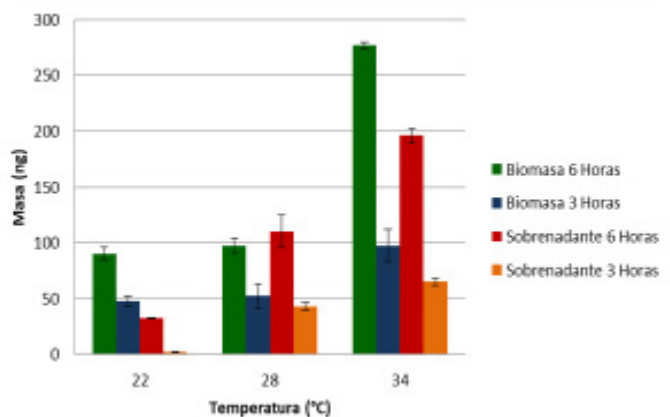


Fig. 2 Monitoreo de 4,5-dBaP en biomasa y sobrenadante de *Selenastrum capricornutum*

Monitoreo de 5,6-cisdihidrodiol benzo[a]antraceno

De manera análoga a lo observado anteriormente, en la degradación del benzo[a]antraceno, el metabolito se encuentra en mayor cantidad al aumentar el tiempo y temperatura de exposición. Se observa una mayor diferencia entre 22 °C y 28 °C en las dos series, mientras que la producción a 6 horas es aproximadamente 2.5 veces mayor a la obtenida a 3 horas en todo el perfil de temperatura. Dicha información se muestra en la figura 3.

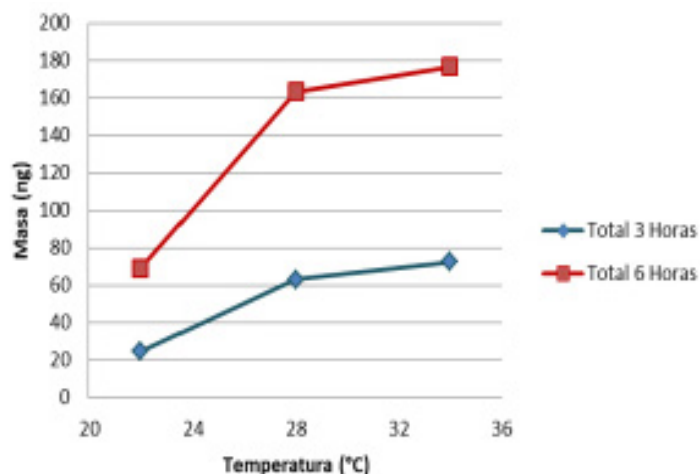


Fig. 3 Cantidad total de 5,6-dBaA en bioensayos de *Selenastrum capricornutum*

De acuerdo a la información de la distribución del metabolito en medio y en biomasa, destaca su predominancia en el medio o sobrenadante, mientras que la cantidad en la biomasa es mínima y no presenta variaciones drásticas a diferente temperatura. Esto sugiere que el metabolito se libera al medio líquido al producirse, y que las condiciones en las que se tiene una mayor actividad son a 34 °C por 6 horas. En la figura 4 se condensan los datos adquiridos.

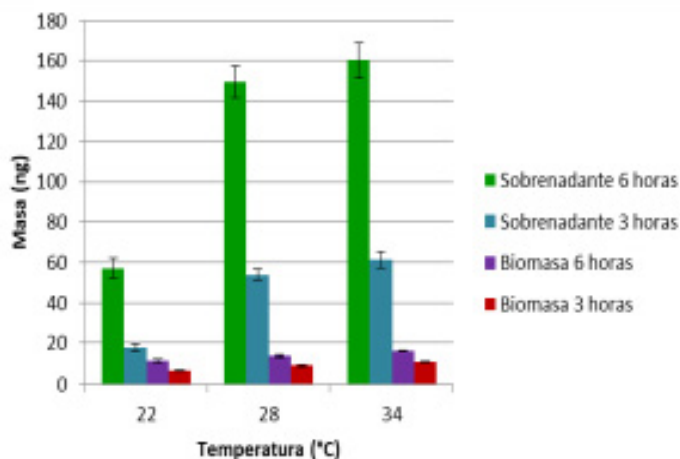


Fig. 4 Monitoreo de 5,6-dBaA en biomasa y sobrenadante de *Selenastrum capricornutum*

Es importante resaltar la diferencia en la distribución de los metabolitos; el 5,6-dBaA está en mayor proporción en el medio líquido, debido a que tiene un menor tamaño que el 4,5-dBaP, el cual puede presentar una mayor dificultad para difundirse después de ser producido por la microalga. En ambos metabolitos la actividad a 22 °C fue significativamente menor que la observada en las demás condiciones; en el caso del 5,6-dBaA se observa un mayor cambio en su producción a 28 °C, lo cual contrasta con los ensayos de 4,5-dBaP en los que se da a 34 °C, lo cual sugiere que este último requiere de más energía para que lleve a cabo la biodegradación del HAP.

Conclusiones

Se realizó el monitoreo de los metabolitos 4,5-cis dihidrodiol benzo[a]pireno y 5,6-cis dihidrodiol benzo[a]antraceno en las condiciones de estudio, observando una mayor cantidad producida a 34 °C y 6 horas, con el 4,5-dBaP predominando en la biomasa, mientras que el 5,6-dBaA está en mayor cantidad en el medio líquido. Con esto se resalta la importancia de elegir una temperatura adecuada para llevar a cabo los procesos de biorremediación y los estudios de la actividad metabólica que realiza la microalga, para poder describir cómo se lleva a cabo este proceso.

Agradecimientos

Este trabajo fue apoyado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México (CONACyT), por el proyecto CB-283377 y beca con No. de registro 30134. Se agradece igualmente el apoyo de la Dirección General de Asuntos de Personal Académico de la Universidad Nacional Autónoma de México (DGAPA-UNAM) por el proyecto PAPIIT IT202718, y el proyecto PAIP 5000-9034 de la Facultad de Química, UNAM.

Referencias

- BAEK, S. O.; Field, R. A., Goldstone, M. E.; Kirk, P. W.; Lester, J. N.; Perry, R.; (1991) A Review of atmospheric polycyclic aromatic hydrocarbons: sources, fate and behavior. *Water, Air and Soil Pollution* 60, 3-4, 279-300. doi: 10.1007/BF00282628
- BUSETTI, F., Heitz, A., Cuomo, M., Badoer, S., Traverso, P. (2006). Determination of sixteen polycyclic aromatic hydrocarbons in aqueous waters prior to determination by liquid chromatography with fluorescence detection. *Talanta* 74, 1392-1399. doi: 10.1016/j.chroma.2005.10.013
- CERNIGLIA, C. (1993). Biodegradation of polycyclic aromatic hydrocarbons. *Current Opinion in Biotechnology* 4, 3, 331-338. doi: 10.1016/0958-1669(93)90104-5
- GARCÍA de Llasera, M. P., Olmos Espejel, J., Díaz Flores, G., Montañón Montiel, A., (2016). Biodegradation of benzo(a)pyrene by two freshwater microalgae *Selenastrum capricornutum* and *Scenedesmus acutus*: a comparative study useful for bioremediation. *Environmental Science*

- and Pollution Research International 23, 3365-3375. doi: 10.1007/s11356-015-5576-2
- HERNÁNDEZ-BLANCO, F., García de Llasera, M. (2016) Monitoring dihydrodiol polyaromatic hydrocarbon metabolites produced by the freshwater microalgae *Selenastrum capricornutum*. *Chemosphere* 158, 80-90. doi: 10.1016/j.chemosphere.2016.05.065
- HUSSEIN, M.H., Abdulah, A.M., El Din, N.I.B., Mishaqa, E.S.I. (2017). Biosorption Potential of the Microchlorophyte *Chlorella vulgaris* for Some Pesticides. *Journal of Fertilizers & Pesticides* 8, 1, 1000177. doi:10.4172/2471-2728.1000177
- JALILIAN, N.; Najafpour, G., Khajouei, M. (2020) Macro and micro algae in pollution control and biofuel production-A review. *ChemBioEng Reviews* 7, 1, 18-33. doi: 10.1002/cben.201900014
- KIM, K., Jahan, S. A., Kabir, E., Brown, R. J. C. (2013) A review of airborne polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and their human health effects. *Environment International* 60, 71-80. doi: 10.1016/j.envint.2013.07.019
- KUPPUSAMY, S., Thavamani, P., Venkateswarlu, K., Bok, Y., Naidu, R., Megharaj, M. (2017) Remediation approaches for polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) contaminated soils: Technological constraints, emerging trends and future directions. *Chemosphere* 169, 944-968. doi: 10.1016/j.chemosphere.2016.10.115
- LEONG, Y., Chang, J. (2020) Bioremediation of heavy metals using microalgae: Recent advances and mechanisms. *Bioresource Technology* 303, 122886. doi: 10.1016/j.biortech.2020.122886
- NAGARANJAN, D., Lee, D., Chen, C., Chang, J. (2020) Resource recovery from wastewaters using microalgae-based approaches: A circular bioeconomy perspective. *Bioresource Technology* 302, 122817. doi: 10.1016/j.biortech.2020.122817
- NIE, J., Sun, Y., Hou, Y., Kumar, M., Usman, M., Li, J., Shao, J., Wang, L., Tsang, D. (2019) Bioremediation of water containing pesticides by microalgae: Mechanisms, methods and prospects for future research. *Science of the Total Environment* 707, 136080. doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.136080
- OLMOS-ESPEJEL, J., García de Llasera, M., Velasco-Cruz, M. (2012) Extraction and analysis of polycyclic aromatic hydrocarbons and benzo[a]pyrene metabolites in microalgae cultures by off-line/on-line methodology based on matrix solid-phase dispersion, solid-phase extraction and high-performance liquid chromatography. *Journal of Chromatography A* 1262, 138-147. doi: 10.1016/j.chroma.2012.09.015
- WARSHAWSKY, D., Radike, M., Jayasimhulu, K., Cody, T. (1988) Metabolism of benzo[a]pyrene by a dioxygenase enzyme system of the freshwater green alga *Selenastrum capricornutum*. *Biochemical and Biophysical Research Communications* 152, 2, 540-544. doi: 10.1016/s0006-291x(88)80071-8
- WORLD Health Organization: International Agency for Research on Cancer (2010). Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans Volume 92. Disponible en: <https://publications.iarc.fr/110>

TRATAMIENTO DE LISADOS MICROALGALES CON ACTIVIDAD ENZIMÁTICA PARA LA DEGRADACIÓN DEL B[a]P Y SU EVALUACIÓN POR SEC



Becerril Mercado José Eduardo, García Camacho Martha Patricia

*Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México,
bmjduardo@gmail.com*



Resumen

La biodegradación de hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) se puede realizar a través de mono oxigenasas y di oxigenasas en seres eucariontes y procariontes respectivamente. La biodegradación del benzo [a] pireno (B[a]P), un HAP ubicuo, recalcitrante y de alto impacto a la salud, ha sido estudiada empleando microalgas, sin describir aún el sistema enzimático involucrado. El empleo de extractos de microalgas verdes obtenidos por lisis ultrasónica y con capacidad de degradar B[a]P resultan útiles en la caracterización del sistema degradador. Por lo tanto, en este trabajo se obtuvieron lisados obtenidos de cultivos de *Selenastrum capricornutum* sensibilizados a B[a]P y se concentraron con un rotavapor y filtración en una membrana amycon YM-30. Estos procedimientos permitieron hacer su análisis por cromatografía de exclusión molecular y compararlos con ensayos control (cultivos sometidos a condiciones de análisis sin presencia del B[a]P). Previamente, la actividad enzimática en los lisados fue comprobada con exposición frente al B[a]P.

Palabras clave: Microalgas, B[a]P, cromatografía de exclusión molecular, degradación, actividad enzimática.

Antecedentes

La microalga verde, *Selenastrum capricornutum*, a sido empleada para estudios de degradación de B[a]P [1], pero el sistema enzimático involucrado en el proceso de degradación se encuentra aún en estudio. Por lo tanto para iniciar su caracterización es necesario contar con información tal como el peso molecular del sistema enzimático involucrado. El empleo de equipos como el rotavapor a presión controlada, permite eliminar de manera eficiente y suave los disolventes de una muestra, permitiendo que lisados celulares puedan ser concentrados y obtener componentes proteicos de interés en extractos crudos reducidos. El análisis de estos extractos mediante cromatografía de exclusión molecular (SEC, por sus siglas en inglés), previo tratamiento de muestra permite el aislamiento de biomoléculas, sin provocar alteraciones, proceso realizado con base en el tamaño de los componentes de la muestra permitiendo descartar los carentes de interés analítico. Proceso logrado a través de un empaque poroso que permite que los analitos de menor tamaño penetren en él y tengan tiempos de retención mayores en comparación con moléculas de mayor tamaño. Di-oxigenasas involucradas en el en el proceso de degradación de HAP han sido reportadas en bacterias con un peso molecular en el intervalo de 20 a 50 kDa [2].

Objetivo(s)

Desarrollar un procedimiento de concentración y filtrado

de lisados celulares procedentes de la microalga verde *Selenastrum capricornutum*, para obtener componentes proteicos y realizar un análisis de SEC comparativo entre células sensibilizadas y no sensibilizadas por exposición al B[a]P para determinar diferencias de peso molecular que puedan estar asociadas al sistema enzimático de degradación presente en la microalga verde. La permanencia de la actividad enzimática en el lisado celular será evaluada a través del análisis cromatográfico de metabolitos de interés.

Parte experimental

Reactivos y materiales

Se empleó el estándar B[a]P (Sigma Aldrich 96% de pureza PA, EE. UU.) y el metabolito 4,5 cis-dB[a]P NCI, MO, EE. UU.). Se emplearon los disolventes metanol grado cromatográfico J.T. Baker (NJ, EE. UU.), acetonitrilo grado HPLC J.T. Baker (NJ, EE. UU.), H₂O grado cromatográfico obtenida con el desionizador (Millipore, Bedford EE. UU.). Buffer Tris (BioRad Laboratories CA, EE. UU.). Se utilizó el cromatógrafo de líquidos de alta resolución (CLAR) Waters 1525 una válvula de inyección Rheodyne 7725i con rizo de 20 μ L, con detector UV (DUV) y el procesamiento de datos, Empower Pro 3. También, se empleó el CLAR Varian 9012 con una bomba 210, una válvula de inyección manual Rheodyne 7725i con rizo de 20 μ L, un detector de fluorescencia Varian ProStar 363, una tarjeta de interfase Star 800 y software de control y procesamiento de datos, Star Workstation. Las condiciones cromatográficas usadas en el equipo Waters 1525 fueron una columna SRT SEC-300 Sephax Technologies (5 μ m 300 Å 7.8 x 300 mm) con un intervalo de trabajo de 5 a 250 kDa, y la fase móvil elaborada buffer fosfato de sodio 0.15 M, pH 7. En el equipo Varian 9012 se usó de una columna Envirosep PP (5 μ m, 4.6 mm x 125 mm), fase móvil constituida por metanol y agua (en una proporción 62:38). En los procesos de extracción se emplearon reservorios de polipropileno de 6 cc (Varian, EE. UU.), adsorbente supelclean LC-18 Supelco (PA, EE. UU.), filtros para reservorio de 6 cc (MA. EE. UU.). Se emplearon las cepas puras de la microalga *Selenastrum capricornutum* (UTEX, EE. UU.). Para la obtención de lisados celulares se empleó la sonda de ultrasonido Cole Palmer CV334.

Tratamiento de lisados

Después de la exposición de 4 cultivos de 15 mL de células completas de *S. capricornutum* a B[a]P (72 h / 266 ng mL⁻¹ / 34 °C / 50 rpm), se recuperó la biomasa por centrifugación, posteriormente mediante el empleo de buffer Tris 50 mM pH 7.6 se enjuagó y se homogenizó la biomasa en un volumen final de 5 mL para realizar de manera individual la lisis celular. Posteriormente los extractos obtenidos fueron centrifugados a alta velocidad para eliminar restos celulares y acumular los lisados celulares en un solo matraz. Los 20 mL totales

se concentraron a 2 mL empleando el rotavapor (37 °C y 10 mbar). Finalmente, tras centrifugar el lisado celular, con el dispositivo amycon YM-30 se filtró y se llevó al volumen final de 0.5 mL. Eventualmente este proceso se adaptó y ejecutó en los sobrenadantes celulares de cultivos expuestos a B[a]P.

Evaluación de las zonas diferenciales de peso molecular en células de *Selenastrum capricornutum* sensibilizadas al B[a]P.

Cada ensayo empleó un conjunto de 4 cultivos de 15 mL de *Selenastrum capricornutum* (5.6 x10⁶ células mL⁻¹). Cada conjunto de cultivos fue sometido a temperatura y agitación constante por un intervalo de tiempo definido (37 °C, 50 rpm por 72 h). En este intervalo de tiempo se realizaron dos tipos de ensayos: el primero definido como sensibilización o activación y el segundo control (sin exposición al B[a]P). Tras realizar estos ensayos empleando la metodología descrita en la sección tratamiento de lisados se obtuvieron los extractos a analizar.

Construcción de curvas de calibración, análisis cromatográfico SEC

Con el cromatógrafo de líquidos Waters 1525 y detector UV (DUV) empleando la columna SRT SEC-300 (pre-columna: SRT SEC-300 5 μ m, 7.8 X 50 mm) a una λ de 205 nm, temperatura ambiente, y la fase móvil buffer fosfato de sodio 0.15 M, pH 7 (flujo de 1 mL min⁻¹) se construyó una curva de calibración empleando los estándares de peso molecular: tiroglobulina (669 kDa), amilasa (200 kDa), albumina (66 kDa), anhidrasa (29 kDa), aprotinina (6.51 kDa) y uracilo (0.12 kDa). Posteriormente se encontraron las diferencias proteicas entre el lisado celular y los controles realizados empleando las condiciones cromatográficas descritas en este punto.

Evaluación de actividad en lisados celulares

Finalmente, a los lisados celulares se les evaluó la permanencia de la capacidad de degradar el B[a]P. Para ello los extractos se diluyeron en 15 mL de medio Bristol (50 mM / pH7.6). Cada disolución se expuso a B[a]P por un periodo de 3 h a temperatura ambiente. Al finalizar este periodo de exposición las muestras se trataron por extracción en fase sólida y se recuperaron los metabolitos para ser analizados por cromatografía de líquidos en el equipo Varian 9012 y se contrastaron los resultados con el remanente de metabolitos encontrado en el control de activación.

Resultados y discusión

Tratamiento de lisados

La metodología empleada otorgó características ideales como baja viscosidad y un extracto libre de partículas ideales

para el análisis de lisados celulares por SEC. Esta metodología también resultó adecuada para tratar los sobrenadantes obtenidos de los ensayos de exposición.

Construcción de curvas de calibración, análisis cromatográfico SEC

Los tiempos de retención obtenidos al analizar los estándares de peso molecular fueron reproducibles. Los datos se encuentran reportados en la tabla 1.

Estándar proteína	tr	σ	C. V.	log kDa
Igroglobulina	7.18	0.01	0.18	2.83
amilasa	8.84	0.01	0.09	2.30
Albumina	9.95	0.01	0.09	1.82
Anhidrasa	11.10	0.02	0.16	1.46
Protinina	11.75	0.01	0.10	0.81
Tracilo	13.76	0.02	0.18	-0.92

Tabla 1. Datos obtenidos en la construcción de la curva de calibración al aplicar SEC

La curva de calibración está descrita por la siguiente ecuación $y = -0.4145x + 5.8923$ y un R^2 de 0.96. Al realizar el análisis cromatográfico de los lisados celulares se observó una diferencia en el minuto 10.4 al contrastar con el ensayo control. Esta diferencia se asoció a un PM de 38.15 kDa. Tras aplicar esta metodología de tratamiento de muestra en los sobrenadantes de los cultivos celulares expuestos a B[a]P se pudo observar un comportamiento similar, encontrando una diferencia en la composición proteica al minuto 10.2 minutos asociada a un PM 46.18 kDa. Estos datos ofrecen una zona preferencial de búsqueda entre 46.17 a 38.15 kDa. Ejemplo de los resultados obtenidos por SEC evidenciados en cromatogramas se observan en la figura 1.

Evaluación de actividad enzimática en lisados celulares.

Los ensayos de actividad realizados en los lisados celulares arrojaron un aumento en el área del 4,5 cis dB[a]P en un 5.1% asociado a la permanencia del 4,5 cis dB[a]P, metabolito de aparición temprana. Un comportamiento similar se observó al aplicar esta metodología en los extractos del sobrenadante provenientes de los cultivos tratados, observando un aumento de 26% y 75% en las áreas asociadas a la cuanti-

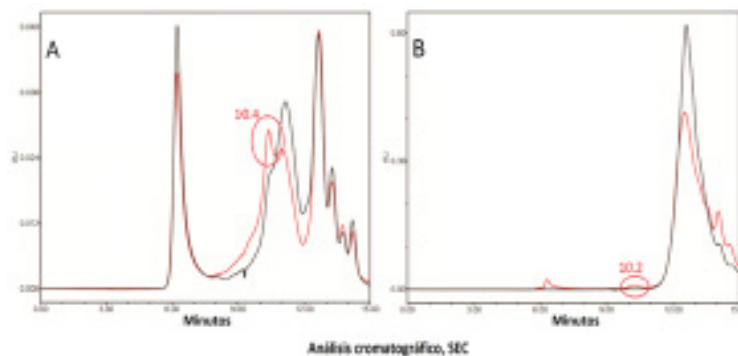


Fig. 1. A) Lisado celular, B) sobrenadante celular, en negro ensayos control, en rojo ensayos de actividad.

ficación del 4,5 cis dB[a]P y 7,8 cis dB[a]P, demostrando la permanencia y efecto de la actividad enzimática después del proceso de tratamiento de muestra.

Conclusiones

El proceso de concentración de los lisados celulares a través del uso del rotavapor y filtración por membrana con el dispositivo amycon favoreció la obtención de los componentes enzimáticos que participan en el proceso de biodegradación del B[a]P procedentes de cultivos de *Selenastrum capricornutum*. Fue posible analizar el extracto concentrado por SEC, con el cual se determinó una zona de peso molecular de interés que abarca el intervalo de 46.17 a 38.15 kDa. Este proceso no afectó la viabilidad de los sistemas enzimáticos presentes siendo posible determinar actividad enzimática en los extractos concentrados tras la identificación de metabolitos de aparición temprana.

Agradecimientos

Se agradece a la Dirección general de Asuntos de Personal Académico de la Universidad Nacional Autónoma de México DGAPA-UNAM proyecto PAPIIT IT 202718, al CONACYT proyecto CB No. 283377 y beca de Doctorado No. 577195 otorgada a J. E. Becerril Mercado y al proyecto PAIP 50009034 de la Facultad de Química, UNAM.

Referencias

- OLMOS-ESPEJEL, J. J., García de Llasera, M. P., & Velasco-Cruz, M. (2012). Extraction and analysis of polycyclic aromatic hydrocarbons and benzo[a]pyrene metabolites in microalgae cultures by off-line/on-line methodology based on matrix solid-phase dispersion, solid-phase extraction and high-performance liquid chromatography. *Journal of Chromatography A*, 1262, 138–147. doi: 10.1016/j.chroma.2012.09.015
- IZQUIERDO A., (2013). Biodegradación de HAPs durante la biorremediación aeróbica de suelos contaminados con hidrocarburos del petróleo. Análisis de poblaciones bacterianas y genes funcionales. Tesis, Universidad de Barcelona Programa de doctorado Microbiología Ambiental y Biotecnología.

ESTUDIO COMPUTACIONAL DEL MECANISMO DE REACCIÓN EN LA REDUCCIÓN SELECTIVA DE *m*-DINITROBENCENO CON AZUFRE ELEMENTAL EN MEDIO BÁSICO



*José Guillermo Penieres Carrillo, José Guadalupe García Estrada
Abraham Escobar López, Aurora Karina Franco Francisco, Luis Antonio Martínez Arellano*

Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán-UNAM; jogarcia@unam.mx



Resumen

La reducción de compuestos nitroaromáticos es una de las reacciones químicas comercialmente más importantes en la ingeniería química, continuamente se buscan nuevos procesos que sean efectivos, bajando costos y tiempos de reacción, pero sobre todo, que no se produzcan subproductos, esto último se llama reacciones selectivas. El conocimiento total de una reacción química se encuentra en una propuesta detallada paso a paso del cómo se lleva a cabo a nivel molecular el movimiento de los electrones que producen la ruptura y formación de enlaces, es decir, su mecanismo de reacción. Con lo anterior, el objetivo del presente trabajo de investigación es proponer un mecanismo de reacción con el uso de la Química Computacional para la reducción selectiva de *m*-dinitrobenzono con azufre elemental y en medio básico. La propuesta nos permitió determinar los intermediarios de reacción registrados experimentalmente y su caracterización geométrica, empleando para ello el método químico cuántico semiempírico AM1.

Palabras clave: Reducción-selectiva-azufre-mecanismo-AM1.

Antecedentes

La reducción de compuestos nitroaromáticos es una de las reacciones químicas comercialmente más importantes en la ingeniería química, continuamente se buscan nuevos procesos que sean eficientes, bajando costos y tiempos de reacción, pero sobre todo, que no se produzcan subproductos; a esto último se llama reacciones selectivas.

Sin embargo, la primera reacción para reducir nitrobenzono fue propuesta en 1842 por el químico ruso Nikolái Nikoláievich Zinin, al llevar a cabo la obtención de anilina a partir de nitrobenzono y sulfuro de amonio como agente reductor; años más tarde, se encontró que es un método de reducción selectivo, para compuestos con más de un grupo nitro, empleando solamente un equivalente de azufre elemental. A pesar de ser una reacción con más de cien años de existencia, los mecanismos de reacción propuestos para explicar la selectividad han sido pocos, pero en todos ellos se deben de explicar la formación de algunos intermediarios como lo es el *m*-nitronitrosobenceno y el *m*-hidroxilaminonitrobenzono, para que finalmente se obtenga el *m*-aminonitrobenzono (*m*-nitroanilina), como se observa en la Figura 1.

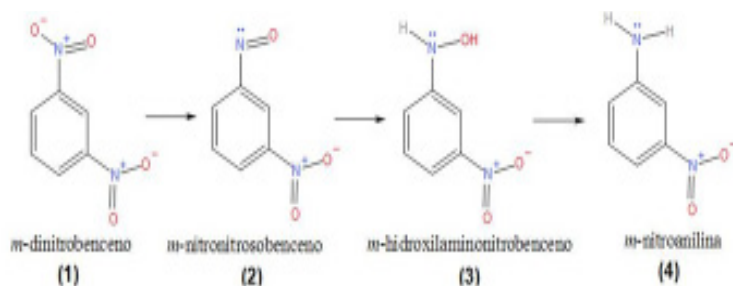


Fig. 1. Intermediarios formados durante la reducción.

En general, las primeras reacciones de reducción se efectuaron hace unos 130 años con metales en medios altamente ácidos, aunque se dejó en el olvido por el descubrimiento de la hidrogenación catalítica y los métodos electrolíticos.

Por otro lado, la Química Computacional (QC), como herramienta de respaldo en investigaciones experimentales, comprende dos grandes métodos: la mecánica molecular y la química cuántica, siendo ésta última validada en 1998 cuando la Academia Sueca de Ciencias otorgó el Premio Nobel a dos químicos teóricos, Walter Kohn y John Pople por el desarrollo de la teoría de funcionales de la densidad (DFT). Algunas de tantas aplicaciones de la QC son el estudio de mecanismos de reacción para tratar de entender o predecir el comportamiento de las moléculas involucradas en una reacción química, y el poder obtener la información molecular necesaria para describir un sistema, dado que es utilizada para conocer estados intermediarios de reacción, ángulos de enlace, propiedades electrónicas de la molécula, entre otras. En la actualidad existen programas específicos para realizar cálculos de química computacional, los cuales difieren en el método de cálculo, así como en la exactitud y recursos computacionales necesarios. Generalmente los estudios de reacciones químicas se llevan a cabo utilizando dos métodos basados en la mecánica cuántica: 1) los métodos semiempíricos, que están basados en el formalismo de Hartree-Fock, y 2) los del funcional de la densidad (FD). La gran dificultad para realizar cálculos más exactos con el FD para el estudio de moléculas de gran tamaño, hace que los métodos semiempíricos sean los más adecuados a usar. Entre los métodos semiempíricos, el conocido como AM1 (Austin Model 1) es el más adecuado y ofrece una buena estimación para el cálculo de propiedades electrónicas de sistemas moleculares complejos. No importando el método, todos buscan determinar la energía total del sistema, para ello aplican el operador Hamiltoniano, el cual para el caso de un átomo con n electrones es:

$$\hat{H} = \frac{\hbar^2}{2m_e} \sum_{i=1}^n \nabla_i^2 - \sum_{i=1}^n \frac{Ze^2}{r_i} + \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \frac{e^2}{r_{ij}}$$

Donde:

$$\hat{T} = \frac{\hbar^2}{2m_e} \sum_{i=1}^n \nabla_i^2$$

$$\hat{V} = - \sum_{i=1}^n \frac{Ze^2}{r_i}$$

$$\hat{U} = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \frac{e^2}{r_{ij}}$$

son los operadores energía cinética \hat{T} , energía potencial \hat{V} y \hat{U} energía potencial electrón-electrón.

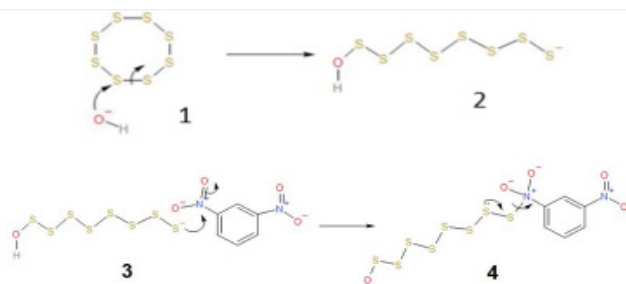
Objetivo

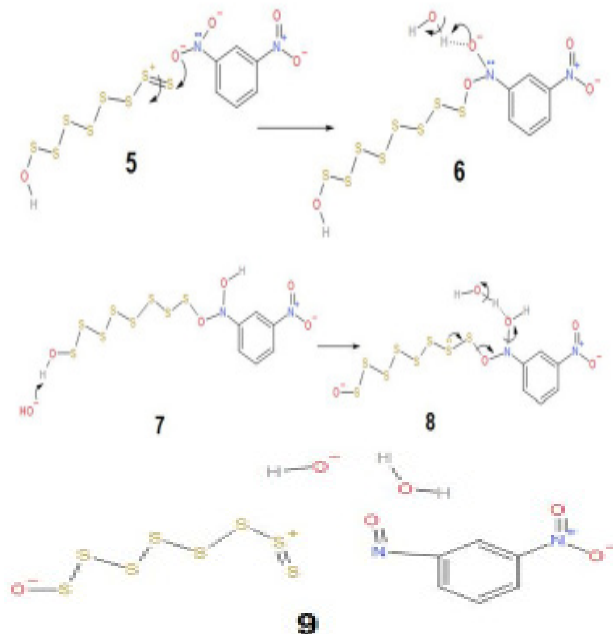
El objetivo del presente trabajo es proponer un mecanismo de reacción con el uso de la Química Computacional para la reducción selectiva de *m*-dinitrobenzono con azufre elemental en medio básico, determinar los intermediarios de reacción más importantes y el estado con mayor energía, empleando la base de cálculo semiempírico AM1.

Metodología

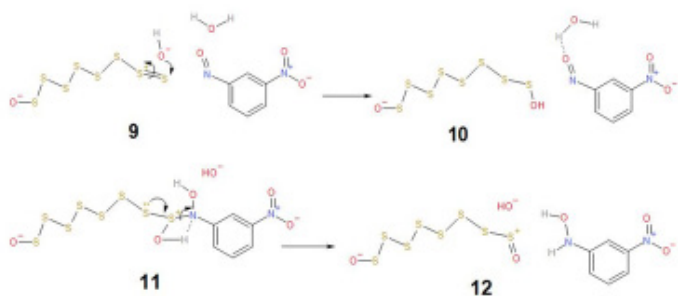
Se propone un mecanismo de reacción, en el que se muestra una secuencia de reacciones (Figura 2) que describe tres estados de reducción involucrados. Los sistemas de moléculas de cada etapa, se construyeron en 3D empleando iQmol Molecular Viewer. La determinación de las entalpías de formación (ΔH_f), distancias y ángulos de enlace con el software ArgusLab Molecular Modeling, empleando el método cuántico AM1.

1er. Estado de reducción *m*-dinitrobenzono a *m*-nitronitrosobenzono.





2º. Estado de reducción a m-hidroxilaminonitrobenzene.



3er. estado de reducción: formación de la m-nitroanilina

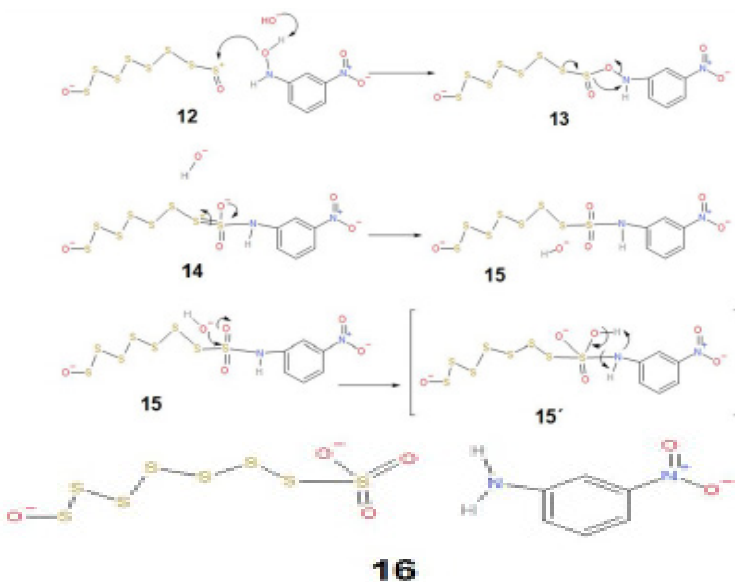
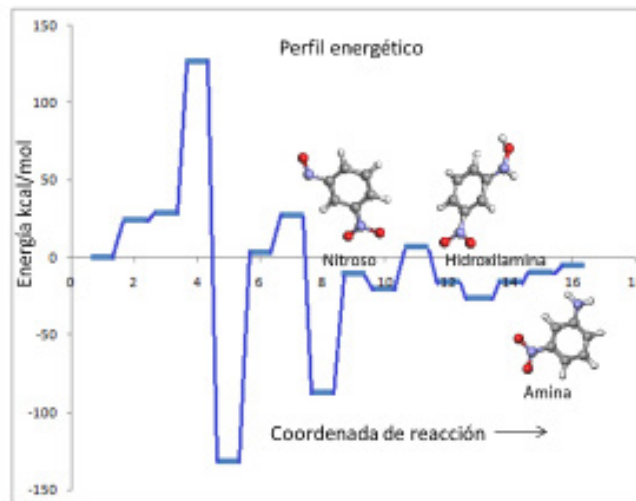


Fig. 2. Descripción del mecanismo de reacción en tres estados de reducción.

Resultados y discusión

El perfil energético para la propuesta mecanística corresponde a la Gráfica 1. En ella se puede localizar la etapa determinante al igual que los intermediarios de reacción.



Gráfica 1. Perfil de energía de reacción.

De acuerdo al perfil energético, la etapa determinante fue la coordenada 4, con un calor de formación de 126.9632 Kcal/mol y una distancia entre el nitrógeno y azufre de 1.767652 Å, Figura 3, lo que significa que el ataque nucleofílico del sulfuro al nitrógeno es la coordenada más lenta y requiera mayor energía.

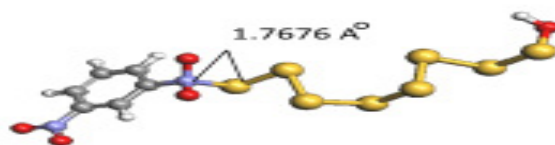
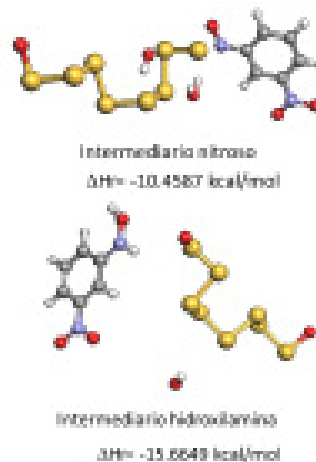


Fig. 3. Estado de mayor energía (coordenada 4).

Los intermediarios de reacción se detectaron en las coordenadas 9 y 13 para el grupo nitroso e hidroxilamina, respectivamente, y para la amina, correspondió a la coordenada 16, Figura 4.



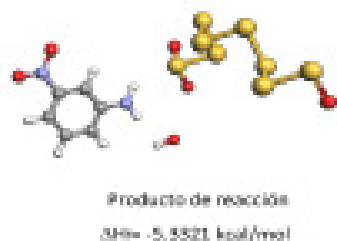


Fig. 4. Intermediarios, nitroso (coordenada 9), hidroxilamina (coordenada 12) y amina (coordenada 16).

Cabe señalar que la coordenada 5 representa la menos energética con $-131.6957 \text{ Kcal/mol}$, en donde ocurre el rompimiento del enlace nitrógeno-azufre antes formado, para continuar con los siguientes estados de reducción, Figura 5.

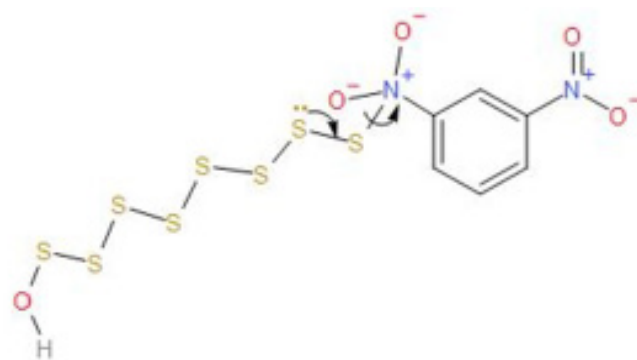


Fig. 5. Estado de menor energía.

Con la base de cálculo empleada y los datos obtenidos se determinaron los intermediarios que reporta la literatura en los procesos de reducción selectiva de nitroarenos.

Conclusiones

Se ha realizado una buena propuesta de mecanismo de reacción con base a los datos experimentales conocidos y a los datos del perfil de energía de reacción determinado con el método de cálculo semiempírico. De acuerdo con la metodología, se propone un mecanismo de reacción para la reducción selectiva de m-dinitrobenzono para la obtención de m-nitroanilina. Se determinó la etapa más lenta de la reacción que resultó ser el acercamiento de enlace entre N y S en el primer estado de reducción. Los intermediarios de reacción fueron detectados en las coordenadas 9 para el sistema nitroso y en la coordenada 12 la hidroxilamina, finalmente la m-nitroanilina con un calor de formación de -5.3321 kcal/mol .

Referencias

- UJJAL, M.; Aslam, P.; Gaurav. S. (2016). Novelities of triphasic phase transfer catalysed Zinin reduction of nitrochlorobenzene by H₂S-laden monoethanolamine RSC Adv., 6, 23666–23676. doi: 10.1039/c5ra26856g.
- PEIJIAN, W.; Jisong, Z.; Kai. W. (2016). Kinetic Study of Reactions of Aniline and Benzoyl Chloride Using NH₃ as Acid Absorbent in a Microstructured Chemical System, Ind. Eng. Chem. Res., doi: 10.1021/acs.iecr.6b00506.
- Y. Wei.; L. Xiang; Z. Xu; H. Sun; Y. L. Peng; K. Liu; C. Gao and M. Gao, (2014), Solution Processible Hyperbranched Inverse-Vulcanized Polymers as New Cathode Materials in Li-S Batteries, Polym. Chem., doi:10.1039/C4PY01055H.
- C. Barchasz; F. Molton; C. Duboc; J.C. and F. Alloin, (2012), Lithium/Sulfur Cell Discharge Mechanism: An Original Approach for Intermediate Species Identification, Anal. Chem. 2012, 84, 9, 3973–3980. doi:org/10.1021/ac2032244.
- Q. Juntian; N. Zehao; H. Zheming; C.Xu; C. Feng; C. Tuo, (2020), Mechanisms insight into oxygen reduction reaction on sulfur-doped Fee N₂ graphene electrocatalysts, Inter.Jour. Hydrog Ener,45, 1521-530. doi:org/10.1016/j.ijhydene.2019.10.205

RELACIÓN ESTRUCTURA ACTIVIDAD BIOLÓGICA, UN ACERCAMIENTO AL APRENDIZAJE DEL DISEÑO DE FÁRMACOS ASISTIDOS POR COMPUTADORA



José Guillermo Penieres Carrillo, José Guadalupe García Estrada, Betzabe Jiménez Alfonso, Cristal Solis Solis, Isis Lizbeth García Reyes, Dulce Viridiana Castillo Martínez, Luis Antonio Martínez Arellano

Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán-UNAM, jogarcia@unam.mx



Resumen

Dada la situación mundial actual referente a la pandemia, surge la necesidad de enseñar vía remota, en donde se exploran métodos de enseñanza que faciliten el aprendizaje y al mismo tiempo motiven a los estudiantes. Por otro lado, la Química Computacional (QC) es una herramienta que se usa en el modelado y simulación para ayudar a resolver problemas químicos, particularmente en el área del Diseño de Fármacos. Este proyecto busca dar a conocer las herramientas computacionales entre estudiantes de la carrera de Farmacia. Para ello, implementando el modelado de estructuras en dos dimensiones y la ejecución de cálculos sencillos para determinar propiedades fisicoquímicas y biológicas de algunos compuestos sintetizados en el laboratorio de docencia de Química Orgánica. Para lograr lo anterior, se consideró la estructura base de los compuestos sintetizados en laboratorio de docencia y se procedió a determinar las propiedades fisicoquímicas y biológicas, variando los sustituyentes en la estructura química.

Palabras clave: QSAR-Modelado-Molecular3D-Hammett-Estudiantes-Farmacia.

Antecedentes

El diseño de fármacos asistido por computadora, es muy importante entre los estudiantes de la Licenciatura en Farmacia en la investigación y desarrollo de medicamentos. Se requiere de un conjunto de asignaturas multidisciplinarias para su buen entendimiento, entre las más importantes se encuentran, química orgánica heterocíclica, fisicoquímica farmacéutica, bioquímica, química analítica, entre otras. Por otro lado, dada la situación mundial actual referente a la pandemia, surge la necesidad de enseñar vía remota, en donde se exploran métodos de enseñanza que faciliten el aprendizaje y al mismo tiempo motiven a los estudiantes. Pero, ¿es posible enseñar química aplicada a través de una computadora?. La respuesta es sí, siempre y cuando las escuelas puedan ofrecer una experiencia académica virtual completa y apropiada, con alumnos que cuenten con dispositivos electrónicos, profesores que sean capaces de diseñar actividades y sesiones en línea. La Química Computacional (QC) es una herramienta que se usa en el modelado y simulación para ayudar a resolver problemas químicos, particularmente en el área del Diseño de Fármacos. Hoy en día, la

QC es de suma importancia en el descubrimiento de nuevas sustancias con actividad biológica y mejoramiento de las ya existentes. Con los inicios de la descripción de la materia propuestos por modelos atómicos y posteriormente con el desarrollo de la teoría cuántica, fueron los antecedentes para la aplicación de la QC. Al mismo tiempo, la dificultad intrínseca de las ecuaciones que describen el comportamiento de la materia, obliga el uso de modelos matemáticos complejos cuya resolución se logra a través de un lenguaje propio de los procesadores. La eficacia de estos modelos matemáticos, fueron validados en 1998 cuando la Academia Sueca de Ciencias otorgó el Premio Nobel a dos químicos teóricos: Walter Kohn y John Pople por el desarrollo de la teoría de funcionales de la densidad (DFT) y la aplicación de los métodos computacionales en química cuántica. Como aplicación inmediata, el método más común para la descripción de la actividad biológica de una molécula es el denominado relación cuantitativa estructura-actividad (en inglés, Quantitative Structure-Activity Relationship, QSAR), el cual considera la estructura química de una molécula y la correlaciona cuantitativamente con una propiedad fisicoquímica (descriptor molecular) contra la actividad biológica determinada de forma experimental. El concepto del diseño cuantitativo de fármacos se basa en que: Las propiedades biológicas de un compuesto son función de sus "parámetros fisicoquímicos" (solubilidad, lipoficidad, efectos electrónicos, ionización y estereoquímica). El Primer intento de relacionar un parámetro fisicoquímico con un efecto farmacológico fue en 1893, Richet observó que la toxicidad de un grupo de compuestos orgánicos estaba relacionada con su solubilidad en agua (Regla de Richet). Pero, Louis Hammett, publicó en 1940 el libro "Physical Organic Chemistry" y marcó el comienzo de la Química Orgánica Cuantitativa. La ecuación que lleva su nombre, considera los efectos electrónicos de los grupos funcionales presentes en una molécula y cuantifica la relación que pueden tener con la reactividad de la misma. Con el fin de hacer comparaciones cuantitativas entre sustituyentes, Hammett midió las constantes de equilibrio de ácido benzoico y de ácidos benzoicos sustituidos a 25°C en agua, y asignó a cada sustituyente un parámetro que denominó σ y que expresó con la siguiente ecuación:

$$\log\left[\frac{K}{K_0}\right]=\sigma \quad (1)$$

K_0 es la constante de equilibrio para la ionización del ácido benzoico y K es la constante de equilibrio para la ionización del ácido benzoico sustituido. Esta ecuación es válida tanto para constantes de equilibrio como para constantes de velocidad (k).

$$\log\left[\frac{k}{k_0}\right]=\sigma \quad (2)$$

Es importante resaltar que σ es el parámetro que caracteriza al sustituyente y es una medida de su carácter electrón-donante o electrón-atrayente. La interpretación del signo de este

parámetro es la siguiente: Sustituyentes electrón-donantes (como el NH_2) disminuyen la constante de ionización del ácido benzoico y dan valores negativos de σ . Sustituyentes electrón-atrayentes (como el NO_2) aumentan la constante de ionización del ácido benzoico y dan valores positivos de σ . Los modelos QSAR son ecuaciones matemáticas donde se relaciona la actividad biológica con descriptores moleculares o información fisicoquímica de un compuesto en estudio. El primer paso para llevar a cabo un modelo QSAR, es seleccionar un número de moléculas con valores conocidos de actividad biológica, que bien se pueden extraer de un banco de datos, el segundo paso, es determinar algunos descriptores moleculares, que pueden ser de tipo fisicoquímico, electrónico, geométrico o topológico (superficie). Estos descriptores se usan como variables independientes en la ecuación QSAR y se considera la propiedad de actividad biológica como la variable dependiente. El éxito, es encontrar una función de los descriptores calculados (x_i variable independiente), a través de una relación lineal de la forma:

$$y = b_0 + b_1x_1 + \dots + b_nx_n \quad (3)$$

Dónde b_j son constantes de ajuste. La ecuación QSAR obtenida, permite una estimación para encontrar qué propiedades afectan la actividad biológica en una molécula propuesta y se puede proponer la actividad de compuestos no probados y/o sintetizados, con este procedimiento se puede reducir tiempo experimental en la elaboración de nuevos compuestos farmacéuticos.

Objetivo

Llevar a cabo una aproximación a los estudios de QSAR entre estudiantes que actualmente cursan el laboratorio de química orgánica III de la Licenciatura de Farmacia. Dar a conocer las herramientas computacionales para el modelado de estructuras en 2D y 3D. Llevar a cabo la ejecución e interpretación de cálculos sencillos para algunos compuestos sintetizados en el laboratorio de docencia, usando software disponible en línea. Finalmente, interpretar los resultados para correlacionar el efecto de grupos funcionales activantes y desactivantes en compuestos heterocíclicos que se sintetizan en el laboratorio.

Metodología

Paso 1: Se eligieron cuatro compuestos heterocíclicos sintetizados en el laboratorio de docencia; indoles (A), dihidropiridinas (B), ácido barbitúrico (C) y bencimidazoles (D) (Figura 1), los cuales fueron modificados en el grupo fenilo en posiciones orto y para con grupos electrodonadores y electroattractores, Tabla 1.

Paso 2: Se llevó a cabo el modelado en 2D y 3D de las respectivas estructuras moleculares, usando el programa

iQmol y ArgusLab para la determinación de propiedades fisicoquímicas.

Paso 3: Se hizo una búsqueda de los valores de las constantes de Hammett y de propiedades biológicas y descriptores moleculares con la aplicación de Molinspiration.

Paso 4: Finalmente, los datos obtenidos se sometieron a un tratamiento de regresión lineal en la búsqueda de una correlación.

Activantes	Desactivantes
-NH ₂	-NO ₂
-OH	-F
-SH	-Cl
-CH ₃	-Br
-CH ₂ CH ₃	-I

Tabla1. Grupos activantes y desactivantes más comunes.

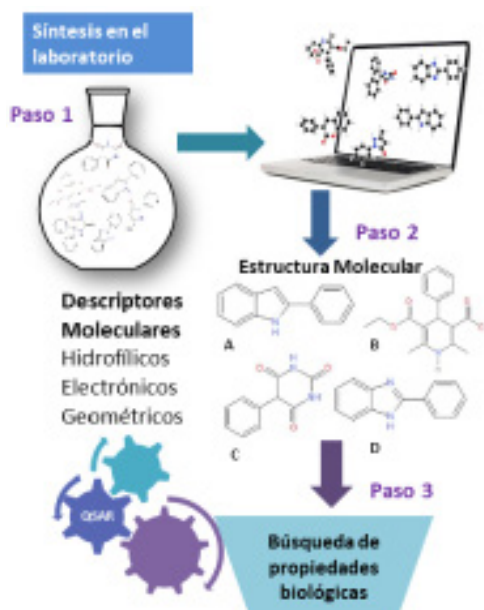


Fig. 1. Diagrama de la metodología a seguir.

En cuanto al banco de datos para actividad biológica se empleó el proporcionado en la página web Molinspiration (<https://www.molinspiration.com>). Así mismo, se consideró

dos descriptores moleculares, el coeficiente de partición log de P y canal de calcio, para efectuar las correlaciones frente a los valores de Hammett para los sustituyentes indicados en la Tabla 1.

Resultados y discusión

De la serie de cuatro compuestos elegidos se determinó las estructuras 2D y 3D, como se muestra en la Figura 2.

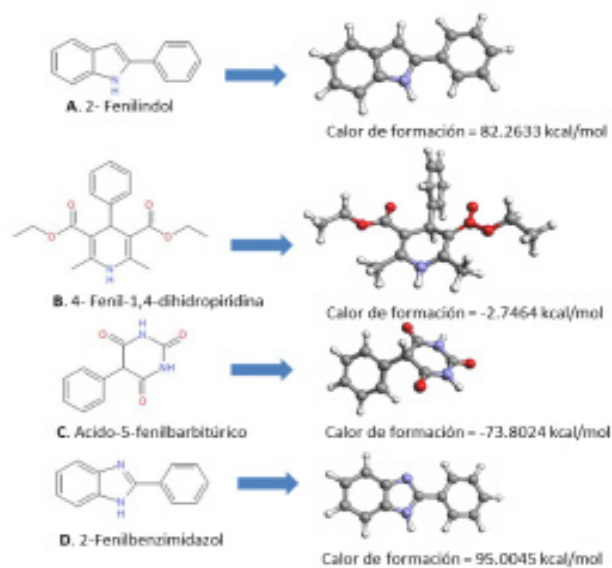
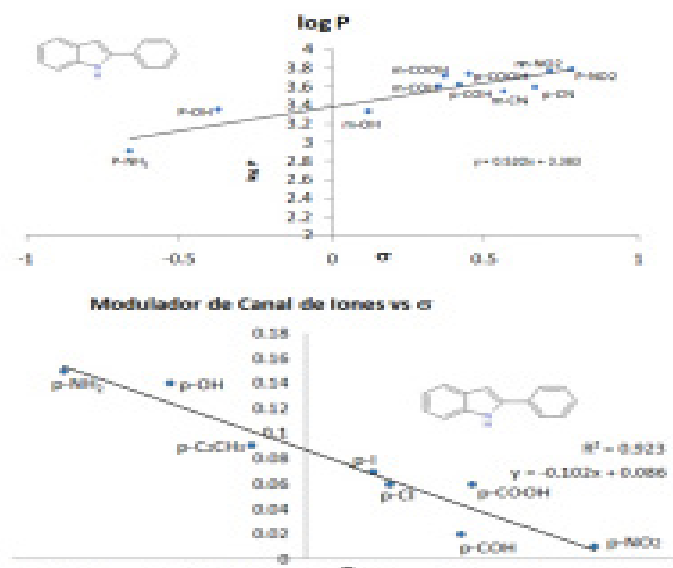
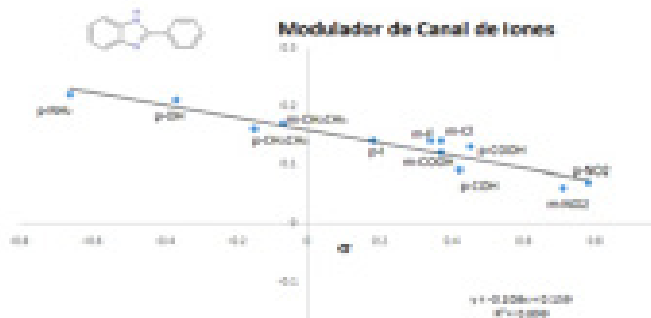
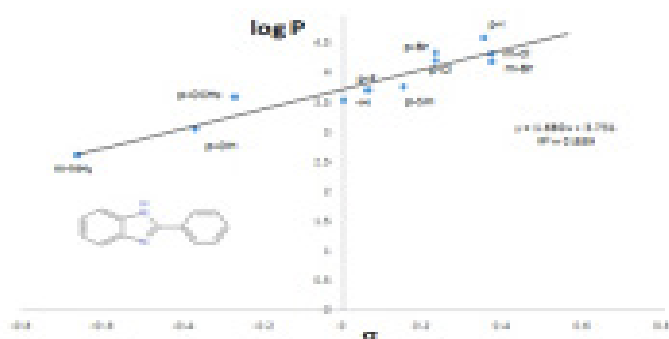


Fig. 2. Estructuras 2D y 3D. *Calor de formación determinado con la base de cálculo AM1, ArgusLab.

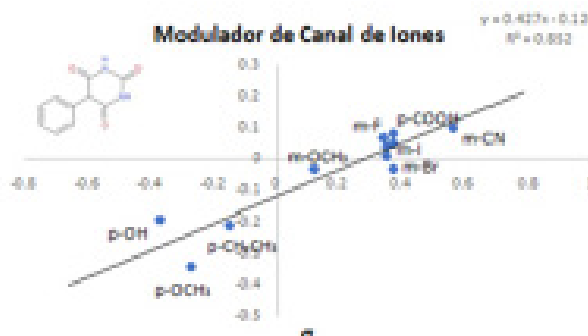
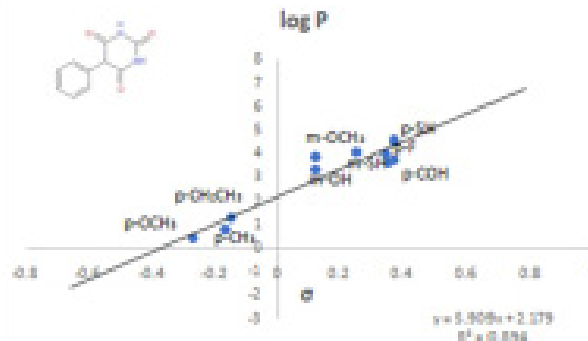
En cuanto a la búsqueda de correlaciones entre los grupos funcionales con los descriptores, los resultados se muestran en las siguientes gráficas.



Gráficas 1 y 2. Correlación para el log p y modulator de calcio para el 2-fenilindol.



Graficas 3 y 4. Correlación para el log p y modulator de calcio para el 2-Fenilbenzimidazol.

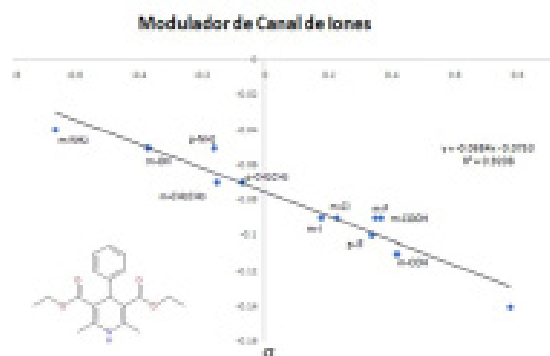
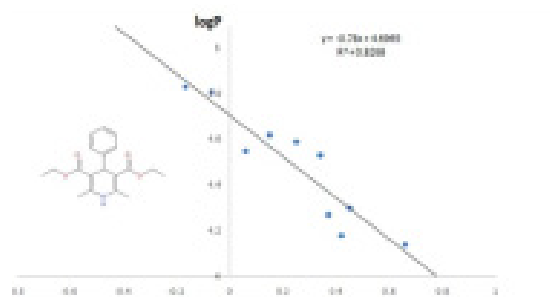


Graficas 7 y 8. Correlación para el log p y modulator de calcio para el Acido 3-fenilbarbitúrico.

Las gráficas resultantes, mostraron en todas una tendencia lineal de acuerdo a las siguientes ecuaciones:

- Para el efecto del log P:
- indoles: $\log p = 0.527\sigma + 3.398$ (1)
 - dihidropiridinas: $\log p = -0.78\sigma + 4.6965$ (2)
 - ac. barbitúricos: $\log p = 5.909\sigma + 2.179$ (3)
 - benzimidazoles: $\log p = 1.680\sigma + 3.731$ (4)
- Para el efecto del canal de calcio:
- indoles: $\log p = -0.102\sigma + 0.086$ (5)
 - dihidropiridinas: $\log p = -0.0684\sigma - 0.0753$ (6)
 - ac. barbitúricos: $\log p = 0.427\sigma - 0.120$ (7)
 - benzimidazoles: $\log p = -0.108\sigma + 0.159$ (8)

Los efectos electrónicos de los grupos funcionales mostraron en todos en cada caso una influencia, según las respectivas ecuaciones mostradas arriba.



Graficas 5 y 6. Correlación para el log p y modulator de calcio para la 4-Fenil-1,4-dihidropiridina.

Conclusiones

Por el conjunto de datos obtenidos y su correspondiente tratamiento, la aproximación a estudios QSAR resultó ser una práctica virtual exitosa, llevada a cabo por estudiantes que cursan el laboratorio de química orgánica III de la Licenciatura de Farmacia. Se logró evidenciar el efecto de los sustituyentes más acentuado en el coeficiente de partición, es decir en la solubilidad de los compuestos heterocíclicos considerados. El conocimiento y manejo de los programas utilizados condujo a una aceptabilidad entre los estudiantes y mejor entendimiento en la elaboración sistemática de fármacos. Así mismo, resulta destacar que la técnica QSAR es un tema que se debe implementar como una asignatura en la Licenciatura de Farmacia de nuestra Facultad.

Referencias

- SALDÍVAR F.; González J.; Medina L., (2017). Descubrimiento y desarrollo de fármacos: un enfoque computacional, *Educación Química*, 28, 1, 51-58. doi.org/10.1016/j.eq.2016.06.002
- MEDINA J.; Franco J.; López F.; Castillo R., (2006). Diseño de fármacos asistido por computadora, *Educación Química*, 17, 4, 452-457.
- HANSCH C.; Fujita, T., (1963). The correlation of biological activity of plant growth regulators and chloromycetin derivatives with Hammett constants and partition coefficients, *J. Am. Chem. Soc.*, 85,18, 2817-2824.
- HANSCH C. and Leo, A., *Exploring QSAR-fundamentals and applications in chemistry and biology*, American Chemical Society, Washington, DC, 1995.
- ROY P.; Paul S.; Mitra I. (2009). On Two Novel Parameters for Validation of Predictive QSAR Models. *Molecules*.14, 5, 1660-1701.

Agradecimiento

Los autores agradecen el apoyo financiero al proyecto FESC-PIAPI2039.

OBTENCIÓN DEL PERFIL PROTEICO REPRESENTATIVO EN UNA MUESTRA DE LECHE DE GARBANZO APLICANDO LA TECNICA DE ELECTROFORESIS CAPILAR DE ZONA



Francisco Javier Santana Contreras, María Gabriela Vargas Martínez,
Selene Pascual Bustamante*

Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Campo 1, pacoscq43@gmail.com, mgvargasm@gmail.com, spluna@gmail.com



Resumen

La actual demanda del consumidor conlleva a una modernización y adaptación de los productos que se fabrican, la industria de la leche no es una excepción, debido a la implementación de nuevos hábitos alimenticios o el creciente índice de personas intolerantes a la lactosa, se han implementado las llamadas “leches vegetales”. En esta investigación se busca abordar este tema, particularizando en el proceso de producción de una leche comercial a base de garbanzo, con la finalidad de analizar el contenido proteico. El interés en esta legumbre, se debe a su alta resistencia a los climas áridos a comparación de otras legumbres como el frijol, lentejas, etc. Para poder obtener la cantidad de proteínas en la muestra de leche de garbanzo, se fracciono la muestra en sus fracciones solubles utilizando el método de Osborne; posteriormente, se utilizó la técnica de Electroforesis Capilar de Zona (ECZ) para obtener el perfil proteico representativo.

Palabras clave: leche vegetal, garbanzo, Osborne, proteínas, perfil proteico, Electroforesis Capilar.

Antecedentes

En la alimentación humana se utilizan hasta 150 especies de leguminosas, de las cuales sobresalen las judías, lentejas, guisantes garbanzos y habas. En su composición interesa destacar los contenidos de proteínas, carbohidratos, minerales, fibra y componentes bioactivos minoritarios. (Begoña, et al., 2010)

Se han estudiado ampliamente las proteínas de la familia de las leguminosas desde su extracción, usando compuestos alcalinos seguidos de una precipitación ácida (Flores, et al., 2016), hasta su fraccionamiento y cuantificación en legumbres como el frijol utilizando para ello el método de Osborne para separar los diferentes tipos de proteínas (albúminas, globulinas, prolaminas, glutelinas), apoyándose en sus diferencias de solubilidad (Gallegos, et al., (2004); Carrillo, et al., 2015;).

También existen estudios acerca de leches vegetales, donde se mide y caracteriza el contenido proteico de legumbres como la soja y otras materias primas como arroz, almen-

dras, entre otras (Gómez, et al., 2014). Sin embargo, se conoce poco acerca del estudio de las fracciones proteicas del garbanzo.

La composición química del garbanzo muestra una cantidad de proteína alrededor del 22% (Muhammad, et al., 2013), donde: 10-20% corresponden a la fracción de las albúminas, 10-20% corresponden a la fracción de las glutelinas y aproximadamente el 70% de las proteínas totales equivalen a la fracción de las globulinas (Roy, et al., 2010).

El interés particular en esta legumbre recae en que sus cultivos son resistentes a temperaturas elevadas durante sus últimas etapas de desarrollo y la resistencia a bajas temperaturas depende de la variedad (Kay, 1990), teniendo esta ventaja sobre otros cultivos de legumbres.

Así mismo, existen diferentes técnicas para poder identificar proteínas en una muestra, siendo la Electroforesis Capilar de Zona (ECZ) una donde se obtienen buenos perfiles proteicos de diferentes tipos de muestras como, la chíá (*Salvia hispánica L.*) (Romero Aguilar, 2016).

Objetivo

Obtener y presentar el perfil proteico de una muestra de leche de garbanzo aplicando dos diferentes metodologías de tratamiento (proteínas totales y fraccionamiento de Osborne), con la finalidad de saber cual de estas es la que mejor se adapta para seleccionar un perfil proteico representativo.

Parte experimental

Tratamiento de la muestra: Se pesaron cuatro muestras de 5 gramos de garbanzo seco de la variedad Costa 2004, posteriormente, se agregaron 15 ml de agua destilada y se colocaron en el sonicador durante 60 minutos a 50°C, revisando la temperatura cada 15 minutos. Posteriormente se retiró el agua de remojo; en el caso de las proteínas totales (PT) se colocó el garbanzo remojado en una licuadora, se agregaron 10 ml de agua destilada y se trituró, finalmente se filtró el líquido resultante y se guardó en un frasco etiquetado debidamente. Para el caso de las fracciones de Osborne se tomaron las muestras restantes y se pesaron 2 gramos de garbanzo remojado, después se realizó la extracción apoyándose de diferentes soluciones en las cuales fueran solubles las distintas fracciones. Las soluciones fueron agua para la fracción de albúminas (ALB), NaCl [0.5 M] para la fracción de globulinas (GBL), etanol al 70% para la fracción de las prolaminas (PRL) y NaOH [0.1 N] para la fracción de las glutelinas (GLT). Finalmente se prepararon soluciones a inyectar de las muestras (fracciones de Osborne y proteínas totales) con estándar interno a 50 ppm y se guardaron las muestras en frascos etiquetados debidamente.

Condiciones de separación por Electroforesis Capilar de Zona (ECZ): Se utilizó un equipo de Electroforesis Capilar Electroforesis capilar P/ACE MDQ con detector de arreglo de diodos Beckman Coulter (Fullerton CA. -USA). Para la medición se utilizó un capilar de sílice fundida con recubrimiento de poliimida (Polymicro Technologies Phoenix-USA) de 50µm de diámetro interno, con una longitud total de 53.7 cm y una longitud al detector de 43.2 cm. La detección se realizó a 200 nm, aplicando un voltaje de 25 KV. La inyección de la muestra fue a 0.5 psi durante 5 segundos con un tiempo de medición de 55 minutos.

Preparación del buffer de separación: Se agregó ácido iminodiacético [50 mM], Hidroxipropilmetilcelulosa (0.05%), Acetonitrilo (20%) y se aforó con agua desionizada a un pH de 2.44.

Resultados y discusión

Para poder seleccionar un perfil proteico representativo fue necesario realizar un electroferograma que mostrara los diferentes perfiles de cada una de las muestras medidas como se muestra a continuación:

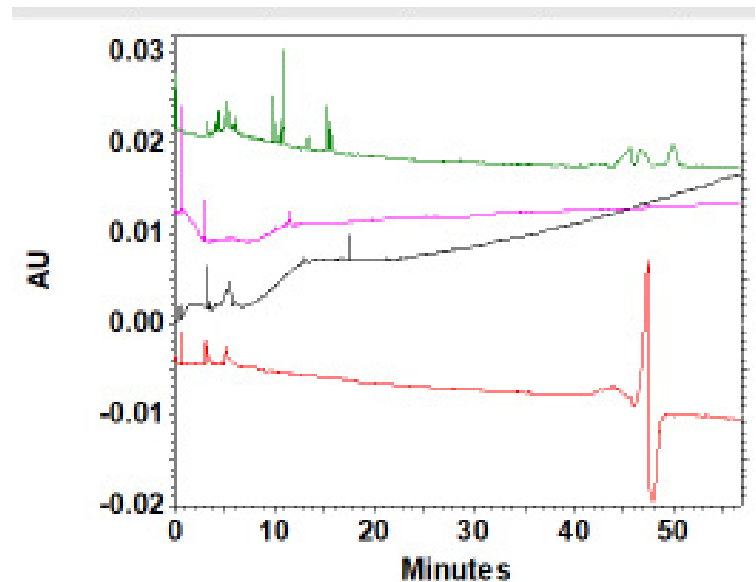


Fig. 1. Comparación de proteínas de leche de garbanzo (PT; ALB; GBL; PRL, en orden de aparición).

Como puede observarse, existen amplias diferencias de las medidas entre cada fracción de proteínas, así como la muestra que contiene las proteínas totales (PT). Apreciando claramente que en el último caso existe el mejor perfil, esto debido a la presencia de más señales a comparación de los perfiles de las fracciones, así mismo es importante aclarar que la fracción de las glutelinas no fue agregada al electroferograma comparativo a causa de que este no mostró señales apreciables, de modo que se tomó la decisión de

excluirlos, respaldándonos de que se tiene reportado que el porcentaje de las glutelinas va de 10-20% del total de proteínas. Sin embargo, esto puede variar en cuanto a la variedad pudiendo ser menos y mostrándose esto en las pruebas realizadas.

Es por todo lo anterior que se decidió seleccionar el perfil de proteínas totales como el Perfil Proteico Representativo (PPR). A continuación, se presentan dos repeticiones de la medición de proteínas totales:

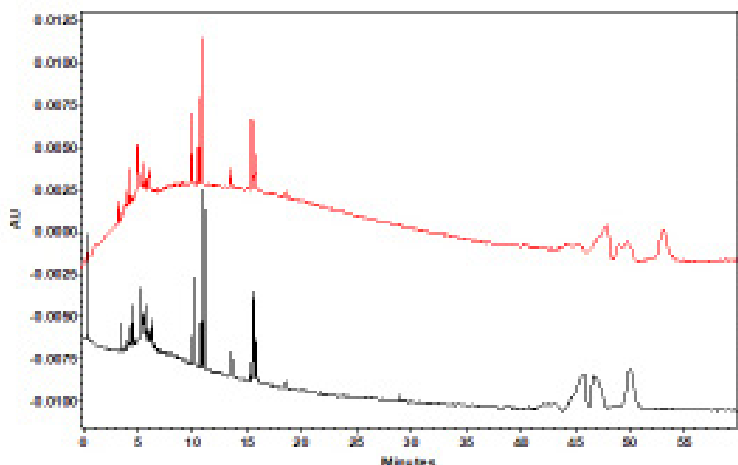


Fig. 2. Perfil Proteico Representativo (PPR) para una muestra de leche vegetal a base de garbanzo.

Como se muestra en la figura anterior se notó que entre repeticiones existe prácticamente el mismo comportamiento, observando las señales en los mismos tiempos de migración y con relaciones de altura muy similares.

Conclusiones

En base a los resultados obtenidos se cumplió el objetivo planteado obteniendo un buen perfil de proteínas que pudo ser seleccionado como el representativo. Así mismo, se plantea que este PPR puede servir como referencia durante el proceso de elaboración de un producto de leche de garbanzo, debido que los resultados expuestos son antes de la pasteurización, por lo que en proyectos posteriores podrían probarse diferentes metodologías de pasteurización, midiendo nuevamente el perfil proteico total y comparando los resultados con el PPR del presente trabajo y de este modo poder seleccionar la metodología que preserve la mayor cantidad de proteínas posibles.

Agradecimientos

Agradezco el apoyo de las profesoras durante el transcurso del presente proyecto, principalmente a la Dra. María Gabriela Vargas Martínez, por su constante atención ante las problemáticas ocurridas durante este proyecto experimental, mostrando siempre su apoyo y buena disposición, además de usar su experiencia para enseñar y formar profesionistas preparados dentro de un mundo laboral.

Referencias

- BEGOÑA, A.; Farré, R.; Asencio, C. & Pedrosa, M. (2010). Papel de las leguminosas en la alimentación actual. *Actividad Dietética*, 14(2), 72-76 https://digital.csic.es/bitstream/10261/43351/3/Papel_leguminosas_aceptado_Act_Diet_2010_Olmedilla.pdf
- CARRILLO, M.; Barrera, J.; Reyes, A.; Carranza, C. & Maldonado, E. (2015). Fraccionamiento y cuantificación de proteínas de cinco variedades de frijol. XVI Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería (Sociedad Mexicana de Biotecnología y Bioingeniería). <https://smbb.mx/congresos%20smbb/guadalajara15/PDF/XVI/trabajos/III/IIIC-40.pdf>.
- FLORES, V; Chuck, C; De la Rosa, J.; Rodríguez, W. & Salinas, A. (2016). Rendimiento de extracción de proteína y algunos análisis funcionales de concentrados y aislados de lenteja, haba y garbanzo producidos en una planta piloto., 1(2), 68-72. <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume1/2/13.pdf>.
- GALLEGOS, S.; Pacheco, J.; Betancur, D. & Chel, L. (2004). Extracción y caracterización de las fracciones proteínicas solubles del grano de *Phaseolus lunatus* L. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 54(1), 81-88. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222004000100012&lng=es&tng=es.
- GÓMEZ, L.; Fosado, R. & Diaz, F. (2014). Caracterización de proteínas en bebidas comerciales de origen vegetal. *Inducción a la Ciencia, la Tecnología y la Innovación en la UASLP*, 2, 939-943. https://www.researchgate.net/publication/311901550_Caracterizacion_de_proteinas_en_bebidas_comerciales_de_origen_vegetal.
- KAY, D.E. (1990). *Legumbres alimenticias*. Zaragoza, Acribia.
- MUHAMMAD A.; Lloyd, W.; Rashida, A. & Mian, (2013). Application and opportunities of pulses in food system: a review. *Critical reviews in Food Science and Nutrition*.
- ROMERO Aguilar, M. (2016). Identificación y clasificación de la chía (*Salvia hispánica* L.) silvestre y comercial mediante el perfil de proteínas obtenido por electroforesis capilar. [Tesis de Licenciatura]. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán Campo 1, (UNAM). México.
- Roy, F.; Boye, I.; Simpson B. (2010). Bioactive proteins and peptides in pulse crops: Pea, Chickpea and lentil. *Food Research International*.

DISEÑO EXPERIMENTAL PARA LA EXTRACCIÓN DE LOS POLIFENÓLES Y PIGMENTOS PRESENTES EN LA HOJA DE JAMAICA (*Hibiscus sabdariffa*)



*Brenda Gisell Rivero Arellano, Fernando Arroyo Gutiérrez, Mario Edgar Pérez Bonilla, María Gabriela Vargas Martínez**

Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México, Campo 1, Av. 1° de Mayo S/N, Cuautitlán Izcalli, Estado de México, C.P. 54740, grast84@gmail.com, enebndt@gmail.com, gillriverare08@gmail.com, gvargasm@unam.mx



Resumen

La jamaica (*Hibiscus sabdariffa*) es una malvácea con diferentes propiedades y múltiples usos ya que las flores de la planta suelen ser utilizadas en la preparación de bebidas refrescantes sin cafeína o mermeladas. Debido a sus características organolépticas, el extracto se utiliza frecuentemente como corrector del sabor de otras bebidas o de medicamentos debido a que las flores contienen un elevado índice de ácidos orgánicos, entre ellos cítrico, málico y tartárico, así como antocianinas y polifenoles a los cuales se les atribuyen propiedades diuréticas, antihipertensivas, antiparasitarias y ligeramente laxantes. He aquí la importancia de la correcta extracción de dichos metabolitos ya que comúnmente se extraen por decocción, provocando que se degraden y se obtenga un extracto con menor contenido de ácidos orgánicos y antioxidantes. En el presente trabajo, se llevó a cabo el estudio de los factores tales como disolvente de extracción, temperatura, tamaño de partícula, y tiempo que determinarán las condiciones para la extracción óptima del contenido orgánico de la flor de jamaica a través de espectrofotometría UV-Vis.

Palabras Clave: Jamaica, Extracción, Degradación, Diseño de experimentos, Espectrofotometría UV-Vis

Antecedentes

En la actualidad los colorantes naturales y artificiales juegan un papel importante en lo que respecta a la industria alimentaria (Calvo, 2020) ya que es bien conocido que de manera comercial, el atractivo visual es de suma importancia; sin embargo el uso de colorantes sintéticos en alimentos se ha visto cuestionado por varios estudios mostrando la preocupación por los efectos negativos a la salud que éstos provocan.

La *Hibiscus Sabdariffa* o también conocida como Flor de Jamaica, tiene entre sus principales pigmentos a las antocianinas, que contribuyen con propiedades antioxidantes y no presentan actividad tóxica ni mutagénica (Marín y Mejía 2012). Las antocianinas son un grupo de pigmentos de color rojizo, hidrosolubles y ampliamente distribuidos en el reino vegetal (Meza, 2012). Todas las antocianinas se derivan de la estructura básica del catión flavilio por lo que el núcleo flavilio de los pigmentos de antocianina es deficiente en electrones y, por tanto, muy reactivo. La velocidad de reacción depende de la cantidad de pigmento existente en forma base carbinol incolora y es dependiente de la temperatura (Urbina. 2011).

Por lo que es necesario poner a prueba las diferentes variables consideradas, para conocer qué tanto afectan estas con los pigmentos de antocianinas.

Objetivo

Llevar a cabo el desarrollo de un diseño experimental que evalúe, el tamaño de partícula, tiempo, temperatura y la proporción de la mezcla de extracción para determinar cuáles de estos factores o sus interacciones son significativas en la extracción por maceración de los pigmentos (antocianinas) y ácidos orgánicos presentes en Hibiscus sabdariffa popularmente conocida como flor de jamaica

Parte experimental

Reactivos

Se utilizó una solución de Agua/Etanol en una proporción de 95:5.

Por medio del software Design Expert, se realizó un diseño 2^{4-1} el cual constaba de 11 experimentos.

Run	Factor 1 A:Tam. partíc. mm	Factor 2 B:Mez. de ext. %	Factor 3 C:Temperatura °C	Factor 4 D:Tiempo min
1	15.85	97.5	42.5	22.5
2	1.7	95	25	15
3	1.7	100	25	30
4	1.7	95	60	30
5	15.85	97.5	42.5	22.5
6	15.85	97.5	42.5	22.5
7	1.7	100	60	15
8	30	100	60	30
9	30	95	60	15
10	30	100	25	15
11	30	95	25	30

Tabla 1. Diseño del experimento

De manera preliminar se llevaron a cabo dos experimentos elegidos al azar con el fin de determinar la longitud de onda máxima de trabajo y si la metodología de obtención del extracto era correcta.

Sistema	Mezcla de extracción	Tiempo [min]	Tamaño de partícula [mm]	Temperatura [°C]
1	Agua/etanol 95:5	15	1.7	25
2	Agua 100 %	30	1.7	25

Tabla 2. Condiciones los de sistemas preliminares

Para cada sistema se pesaron aproximadamente 0.1 g de flor de jamaica, se hizo la extracción con 10 mL de disolvente, al término de su tiempo de extracción, se filtraron los sistemas con papel filtro de poro grande y se aforaron a 25 mL. Para obtener partículas de 1.7 mm de flor de jamaica, ésta se trituró durante dos segundos en una licuadora convencional y se filtró con el tamiz correspondiente. Posteriormente se midió la absorbancia de los sistemas con un espectrofotómetro UV/Vis PerkinElmer modelo LAMBDA 365 con rango de longitud de onda de 190-1100 nm.

Debido a las dimensiones del agitador, las condiciones de preparación se tuvieron que escalar a 5. De manera que para cada sistema se pesaron aproximadamente 0.5 g de flor de jamaica, se hizo la extracción con 50 mL de disolvente y se aforó a 100 mL cada sistema. Para obtener partículas de aproximadamente 15.85 mm de flor de jamaica, ésta se trituró durante un segundo en una licuadora convencional.

Resultados y discusión

Como se puede observar en el espectro (Figura. 1), los sistemas tienen una absorción máxima a 520 nm, además de ello, las absorbancias obtenidas no sobrepasan de 1.65 por lo que la metodología de extracción es correcta.

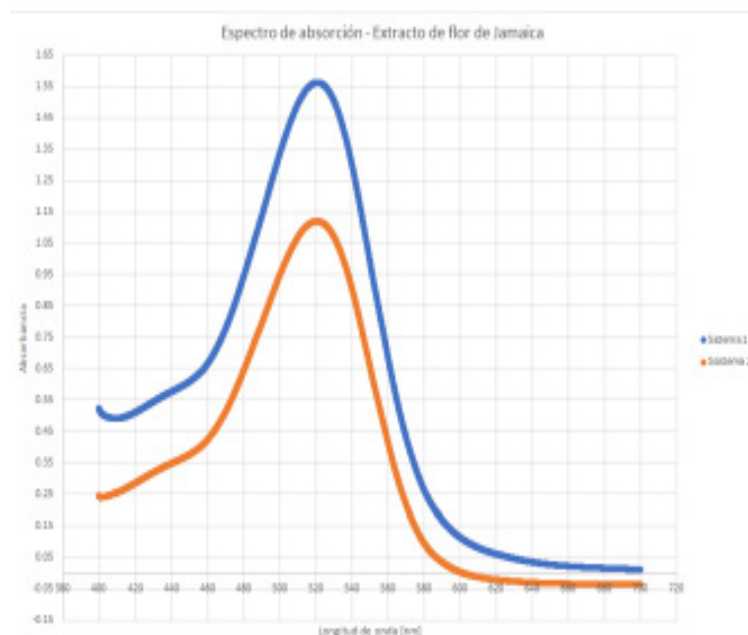


Fig. 1. Espectro de Absorción de flor de jamaica de sistemas preliminares.

Al llevar a cabo todos los experimentos del presente diseño de monitoreo para determinar los factores significativos y buscar mejores condiciones para la extracción de los pigmentos de la hoja de jamaica, se obtuvieron los siguientes resultados presentados en la Tabla 3.

Sistema	Mezcla de extracción	Tiempo [min]	Tamaño de partícula [mm]	Temperatura [°C]	Absorbancia
1	Agua/etanol 95:5	15	1.7	25	1.489
2	Agua 100 %	30	1.7	25	1.817
3	Agua/etanol 95:5	30	1.7	60	2.155
4	Agua 100 %	15	1.7	60	2.097
5	Agua 100 %	15	30	25	0.158
6	Agua/etanol 95:5	15	30	60	0.576
7	Agua/etanol 97.5:2.5	22.5	15.85	42.5	0.813
8	Agua/etanol 97.5:2.5	22.5	15.85	42.5	
9	Agua 100 %	30	30	60	1.053
10	Agua/etanol 97.5:2.5	22.5	15.85	42.5	0.806
11	Agua/etanol 95:5	30	30	25	0.239

Tabla 3. Absorbancia de los sistemas

En primera instancia se observa que los experimentos con mayor absorbancia del sistema y por lo tanto mayor extracción de pigmentos son los que se realizaron a una temperatura mayor (60°C) y con un tamaño de partícula menor (1.7 mm). En cuanto al tiempo y mezcla de extracción no se observan resultados que sobresalgan y puedan distinguir a este par de factores como determinantes. De manera que, se lleva a cabo el tratamiento estadístico de los resultados obtenidos con el fin de analizar y determinar cuales son los factores estadísticamente significativos y sus posibles interacciones.

Como se puede observar en la figura 2, todos los factores estudiados son estadísticamente significativos en la extracción de pigmentos exceptuando las interacciones entre ellos; siendo el tamaño de partícula el más significativo, posteriormente la temperatura, el tiempo y la mezcla de extracción.

Esto también se puede demostrar a través de la tabla ANOVA, en la cual se encontró que los factores significativos son el tiempo, temperatura, mezcla de extracción y el tamaño de partícula debido a que son estos los que muestran un valor de $p < 0.05$, como se muestra en la correspondiente tabla ANOVA.

Fuente	Suma de cuadrados	Valor F	Valor-p Prob > F
Modelo	4.59	287.81	< 0.0001
A-Mez. de ext.	0.055	13.92	0.0203
B-Tiempo	0.11	27.97	0.0061
C-Tam. Part.	3.83	960.46	< 0.0001
D-Temp.	0.59	148.88	0.0003

Tabla 4. de análisis de varianza

Además del gráfico de la significancia de los efectos y la tabla ANOVA, otra manera más clara de esquematizar la poca contribución no significativa de las interacciones entre factores es a través del gráfico de Pareto, en el cual se observa cómo los factores significativos se encuentran por encima de la línea negra mientras que las interacciones no.

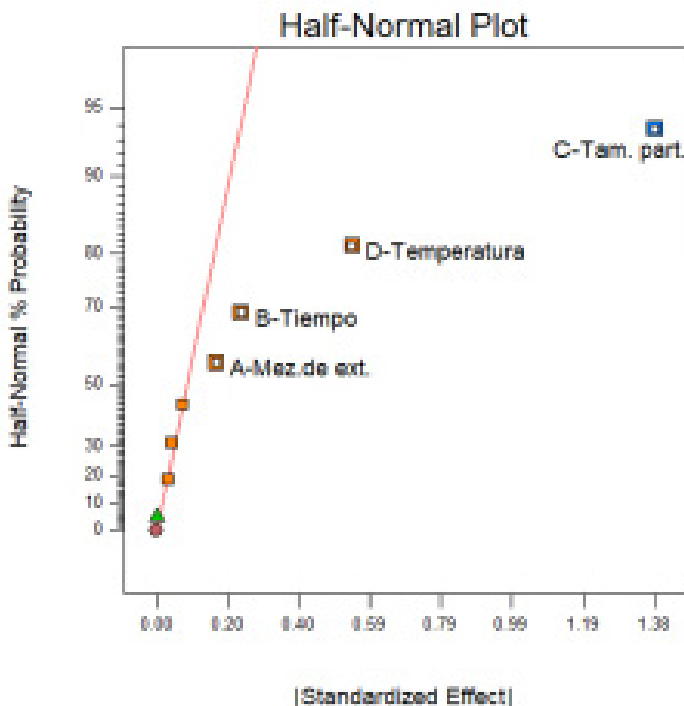


Fig. 2 Gráfico de significancia de los efectos

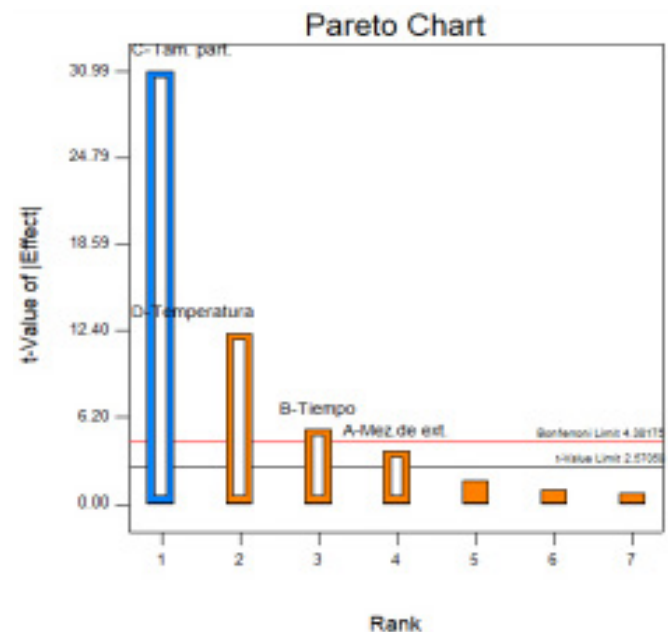


Fig. 3. Gráfico de Pareto de factores significativos y sus interacciones.

La ecuación obtenida por medio de anova del diseño experimental presente será en términos codificados:

$$\begin{aligned} \text{Absorbancia} = & \\ & +1.20 \\ & +0.083 *A \\ & +0.12 *B \\ & -0.69 *C \\ & +0.27 *D \end{aligned}$$

Como se observa en la figura 4 que corresponde al modelo 3D del diseño experimental se puede observar que se obtienen valores más altos de absorbancia cuando el tamaño de partícula es de 1.7 mm y la temperatura de extracción es de 60°C, es decir, que cuando la flor de jamaica se encuentra triturada y la extracción se lleva a cabo a temperaturas altas se extraen con mayor facilidad los pigmentos presentes en la flor de jamaica.

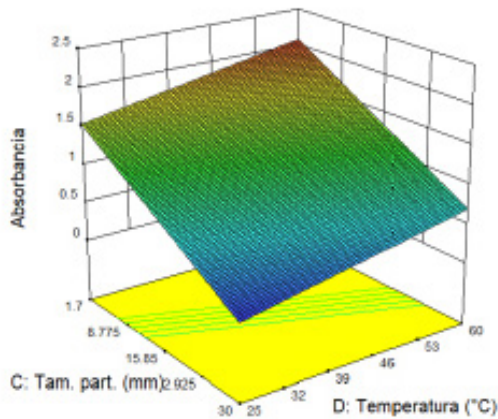


Fig. 4. Gráfico 3D del efecto del tamaño de partícula y la temperatura.

En el caso de la mezcla de extracción se encontró que los valores de absorbancia aumentan cuando se utiliza 100% de agua lo cual evita el uso de disolventes potencialmente perjudiciales para la salud como en el etanol en este caso.

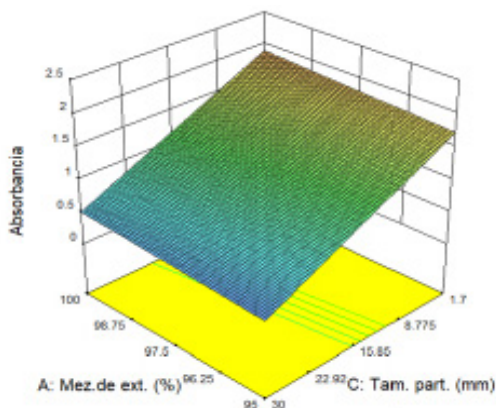


Fig. 5. Gráfico 3D del efecto del tamaño de partícula y la mezcla de extracción

En cuanto al tiempo de extracción, se obtiene mayor cantidad de pigmentos cuando la extracción se lleva a cabo por periodos de tiempo más prolongado (30 minutos).

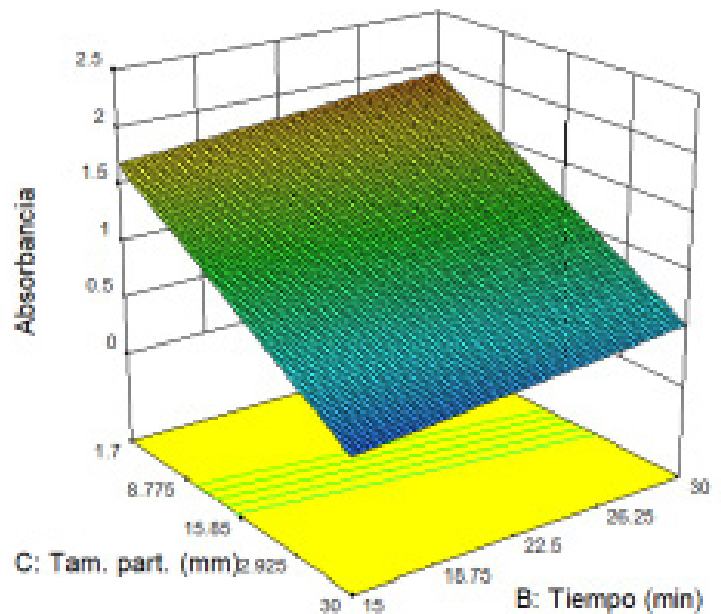


Fig. 6. Gráfico 3D del efecto del tamaño de partícula y el tiempo de extracción

De manera adicional se determinaron las mejores condiciones de extracción, con lo cual a través del software se puede predecir y estimar el valor de la absorbancia si se realizara este experimento de manera práctica.

Factor	Nombre	Nivel
A	Mez. de ext.	100
B	Tiempo	30
C	Tam. Part.	1.7
D	Temperatura	60

Respuesta	Predicción
Absorbancia	2.363

Tabla 5. Condiciones para obtener una mayor extracción de los polifenoles de la jamaica

Conclusiones

Una vez analizados los datos y gráficos obtenidos, de los factores estudiados todos resultaron ser significativos en la extracción de los pigmentos de la flor de Jamaica, sin embargo, con diferente grado de contribución.

De todos los factores, el de mayor contribución es el correspondiente "tamaño de partícula", ya que se obtienen valores más altos de absorbancia, es decir, mayor cantidad de pigmentos cuando la hoja tiene el tamaño promedio de 1,7 mm a cuando esta está entera (30 mm).

El segundo factor de mayor contribución es la temperatura ya que a mayor temperatura se extraen mejor los pigmentos, y los 2 factores restantes (mezcla de extracción y tiempo) favorecen la extracción cuando se encuentran los niveles altos del diseño experimental.

Cabe mencionar que, para conseguir una mejor extracción, no se requiere el uso de etanol, puesto que en el diseño se comprobó que la mejor opción es utilizar agua al 100%. Esto representa una gran ventaja principalmente económica y adicionalmente para la salud puesto que el uso de disolventes orgánicos puede representar un mayor costo si se realiza a gran escala y sobre todo puede representar complicaciones sanitarias por la regularización de productos comerciales que contienen alcohol.

Agradecimientos

Por el apoyo con los insumos necesarios para el desarrollo del diseño de experimentos del Laboratorio de desarrollo de métodos analíticos llevado a cabo durante el paquete terminal de química analítica de la Licenciatura en Química de la Facultad de Estudios superiores Cuautitlán.

Referencias

- CALVO, M. (2020) Bioquímica de los alimentos/Aditivos elementales. <http://milksci.unizar.es/bioquimica/temas/aditivos/colorartif.html>
- MARIN, S.E., y Mejia, C. M., (2012). Extracción de colorante a partir de la flor de jamaica. Recuperado de: <http://ribuni.uni.edu.ni/619/1/37975.pdf>.
- URBINA, F. (2011). Manual técnico de la Flor de Jamaica. pdf. http://www.occidentagricola.com/info/doc_evaluaciones/pdf/manuales%20tecnicos%20horticolas/Manual%20tecnico%20Flor%20de%20Jamaica.pdf.
- MEZA, P., (2012). Guía: Flor de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L). <http://www.adeesnic.org/wp-content/uploads/2012/02/Gu%C3%ADa-Flor-de-Jamaica.pdf>
- HERRERA., A; Flores., S; Chávez., M.A.; Tortoriello, J (2004). Effectiveness and tolerability of a standardized extract from *Hibiscus sabdariffa* in patients with mild to moderate hypertension: a controlled and randomized clinical trial. *Phytomedicine: international journal of phytotherapy and phytopharmacology* 11.

SÍNTESIS DE UNA ARILHIDRAZONA TRIDENTADA [C, N, S] COMO MOTIVO ESTRUCTURAL EN LA FORMACIÓN DE UN PALADACICLO PINZA ASIMÉTRICO



Jocelyn Anaid Álvarez Ramírez, Alberto Reyes Deloso, Fernando Ortega Jiménez*

FES-Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México, anaid22joce@gmail.com, sheva_deloso@comunidad.unam.mx, fdo.ortega@unam.mx



Resumen

Las arilhidrazonas han sido empleadas e investigadas en química organometálica ya que pueden ser usadas como ligantes bidentados o tridentados según se unan al metal. Lo anterior es de suma importancia ya que dichos compuestos pueden ser utilizados en la formación de paladacillos como catalizadores de gran interés químico, así como para la formación de nuevos sistemas organometálicos.

En el presente trabajo se tiene como objetivo la síntesis de una hidrazona como ligante tridentado [C,N,S] para la posterior formación de un paladacillo tipo pinza asimétrico. La hidrazona se obtiene de la reacción de adición-eliminación entre la 3-(p-clorotiofenil)-2-propanona con N,N-difenilhidrazina. Los compuestos obtenidos durante esta experimentación fueron caracterizados mediante técnicas espectroscópicas.

Palabras clave: arilhidrazonas, ligante tridentado, paladacillo, ligante tipo pinza, complejo asimétrico.

Antecedentes

Las hidrazonas son compuestos orgánicos nitrogenados derivados de grupos carbonilo que poseen una estructura general $R_1R_2C=NNR_3R_4$. Estos compuestos son derivados del amoníaco y provienen de la condensación entre hidrazinas y aldehídos o cetonas. (Wade, 2012).

Las hidrazonas presentan numerosas propiedades biológicas y farmacológicas como antimicrobiano, antiinflamatorio, analgésico, antifúngico, antiviral, anticancerígeno, anticonvulsivo etc. (Verma and Marella, 2014). En particular y debido a sus características estructurales, las arilhidrazonas han tenido un uso importante como ligantes en química organometálica, ya que pueden actuar como sistemas bidentados o tridentados. (García et al., 1994).

En este contexto, uno de los sistemas organometálicos que ha tenido un gran auge, son los denominados complejos ciclopaladados o paladacillos. (Dupont and Pfeffer, 2008). Un paladacillo en general se puede definir como cualquier compuesto de paladio que contenga un enlace Pd-C intramolecular estabilizado por uno o dos átomos neutros donadores (Y), donde la parte orgánica actúa como un ligante C-aniónico de cuatro electrones catalogados como CY, o como un ligante C-aniónico de seis electrones catalogados como YCY.

En particular los paladacilos del tipo YCY, llamados comúnmente complejos tipo pinza, pueden ser simétricos o asimétricos (Morales-Morales and Jensen 2007). En este tipo de complejos, los ligantes más comúnmente estudiados son los tipos simétricos que poseen una arquitectura YCY y que contienen donantes idénticos en las dos posiciones orto del anillo aromático central. (Morales-Morales and Jensen 2007), (Bedford et al., 2004). En comparación, los ligantes pinza no simétricos (YCY') no son tan común, en parte debido a las dificultades en su preparación. Sin embargo, el interés en la investigación sobre este tipo de complejos continúa existiendo debido a sus aplicaciones versátiles, que surgen de su estabilidad y reactividad única que resulta probablemente del modo de coordinación tridentada de los ligantes y la presencia de un enlace Pd-C en muchos casos (Bedford et al., 2004).

En este contexto, se han informado algunos ejemplos interesantes de paladacilos pinza no simétricos sintetizados a partir de ligantes tridentados CNS, (Singh et al., 2016) dichas investigaciones se han concentrado principalmente en ligantes que poseen un anillo de fenilo como la columna vertebral plana rígida. Sin embargo, hasta nuestro mejor conocimiento existe muy pocos informes sobre complejos de paladio pinza no simétricos CNS, con esto, resulta muy interesante desarrollar complejos híbridos pinza no simétricos del tipo CNS ya que su arquitectura estructural permitirá obtener complejos ciclopaladados interesantes desde el punto de vista sintético y/o catalítico.

En este sentido, nuestro equipo de trabajo ha contribuido exitosamente en esta área de la química organometálica, informando la síntesis de complejos paladacilos pinza asimétricos [CNN] derivados de arilhidrazonas (Ortega et al., 2015), (Camacho-Espinoza et al., 2019).

Dado lo anterior y continuando con el interés en la síntesis de paladacilos pinzas no simétricos, en este trabajo se presentan los resultados alcanzados sobre la síntesis de una hidrazona tridentada-[CNS] que sirvió como bloque constructor en la obtención de un paladacilo pinza no simétrico-[CNS]. Estos resultados muestran que es posible obtener un complejo interesante desde el punto de vista sintético y/o catalítico, ya que la combinación estructural hidrazona-tioter le pudiera conferir una alta estabilidad al complejo, además de contribuir a una mejor sintonización en sus propiedades catalíticas.

Objetivo

Emplear una reacción de condensación entre la N,N-difenilhidrazina y la 3-(p-clorotiofenil)-2-propanona para obtener una arilhidrazona tridentada CNS, con la finalidad de utilizarla como motivo estructural en la construcción de un paladacilo tipo pinza asimétrico.

Metodología experimental

Todos los reactivos empleados fueron marca Aldrich y se emplearon sin ningún tratamiento previo. El monitoreo de las reacciones se realizó mediante CCF (cromatografía en capa fina) utilizando cromatofolios de 0.25 mm marca Macherey-Nagel, empleando luz ultravioleta (λ 254nm) como revelador.

La espectroscopía de Resonancia Magnética Nuclear de ^1H , ^{13}C se realizó en un equipo Variant +300 a 300 MHz, para ^1H , a 75 MHz, para ^{13}C , utilizando como disolvente cloroformo deuterado (CDCl_3) los desplazamientos químicos (δ) se expresan en partes por millón (ppm) relativo al TMS (tetrametilsilano), usado como referencia interna.

Obtención del ligante tridentado [C,N,S]

En un matraz bola de 50 mL, se agregan un 1mmol de 3-(p-clorotiofenil)-2-propanona, 1.2 mmoles de N,N-difenilhidrazina hidrociorada, 1.4 mmoles de acetato de sodio en 10 mL de metanol. La mezcla de reacción se coloca en agitación y a reflujo por 4 h empleando IR como fuente de calentamiento. El producto obtenido es purificado por cromatografía en columna, utilizando alúmina neutra como fase estacionaria y hexano como fase móvil. El compuesto se obtiene como un sólido amarillo.

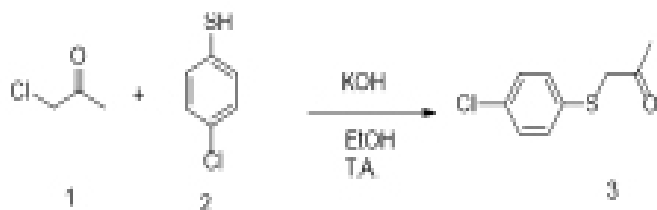
Obtención del complejo ciclopaladado derivado del ligante tridentado [C,N,S]

En un matraz bola de 50 mL se añaden 1 mmol de PdCl_2 , 2 mmol de NaCl en 5 mL de etanol, la mezcla se coloca en agitación durante 1 hora a temperatura ambiente. Posteriormente, se añade 1 mmol de la arilhidrazona previamente disueltos en 5 mL de etanol. La mezcla se deja en agitación a temperatura ambiente por 92 horas.

Después de este tiempo, se obtienen un sólido café el cual se filtra a vacío y es lavado con hexano. El complejo es purificado mediante una columna cromatográfica utilizando alúmina neutra como fase estacionaria y un gradiente de hexano/diclorometano (50/50) como fase móvil. El complejo es obtenido como un sólido de color violeta.

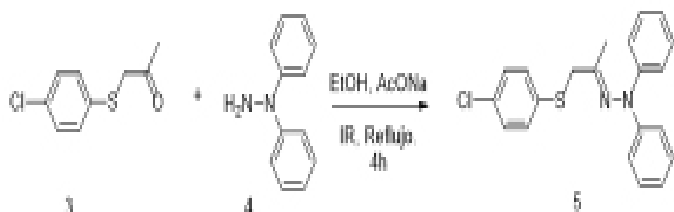
Resultados y discusión

Para la preparación del ligante tridentado [CNS] en prima instancia se debe realizar previamente la síntesis de la 3-(p-clorotiofenil)-2-propanona. Esto se lleva a cabo mediante una reacción clásica de sustitución nucleofílica bimolecular (SN_2) entre la cloroacetona (1) y el p-clorotiofenol (2) (Esquema 1). El procedimiento se realizó como se encuentra reportado en la literatura (Savka et al., 2014). La cetona se obtiene como un sólido blanco en un rendimiento del 98% y fue caracterizado por medio de RMN ^1H y ^{13}C y los datos están de acuerdo con lo informado en la literatura (Savka et al., 2014).



Esquema 1. Síntesis de la 3-(p-clorotiofenil)-2-propanona.

Una vez obtenido la cetona (3) se hizo reaccionar con la N,N-difenilhidrazina en presencia de AcONa y etanol como disolvente de acuerdo al Esquema 2.



Esquema 2. Síntesis de la arilhidrazona tridentada.

El producto aislado N,N-difenilhidrazona derivado de la 1-(4-cloro-fenilsulfonilo)propan-2-ona es un sólido cristalino de color amarillo con un punto de fusión de 115°C y se obtuvo en un rendimiento del 70%, su estructura fue confirmada por técnicas espectroscópicas de RMN de ^1H y ^{13}C . A manera de ejemplo se describe el espectro de RMN de ^1H .

En el espectro de RMN ^1H (Figura 1) se observa una señal desplazada hacia campos altos en 1.79 ppm la cual es una señal simple que integra para tres hidrógenos y corresponde a los protones del grupo CH_3 , en 3.80 ppm se observa otra señal simple que integra para dos hidrógenos, la cual fue asignada a los protones del grupo metileno CH_2 .

Desplazada hacia campos bajos se observa una señal doble en 6.72 ppm dicha señal integra para cuatro unidades y es debida a los hidrógenos H-c, en 7.03 ppm encontramos una señal triple la cual integra para dos hidrógenos y pertenece a los protones H-e, posteriormente en un rango entre 7.21-7.26 ppm se ubica un multiplete que integra para cuatro unidades, esta señal fue asignada a los hidrógenos H-d, en 7.31 ppm se halla una señal doble la cual integra para dos hidrógenos perteneciente a los protones H-g. Finalmente, en 7.42 ppm hay una señal doble que integra para dos hidrógenos y esta corresponde a los protones H-h.

Una vez obtenido la N,N-difenilhidrazona de la 1-(4-cloro-fenilsulfonilo)propan-2-ona, se hizo reaccionar en presencia de tetracloropaldadato de sodio (el cual se formó insitu) empleando como disolvente EtOH, dicha reacción dio origen a la formación del complejo ciclopaldado (6) (Esquema 3).

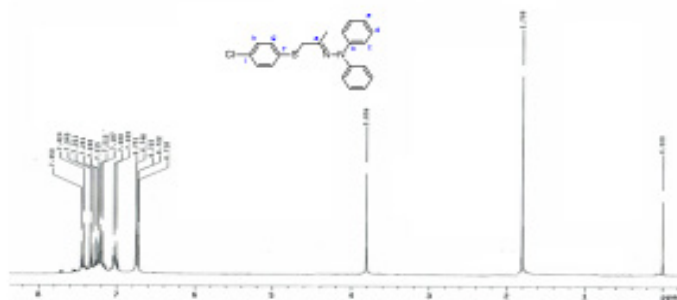
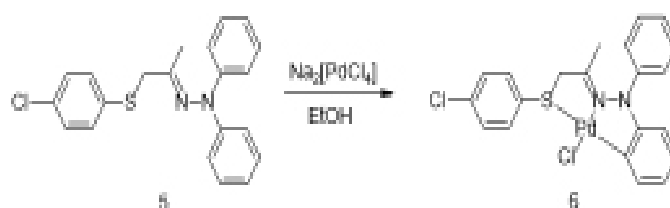


Fig. 1. Espectro de RMN ^1H (300 MHz, CDCl_3), para el ligante tridentado.

El paladacilo tipo pinza se obtuvo como un sólido de color violeta que se descompone por encima de los 200 °C en un rendimiento del 67%, su estructura se confirmó por técnicas espectroscópicas de RMN ^1H y ^{13}C , de igual forma que para el ligante se presenta a manera de ejemplo el análisis de la RNM de ^1H .



Esquema 3. Reacción de ciclopaldación

En el espectro de RMN ^1H (Figura 3) para el complejo, se observa desplazada hacia campos altos una señal simple en 1.91 ppm la cual que integra para tres hidrógenos correspondiente a los protones del grupo CH_3 , hacia campos bajos en un desplazamiento de 5.80 ppm se encuentra una señal doble de doble que integra para un hidrógeno y que es asignada al H-h, dos señales triples dobleteadas que integran para un hidrógeno cada una se ubican en 6.70 ppm y en 6.74 ppm y corresponde a los hidrógenos H-i y H-j respectivamente, hacia campos más bajos en 7.47 ppm se ubica otra señal doble de doble que integra para un protón la cual es asignada al H-k, este conjunto de señales son características de un complejo ciclopaldado.

En un desplazamiento de 6.35 ppm se observa una señal simple que integra para dos unidades, esta señal corresponde a los hidrógenos del grupo CH_2 , desplazada hacia campos altos se encuentra una señal triple en 7.16 ppm que integra para un hidrógeno y corresponde a los protones H-e, en esta misma zona en 7.26 ppm se observa una señal doble que integra para dos protones y que es debida a los hidrógenos H-m, una señal múltiple que aparece en un rango de 7.33-7.40 ppm y que integra para cuatro hidrógenos corresponde a los protones H-c y H-n. Finalmente se observa una señal triple en 7.65 ppm que integra para dos hidrógenos y corresponde a H-d.

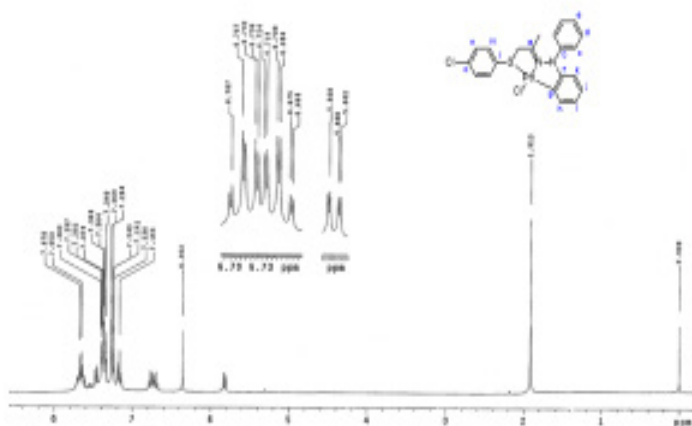


Fig. 2. Espectro de RMN de ^1H (300 MHz, CDCl_3) para el paladaciclo.

Conclusiones

Se logró llevar a cabo la síntesis de la 3-(p-clorotiofenil)-2-propanona mediante una reacción de sustitución nucleofílica bimolecular ($\text{S}_{\text{N}}2$) con buenos rendimientos.

Se realizó la síntesis de la N,N-dfenilhidrazona de la 3-(p-clorotiofenil)-2-propanona como ligante tridentado [C,N,S] con rendimientos buenos.

Se llevo a cabo la paladación del ligante con tetracloropaladato de sodio obteniendo un complejo tipo pinza asimétrico. Se realizó la caracterización espectroscópica de los compuestos sintetizados utilizando las técnicas de Resonancia Magnética Nuclear de ^1H y ^{13}C .

Agradecimientos

Los autores agradecen a los proyectos DGAPA-UNAM PAPIIT IN210721 y FESC-PIAPI2039 por el financiamiento del proyecto.

Referencias

- BEDFORD R.B., Cazin C.S.J., Holder D. (2004). The development of palladium catalysts for C-C and C-heteroatom bond forming reactions of aryl chloride substrates. *Coordination Chemistry. Reviews*, 248: 2283-2321. <https://doi.org/10.1016/j.ccr.2004.06.012>.
- CAMACHO-ESPINOZA M., Reyes-Deloso A., Toscano, R. A., Penieres-Carrillo, J. G., López-Cortés, J.G., Ortega-Alfaro. M.C., Ortega-Jiménez, F. (2019). Thiazole-based non-symmetric NNC-Palladium pincer complexes as catalytic precursors for the Suzuki-Miyaura C-C coupling. *New Journal Chemistry*, 43: 12967-12978. <https://doi.org/10.1039/C9NJ02977J>.
- DUPONT, J. and Pfeffer M. (2008). *Palladacycles Synthesis, Characterization and Applications*, WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, Germany.
- GARCÍA H., Muñoz A., Miguel D., Garcia. G. (1994). Cyclopallated Complexes of 2-Acetylpyridine Phenylhydrazone: A Tridentate C, N, N'Donor Ligand *Organometallics*, 13; 1775-1780. <https://doi.org/10.1021/om00017a039>.
- ORTEGA F., Domínguez F., Rosas A., Penieres G., López J. G., Ortega M. C. (2015). An expedient approach to enhance Mizoroki-Heck coupling reaction by infrared irradiation using palladacycle compounds. *Applied Organometallic Chemistry*, 29: 556-560. <https://doi.org/10.1002/aoc.3331>
- SAVKA R. D., Pohodylo N.T., Obushak. M.D. (2014). Effective method of β -keto sulfones synthesis. *Russ. J. Organ. Chem.* 2014, 50, 296-297. doi:10.1134/S1070428014020274.
- SINGH M.P., Saleem F., Rao G., Kumar K.S., Joshi H., Singh A.K. (2016). Palladacycles of unsymmetrical (N,C-,E) (E = S/Se) pincers based on indole: their synthesis, structure and application in the catalysis of Heck coupling and allylation of aldehydes. *Dalton Trans.* 45: 6718-6725. DOI: 10.1039/C6DT00060F.
- THE Chemistry of Pincer Compounds. (2007). Morales- Morales D., C. M. Jensen, C.M. (Ed). Elsevier Science, Amsterdam.
- VERMA G., Marella, A. (2014). A review exploring biological activities of hydrazones. *Journal of Pharmacy and Bioallied Sciences.* 6: 69-80. DOI: 10.4103/0975-7406.129170
- WADE, L. G. (2012). *Química Orgánica*, 7a.; Pearson: Estado de México.

CONTRIBUCIÓN AL ESTUDIO DE LAS PLANTAS MEDICINALES UTILIZADAS POR LAS PARTERAS DE LA LOCALIDAD ZARAGOZA LA MONTAÑA CHIAPAS



Mali Itzel Morales Luis, Brígida del Carmen Camacho Enríquez, Mario Arturo Morales Delgado*

Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México, itzze_litaa@hotmail.com, bcamachoe@gmail.com, mamdelgado@yahoo.com



Resumen

La medicina tradicional ha sido fuente de numerosos hallazgos de principios activos o metabolitos de interés, aproximadamente el 80% de los fármacos desarrollados han sido obtenidos a partir de productos de origen natural (Chinsembu, 2016). El objetivo principal del trabajo es integrar el conocimiento sobre las plantas medicinales utilizadas por las parteras de la localidad indígena de Zaragoza la Montaña y conocedores de medicina tradicional mediante investigaciones de campo y bibliográficas para preservar y difundir el conocimiento de la comunidad, así como analizar y contrastar con la información obtenida. Los resultados fueron un cuadernillo bilingüe (tojolabal-español) con la información compilada para la preservación y difusión de la información, y una serie de monografías con un enfoque científico del uso tradicional e información bibliográfica de las plantas usadas.

Palabras clave: Química, Plantas medicinales, Metabolitos de interés, Parteras, Chiapas, Medicina tradicional, México.

Antecedentes

México es un país megadiverso que se caracteriza por una variada topografía, así como por una variedad de climas que resultan en ecosistemas muy diversos.

El uso de las plantas como recurso terapéutico en México se remonta a mucho antes de la llegada de los españoles, hoy en día, la ciencia respalda el uso de estas plantas. Por su lado, la investigación fitoquímica se ha encargado de mostrar la gran diversidad de compuestos químicos con actividad farmacológica que han servido como modelos en el diseño de nuevos compuestos con actividad farmacológica.

Objetivo

Integrar el conocimiento sobre las plantas medicinales utilizadas por las parteras de la comunidad indígena Zaragoza La Montaña mediante una investigación de campo y bibliográfica para preservar y difundir el conocimiento de la comunidad.

Metodología de la investigación

Esta investigación se dividió en nueve etapas que engloban, el trabajo de campo, investigación bibliográfica, organización y análisis de datos.

Etapas 1: Etapa de investigación bibliográfica, selección de zona y grupos de trabajo.

La revisión documental se realizó en fuentes físicas y bases de datos digitales relacionados con datos de la población del municipio de Comitán, Chiapas; los grupos indígenas, así como sus usos y costumbres. Con la información recopilada se eligió la zona de trabajo y se delimitó el lugar (Zaragoza la Montaña en Comitán de Domínguez Chiapas), se seleccionó el tema (plantas medicinales) y el grupo de trabajo (parteras tradicionales), posteriormente se seleccionó un segundo grupo de trabajo (conocedores de medicina tradicional) que habitan en la cabecera municipal (Comitán de Domínguez Chiapas)

Etapas 2: Trámite de permisos a autoridades, comunidad de parteras y conocedores para la colecta de ejemplares.

Previo a la realización del trabajo de campo, se pidió permiso por escrito a las autoridades de Zaragoza la Montaña. Personas designadas en una asamblea como representantes de la población y que son una parte sumamente importante de ella.

Una vez aprobados los permisos por la comunidad, se les presentaron los objetivos y alcances del proyecto de investigación, algunos de ellos accedieron a realizar recorridos en su huerto familiar y apoyaron en la colecta de los ejemplares. Del mismo modo se solicitó apoyo a los conocedores de medicina tradicional al cual accedieron amablemente.

Etapas 3: Establecimiento de informantes

Se seleccionaron dos grupos, el primero la comunidad de parteras de Zaragoza La Montaña, este grupo fue localizado gracias a la difusión oral de nuestro objetivo y el segundo grupo de informantes se estableció gracias a la población local.

Se efectuó, la primera reunión con cada grupo por separado y se presentaron los objetivos, organización y alcances del trabajo.

Etapas 4: Diseño y aplicación de la entrevista

El trabajo de campo con cada grupo principió con un primer encuentro que tuvo como objetivo el conocernos y familiarizarse. Posteriormente, para el diseño y aplicación de la entrevista, el trabajo se dividió en dos fases, la primera se denominó de "sondeo", ahí se conversó de manera informal con los integrantes de los grupos de trabajo, las preguntas fueron abiertas y sin formato. Con la información obtenida de la indagación previa, se elaboró un cuestionario con preguntas diversas que se aplicaron a través de una entrevista semiestructurada con tópicos relacionados con el informante y su práctica médica.

Etapas 5: Organización de la información obtenida

Hasta este punto, la información recopilada se organizó y produjo una lista de plantas que se ordenó alfabéticamente y con la que se trabajó en las etapas posteriores.

Etapas 6: Colecta y herborización de ejemplares

Los ejemplares vegetales se recolectaron con ayuda de los informantes, para obtener una muestra de la flora utilizada en su práctica médica. Los ejemplares vegetales se herborizaron en Chiapas y fueron llevados al Herbario Etnobotánico IZTA de la FES-Iztacala para su identificación botánica.

Etapas 7: Investigación bibliográfica

La identificación botánica permitió conocer los nombres científicos con los que se realizó una segunda investigación bibliográfica que permitió obtener información adicional sobre química y farmacología.

Etapas 8: Diseño, elaboración y traducción de monografía para el cuadernillo de divulgación cultural

La información directa de los informantes y la proporcionada por el herbario se integró en una serie de monografías, respetando los términos utilizados por los informantes. El cuadernillo se elaboró en dos lenguas (tojolabal-español), e incluye nombre común y científico, sinonimia vulgar, formas de preparación, fotografías de las plantas en su hábitat natural y pinturas en acuarela.

Etapas 9: Contraste bibliográfico

La información obtenida se analizó con el fin de describir la relación entre los grupos (parteras indígenas tradicionales y conocedores de medicina tradicional) y las plantas dentro de su medio ambiente para concluir con este proyecto.

Resultados y discusión

Zaragoza La Montaña está ubicada a 1600 m de altitud y a 19 km de la cabecera municipal de Comitán de Domínguez, Chiapas. La población es de 1822¹ habitantes en su mayoría indígenas y en menor proporción mestizos. Las viviendas son muy austeras construidas de madera piso de cemento o tierra y láminas de zinc, sin servicios de agua y drenaje. Las principales actividades económicas son ganadería y el campo, las mujeres se dedican principalmente al hogar. El grupo está constituido por 8 parteras (Me'xepal/Tulwanum) y un hombre (Tulwanum winik). Los conocedores son 6

¹ Los datos estadísticos utilizados fueron proporcionados por el Dr. José Daniel López Bautista de la UMR de Zaragoza La Montaña IMSS y su equipo de salud.

mujeres y 3 hombres ubicados en el municipio de Comitán y se dedican a hacer limpias y tratamiento de enfermedades en general con remedios tradicionales que elaboran o cosechan en sus hogares, aunque su principal fuente de ingresos es el comercio.

La edad de los integrantes de los dos grupos es mayor de 60 años y la mayoría son analfabetas (70%). El pago que reciben por sus servicios está entre 50 y 100 pesos y generalmente se paga en especie. En cuanto a la lengua que utilizan hay contrastes, las parteras son bilingües mientras que los conocedores entienden poco de otra lengua indígena.

Cabe resaltar, que el idioma es un factor relevante en este estudio, el grupo de parteras tradicionales habla Tzeltal y español, pero entiende Tojolabal ya que se desenvuelven en un entorno rural mientras que el grupo de conocedores tradicionales solo habla español y solo una persona de ese grupo entiende un poco de Tojolabal, pues su entorno es rural-urbano.

Las plantas utilizadas por los grupos se obtienen por recolección, huerto familiar ("el sitio") y muestras de mercado ("la central").

Los recursos etnomedicinales usados por ambos grupos comprende de 32 especies clasificadas dentro de 18 familias, siendo las más usadas, romero (*Rosmarinus officinalis* L.), manzanilla (*Matricaria recutita* L.), albahaca (*Ocimum basilicum* L.) y ruda (*Ruta chalepensis* L.).

Los recursos naturales utilizados en el ritual de parto o simplemente en el tratamiento de los padecimientos físicos o emocionales en conjunto con las plantas medicinales son mencionados a continuación.

Las parteras y conocedores no solo reconocen las enfermedades de origen sistémico, también reconocen las ocasionadas por el hombre como el aire, el susto y el mal de ojo, ocasionado por la mirada fuerte, pesada, caliente, fija o penetrante de algunos individuos. En México es la principal causa de atención de la medicina tradicional (INI, 1994). Para el tratamiento de este tipo de enfermedades se utilizan, además de plantas, huevo, casa de avispa, hilo rojo o del pañal de un bebé, ojo de venado y ámbar.

El ámbar es un recurso muy utilizado en los recién nacidos para protegerlos del mal de ojo y enfermedades físicas. Cuando la capacidad del ámbar se ve superada, se cuarteo o fractura y debe ser reemplazado.

Las parteras se encargan de detectar algunos padecimientos ginecológicos que frecuentemente son causa de esterilidad, así como los que afectan a la mujer embarazada y al recién nacido. Los padecimientos pueden ser el resultado de cau-

sas naturales, como el frío, calor, viento, humedad y sobre todo por desequilibrio de los elementos básicos del cuerpo (Berlin & Berlin, 1996).

El grupo de parteras tradicionales se especializa en la atención del recién nacido, embarazada y partos principalmente, mientras que el grupo de conocedores tradicionales atiende enfermedades varias de adultos, niños e incluso animales.

De manera general los padecimientos que tratan parteras y conocedores son: dolor de panza, problemas de la vesícula, carraspera, sarna, dolor de matriz, hipo, lombrices, evitar aborto, dolor de muela, calentar la leche de la madre, poder embarazarse, mal de ojo, amacice el niño, mucha regla, levantar energía, entre otros 25-30 padecimientos o enfermedades.

Con base en el listado de plantas medicinales e información de los entrevistados se clasificaron las plantas, de acuerdo con la dicotomía frío-calor, así como por su sabor y olor. Posteriormente con la información etnobotánica proporcionada por el herbario de la FES Iztacala se analizó la composición fitoquímica reportada en la literatura.

Los datos analizados permitieron determinar que la naturaleza de las plantas medicinales denominadas como frías sería el resultado de la combinación de flavonoides, aceites esenciales, compuestos fenólicos y triterpenos, si se considera a los metabolitos presentes en un mayor número de especies. ¿Pero qué relación guarda la presencia de estos grupos químicos con el uso que dan los grupos de estudio a las plantas mencionadas?

La respuesta es que las principales funciones de las plantas mencionadas se pueden resumir en actividad analgésica, antiespasmódica, ansiolítica, relajante, y antifúngica. Relacionado con estos padecimientos se puede enfatizar que los aceites esenciales con monoterpenos se usan en fitomedicina para tratar el reumatismo, infecciones (bacterianas, fúngicas), resfriado, malestar, flatulencia, espasmos intestinales, como estomáquico y para mejorar el sabor (Wink, 2015). Polifenoles como los flavonoides son responsables de un amplio conjunto de propiedades.

Mientras que en las plantas denominadas como calientes se puede resaltar una característica particular es que todas las plantas tienen algún compuesto con estructura fenólica. Si consideramos además de los flavonoides, que es un grupo ubicuo en el reino vegetal, este grupo contiene fenilpropanoides, como el eugenol; alcaloides como la capsaicina, ácidos fenólicos como el ácido rosmarínico, entre otros. Con respecto al tipo de padecimientos tratados con estas plantas, se puede resumir a las siguientes actividades: analgésica, antiinflamatoria, para fortalecer el organismo, antimicrobianos, evitar la amenaza de aborto, antiparasitarios, etc.

En general, el análisis de la información bibliográfica obtenida muestra que los compuestos químicos reportados en la literatura de las plantas mencionadas por los informantes pertenecen a tres principales grupos como se muestra en la Tabla 1.

Compuestos	Clasificación	Ejemplo
Eugenol	Fenilpropanoide	<i>Ocimum basilicum L.</i>
Pineno	Terpeno	<i>Rosmarinus officinalis L.</i>
Quercetina	Flavonoide	<i>Matricaria recutita L.</i>
Graveolina	Alcaloide	<i>Ruta chalepensis L.</i>

Tabla1 Principales compuestos químicos presentes en las plantas más usadas.

Por otro lado, la información obtenida de los informantes se organizó en un cuadernillo, con el fin de preservar y dar a conocer esta información tan valiosa. El cuadernillo de divulgación cultural está impreso para que la comunidad y público en general, conozca los recursos utilizados, forma de preparación, etc. Además de ser una forma de agradecimiento a todos los informantes y personas que contribuyeron con la realización de este proyecto. En las figuras 1 y 2 se muestra una de las monografías incluidas en el cuadernillo.

Por otro lado, y de acuerdo con las observaciones realizadas en el lugar de trabajo, la práctica médica está basada en la relación de confianza y fraternidad entre la partera o médico tradicional y el paciente. Además, de los conocimientos transmitidos de generación en generación basados en la relación que guardan las plantas con el hombre y su cosmovisión. Debemos enaltecer el valor de estos conocimientos ya que constituyen una fuente potencial de nuevos compuestos químicos con actividad biológica que requieren de estudios más profundos desde diferentes puntos de vista.



Fig. 1 Dibujo en acuarela de la portada de la planta utilizada, en este caso chile.

CHILE
Capsicum annuum L.

Descripción
Herbe o arbusto pequeño de hasta 2 m de altura, con el tallo muy ramificado. Hojas alargadas de 4 a 12 cm. Las flores se presentan en grupos de color blanco, nacen en los nudos de las hojas con el tallo. Frutos lentiscos, roncinos, verdes o muy variados de sabor picante, con abundantes semillas completamente aromáticas y hasta negras.

Distribución popular

• Chile	• Argentina	• Perú
• Colombia	• Uruguay	• México
• Venezuela	• Ecuador	• República

Usos tradicionales

1. Para que no se deje a
para que no se desmenuse
y se caliente la fruta.

Forma de preparación

1. Se hace un té de plantas con una rama
de canela y se mezcla además del té 2
chiles, plátanos verdes, y una taza de
papel de cebolla y se toma.

Referencias
CIBAM. (2016). *Atlas de las plantas de la etnobotánica medicinal latinoamericana*. Consultado de <http://www.medicinasdeindigenas.com/medicinas-de-indigenas>




Fig. 2 Hoja de datos de la planta utilizada (Chile) en idioma Español-Tojolabal

Conclusiones

La metodología de trabajo con base en las técnicas etnográficas permitió conocer de manera cercana la forma de trabajo de las parteras y conocedores tradicionales, de modo que se pueda preservar y difundir el conocimiento de ambos grupos que trabajan en la región de Comitán Chiapas. Se ha elaborado un catálogo bilingüe de las plantas medicinales usadas por los grupos de trabajo, cuya información fue obtenida a partir de entrevistas. Se procedió a realizar la búsqueda de información bibliográfica de las plantas y de este modo conocer los metabolitos secundarios que poseen y el efecto que éstas pudieran tener en el tratamiento de diversos padecimientos.

Agradecimientos

Agradezco a todas las personas que contribuyeron a esta investigación, principalmente a aquellas que ofrecieron su tiempo y conocimientos esperando que sea de su agrado y contribuya a que sigan desempeñando su labor con dignidad. Gracias al programa PAPIIME PE204118 “Actualización y fortalecimiento de la enseñanza experimental de las asignaturas: Fitoquímica y Farmacognosia y Fitofármacos de la licenciatura en Química Industrial”.

Referencias

BERLIN, E. A., & Berlin, B. (1996). *Medical Ethnobiology of the highlands Maya of Chiapas, Mexico*. New Jersey: Princeton University Press.

CHINSEMBU, K.C (2016). Ethnobotanical study of medicinal flora utilised by traditional healers in the management of sexually transmitted infections in Sesheke District, Western Province, Zambia. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 26(2), 268-274. <https://doi.org/10.1016/j.bjp.2015.07.030>

INI. (1994). *Diccionario enciclopédico de la medicina tradicional mexicana I*. México: Instituto Nacional Indigenista.

J. Vonk, T. K. (2019). *Encyclopedia of Animal Cognition and Behavior* (first edition) <http://www.springer.com/gp/book/9783319550640#aboutBook>

McMURRY, J. (2008). *Química Orgánica*, 74-360, Universidad Nacional Autónoma de México.

SCHWAB, M. (2017). *Encyclopedia of Cancer* (third edition) <https://www.sciencedirect.com/referencework/9780128124857/encyclopedia-of-cancer>

WINK, M. (2015). Modes of Action of Herbal Medicines and Plant Secondary Metabolites. *Medicines*, 2, 251-286. doi:10.3390/medicines2030251

EXTRACCIÓN E IDENTIFICACIÓN FITOQUÍMICA DE FLAVONOIDES A PARTIR DE HOJAS DE *Ratibida columnifera* CON POTENCIAL ANTIOXIDANTE



Elideth Vidales Valenzuela, Leticia Bautista Montes*

*Unidad Académica Multidisciplinaria Reynosa-Aztlán, Universidad Autónoma de Tamaulipas,
elideth_4951@hotmail.com, diferencial2000@yahoo.com.mx*



Resumen

El estrés oxidativo es uno de los factores de riesgo para padecer cáncer, y sucede cuando los radicales libres en el organismo se encuentran en desequilibrio. Los flavonoides son productos naturales sintetizados a partir de plantas como compuestos bioactivos, que poseen una gran diversidad de actividades biológicas como, antioxidantes, antiinflamatorias y anticancerígeno, entre otras. El objetivo es extraer e identificar fitoquímicos como flavonoides presentes en las hojas de *Ratibida columnifera*, con potencial antioxidante. Para este estudio a partir de las hojas se realizó extracción por soxhlet con alcohol etílico. Se caracterizó la molécula de los flavonoides por espectrofotometría UV-vis e FT-IR. Como resultado por espectrofotometría UV-vis se encontraron señales de absorción a 333 nm característica de flavonas (330-335 nm). En el análisis por espectrofotometría FT-IR revela la presencia de una flavona (Vitexina). Los flavonoides presentes en plantas como lo es *Ratibida columnifera* pueden contribuir al descubrimiento de nuevas moléculas con potencial antioxidante.

Palabras clave: Estrés oxidativo, Flavonoides, Hojas, *Ratibida columnifera*, Antioxidante.

Antecedentes

El cuerpo humano posee mecanismos naturales para mantener las concentraciones normales de especies reactivas de oxígeno (ERO), sin embargo puede presentarse un desequilibrio entre las rutas de generación y consumo (Carvajal, 2019).

Cuando se genera un incremento en la concentración de las especies reactivas de oxígeno debido a un incremento exagerado en la producción o debido a la disminución o inhibición de los mecanismos antioxidantes endógenos, decimos que el cuerpo entra en el estado de estrés oxidativo (Ortiz & Medina, 2019).

El estrés oxidativo es uno de los factores de riesgo para padecer cáncer, y sucede cuando los radicales libres en el organismo se encuentran en desequilibrio (Noh et al, 2015; Vidal et al. 2020).

En la medicina tradicional se encuentran algunas plantas medicinales que contienen compuestos antioxidantes que ayudan a proteger las células de los efectos dañinos de las especies reactivas del oxígeno. Estudios de diferentes especies han permitido aislar e identificar una amplia variedad de compuestos antioxidantes con estructura fenólica, que tienen la capacidad de proteger a las células del daño oxidativo, que provoca el envejecimiento y la incidencia de enfermedades crónicas degenerativas (Torrenegra et al. 2019).

Los flavonoides están ampliamente distribuidos en todas las plantas de la familia *Rutaceae*, *Polygonaceae*, *Asteraceae* y *Apiaceae*, en sus partes aéreas: hojas, flores y frutos. Algunos flavonoides son responsables del color amarillo, rojo y azul de algunas flores (Amalesh et al. 2011; Petrusa et al. 2013).

Los flavonoides constituyen el grupo más abundante e incluye: flavonas, flavanonas, flavonoles, isoflavonas, antocianinas, entre otros; además son moléculas que poseen propiedades antioxidantes y antiinflamatorias capaces de neutralizar a los radicales libres por su capacidad de donar electrones y átomos de hidrógeno (Wen et al. 2017; Mex et al. 2019).

Ratibida columnifera es una herbácea perenne que pertenece a la familia *Asteraceae* nativa y originaria de Norteamérica, también conocida de forma común como: sombrero mexicano, sombrero rojo, cono florido amarillo, cono florido amarillo de pradera y cono florido amarillo de pradera erguido (Tenenbaum, 1998; Eason, 2018; Hopkins et al. 2019).

El primer compuesto químico aislado a partir de *Ratibida columnifera* reportado en 1972 fue hispidulina (6-metoxi-5,7,4'-trihidroxiflavona) un flavonoide natural con una amplia gama de actividades biológicas, que incluyen actividades antiinflamatorias, antifúngicas, antiplaquetarias, anticonvulsivas, antiosteoporóticas y, en particular, anticancerígenas (Carman et al. 1972; Liu et al. 2020).

Objetivo

El objetivo de este trabajo es extraer e identificar fitoquímicos como flavonoides presentes en las hojas de *Ratibida columnifera*, con potencial antioxidante.

Metodología

Materia vegetal

Ratibida columnifera se localizó en la colonia 1era de Mayo de la Cd. Río Bravo, Tamaulipas, México, de la cual se recolectó la materia vegetal (hojas). La planta se encuentra ubicada a una altitud 25° 58' 54.4" de latitud norte y a los 98° 06' 41.3" de longitud oeste a una altura de 30 msnm, en un área de 1 km a la redonda a orillas del canal Anzalduas.

Extracción

Para la se empleó el método de extracción por soxhlet empleando un equipo soxhlet, colocando en un dedal de papel filtro, 25 gr de la materia vegetal (hojas), previamente pesado, empleando como solvente 250 mL de alcohol etílico al 96%, por un periodo de 3 hr.



Fig 1. Hojas de *Ratibida columnifera*.

Una vez obtenido el extracto se procedió a utilizar un rota vapor (BUCHI modelo R-205 con Heating Bath B-490), a una temperatura de 70 °C a 50 rpm, con el propósito de separar el solvente del extracto de las hojas de *Ratibida columnifera*.

Identificación fitoquímica

El extracto de hojas de *Ratibida columnifera* fue sometido a ensayos cualitativos colorimétricos para la identificación de flavonoides empleando la prueba de Shinoda.

Cromatografía en capa fina y columna

Para el desarrollo de la cromatografía en capa fina para flavonoides se empleó como fase móvil una mezcla de solventes de hexano:acetato de etilo:2-propanol en proporción de 8:2:1 y como fase estacionaria cromatofolios TLC de sílice gel con indicador fluorescente F254.

La cromatografía en columna se llevó a cabo en micro columnas en pipetas Pasteur de 14.6 cm x 0.8 cm, utilizando un tapón de algodón seguido de 1.5 gr de sílice gel para columna (Whatman, Purasil 60A 230-400 Mesh ASTM) como fase estacionaria y como fase móvil una mezcla de solventes hexano:acetato de etilo:2-propanol (8:2:1).

Espectrofotometría UV-vis

El análisis por espectrofotometría UV-vis se realizó a partir del extracto de hojas de *Ratibida columnifera*, para ello se pesaron 2 mg de extracto seco de la muestra y se disolvió

en alcohol etílico al 96% aforando en un matraz volumétrico de 20 mL, colocando en Celdas-UV macro de 12.5 x 12.5 x 4 mm, (BRAND), para obtener un espectro de absorción en un Espectrofotómetro UV-vis (JENWAY 6715), en un rango de longitud de onda de 200 a 1000.

Espectrofotometría FT-IR

El análisis por espectrofotometría FT-IR se realizó en el Laboratorio Ambiental del Centro de Proyectos Tamaulipas (CEPROTAM, A.C.), ubicado dentro de las instalaciones de Unidad Académica Multidisciplinaria Reynosa-Rodhe, a partir del extracto de hojas de *Ratibida columnifera*, para ello se pesaron 2 mg de extracto seco de la muestra y se disolvió en alcohol etílico al 96% aforando en un matraz volumétrico de 20 mL, en Celdas PerkinElmer para UV-vis 10 mm (B0631009), para obtener un espectro de absorción en un Espectrofotómetro FT-IR (PerkinElmer Spectrum Two), en un rango de longitud de onda de 450 a 4000 cm⁻¹, empleando el programa ACD/Labs Spectrus Processor 2019.1.3. (Versión S05S41), para su interpretación.

Resultados y discusión

En los resultados obtenidos el análisis de identificación fitoquímica se empleó el ensayo de Shinoda (observando coloraciones anaranjado a rojo positivo) ensayo confirmatorio para flavonoides dando como resultado positivo.

En la cromatografía en capa fina se observó la presencia de 5 fracciones, presentando un resultado positivo a la prueba de Shinoda la fracción 4 con un R_f=0.59. En la cromatografía en columna de obtuvo la fracción de interés para su análisis en espectrofotometría UV-vis y FT-IR.

El análisis por espectrofotometría UV-vis (Figura 2) se encuentran señales de absorción que pertenecen a flavonoides 240 nm (200-270 nm) y señales características al grupo de las flavonas 333 nm (330-335 nm).

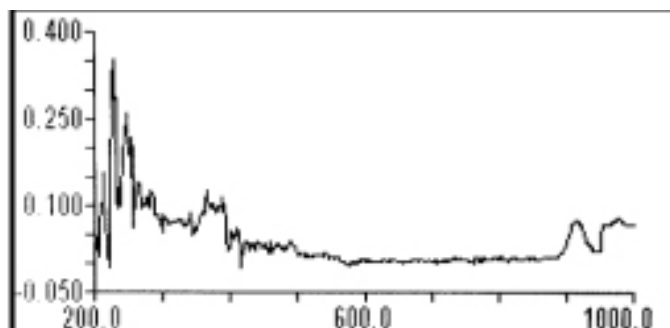


Fig. 2. Espectro de absorción UV-vis flavonoides.

El análisis por espectrofotometría FT-IR (Figura 3) revela la presencia de una flavona (Vitexina; Figura 4), con bandas significativamente relevantes: un grupo flavona (1669 cm⁻¹),

4-pirona (1569 cm⁻¹), éter cíclico (1048 cm⁻¹), alcohol aromático (1180 cm⁻¹) y 1,4-benceno disustituido (478 cm⁻¹), entre otras.

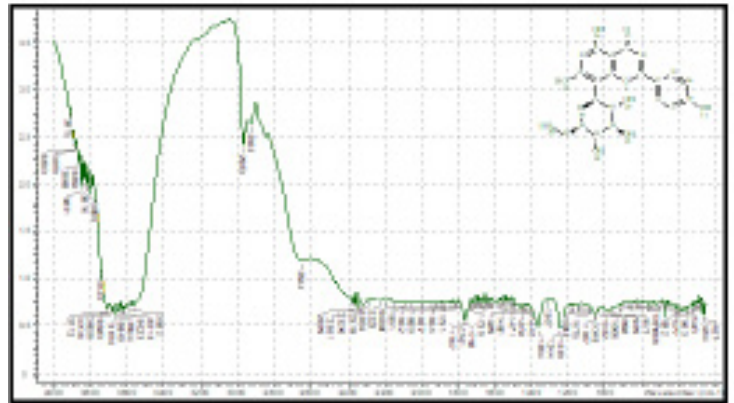


Fig. 3. Espectro de absorción FT-IR Vitexina.

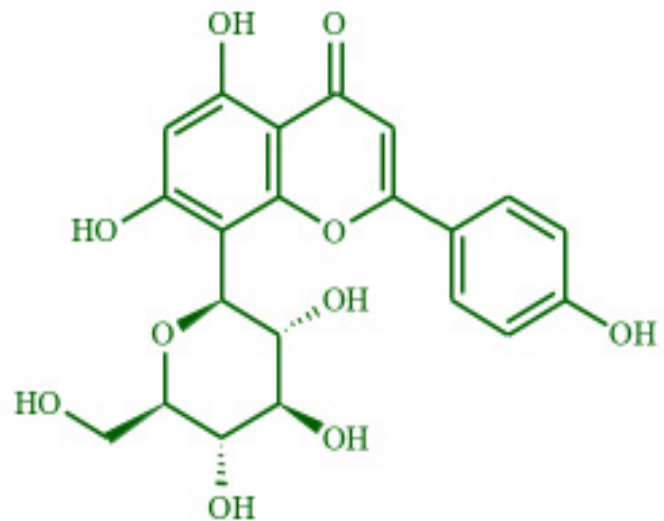


Fig. 4. Estructura química Vitexina (flavona).

Vitexina es un C-glucósido de flavona (5,7,4-trihidroxi-flavona-8-glucósido), que posee actividades antiinflamatorias previniendo el estrés oxidativo, inhibiendo producción de citocinas proinflamatorias y aumento de la citocina antiinflamatoria IL-10 (Borghetti et al. 2013). La vitexina inhibe la producción de TNF- α , IL-6, NO y PGE2 en la osteoartritis humana condrocitos. Además, la vitexina previene la desgranulación de los mastocitos, reduce la producción de mediadores proinflamatorios por neutrófilos y macrófagos, y las vías de señalización de NF- κ B (Ferraz et al. 2020). Además ha demostrado que la vitexina es capaz de donar electrones y ha actuado como un buen eliminador de radicales libres. Tiene una mejor actividad antioxidante que la apigenina, ya que la presencia de glucósido C-8 en la vitexina provoca una reducción de su entalpía de disociación de enlaces en comparación con el glucósido de apigenina (Babaei et al. 2020)

Conclusiones

En conclusión, se obtuvo la presencia de un flavonoide del grupo de las flavonas (Vitexina) presente en el extracto etanólico a partir de las hojas de *Ratibida columnifera*. Vitexina es una flavona, que presenta actividades antioxidantes, anticancerígenos y antiinflamatorias previniendo el estrés oxidativo. Es por ello que la investigación química de productos naturales es una línea de investigación clave en el estudio de plantas silvestres como lo es *Ratibida columnifera* para contribuir al descubrimiento de nuevas moléculas que puedan contribuir al desarrollo de nuevos fármacos con potencial antioxidante.

Agradecimientos

Agradecemos al Laboratorio Ambiental del Centro de Proyectos Tamaulipas (CEPROTAM, A.C.), por su apoyo para la realización de los análisis por espectrofotometría IR.

Referencias

- CARVAJAL, C. (2019). Especies reactivas de oxígeno: Formación, función y estrés oxidativo. *Rev. Med. Leg. Costa Rica*, 36(1), 91-100.
- ORTIZ, J. M. & Medina, M. E. (2020). Estrés oxidativo ¿un asesino silencioso? *Educación Química*, 31(1), 1-11. doi: 10.22201/fq.18708404e.2020.1.69709
- NOH, J.; Kwon, B.; Han, E.; Park, M.; Yang, W.; Cho, W.; Yoo, W.; Khang, G. & Lee, D. (2015). Amplification of oxidative stress by a dual stimuli-responsive hybrid drug enhances cancer cell death. *Nature Communications*. doi:10.1038/ncomms7907
- VIDAL G., M.; Torres M., H.; Velázquez C., C.; Rascón V., L. & Robles Z., R. (2020). Actividad antioxidante y antiproliferativa de seis plantas medicinales del noroeste de México. *Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud*, 22(3), 40-45.
- TORRENEGRA A., M.; Granados C., C. & Mendez G. L. (2019). Actividad antioxidante del extracto etanólico de *Capsicum frutescens* L. *Rev de la Facultad de Ciencias Básicas*, 17(2), 102-111.
- AMALESH, S.; Gouranga, D. & Sanjoy, K. D. (2011). Roles of flavonoids in plants. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 6(1), 12-35.
- PETRUSSA, E.; Braidot, E.; Zancani, M.; Peresson, C.; Bertolini, A.; Patui, S. & Vianello, A. (2013). Flavonoides vegetales: biosíntesis, transporte e implicación en las respuestas al estrés. *Revista Internacional de Ciencias Moleculares*, 14 (7), 14950–14973. doi:10.3390/ijms140714950
- WEN, L.; Jiang, Y.; Yang, J.; Zhao, Y.; Tian, M. & Yang, B. (2017). Structure, bioactivity, and synthesis of methylated flavonoids. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1398(1), 120–129. doi: 10.1111/nyas.13350
- MEX A., R.; Garma Q., P.; Blanco T., P.; Robaldino P., D.; Campos M., A. & Acal I., D. (2019). Actividad antioxidante de *Ixora coccinea*. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 6(3), 15-22.
- TENENBAUM, F. (1998). *Taylor's Encyclopedia of Garden Plants*. New York: Houghton Mifflin Company.
- EASON, M. (2018). *Wildflowers of Texas*. Estados Unidos: Timber Press.
- HOPKINS, K.; Arnold, M. A.; Hall, C. R.; Pemberton, H. B. & Palma, M. A. (2019). Morphological Traits of Commercial Floricultural Interest in *Ratibida columnifera* in Texas. *American Society for Horticultural Science*, 5-11.
- CARMAN, N. J.; Watson, T.; Bierner, M. W.; Averett, J.; Sanderson, S.; Seaman, F. C. & Mabri, T. J. (1972). 6-Methoxyapigenin from Thirty-Four Species of Compositae. *Phytochemistry*, 11, 3271-3272.
- LUI, K.; Zhao, F.; Yan, J.; Xia, Z.; Jiang, D. & Ma, P. (2020). Hispidulin: A promising flavonoid with diverse anti-cancer properties. *Life Sciences*, 259, 118395. doi: 10.1016/j.lfs.2020.118395
- FERRAZ, C. R.; Carvalho, T. T.; Manchope, M. F.; Artero, N. A.; Rasquel, F. S.; Fattori, V.; Casagrande, R. & Verri, W. A. (2020). Therapeutic potential of flavonoids in pain and inflammation: Mechanisms of action, pre-clinical and clinical data, and pharmaceutical development. *Molecules*, 25(3), 762. doi: 10.3390/molecules25030762
- BORCHI, S. M.; Carvalho, T. T.; Staurengo, L.; Hohmann, M. N. S.; Pinge, P.; Casagrande, R. & Verri, W. A. (2013). Vitexin inhibits inflammatory pain in mice by targeting TRPV1, oxidative stress, and cytokines. *Journal of Natural Products*. 76 (6), 1141-1149. doi: 10.1021/np400222v
- BABAEI, F.; Moafizad, A.; Darvishvand, Z.; Mirzababa, M.; Hosseinzadeh, H. & Nassiri A., M. (2020). Review of the effects of vitexina in oxidative stress-related diseases. *Food Science & Nutrition*, 8, 2569-2580. doi: 10.1002/fsn3.1567

DISEÑO FACTORIAL EN LA DETERMINACIÓN DE IVERMECTINA EN TIERRAS POR ESPECTROFOTOMETRIA UV-VISIBLE



Ana Karen Vásquez Muñoz, Mauricio Maximiliano Pico Rico, Diana Lizbeth Vicencio Vázquez, María Gabriela Vargas Martínez*

Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México, sauce. karen18@gmail.com, maxpicor@gmail.com, liz.nct78@gmail.com, gvargasm@unam.mx



Resumen

La ivermectina (IVM) es una lactona macrocíclica soluble en disolventes orgánicos gracias a su carácter hidrófobo, que en la actualidad es considerada como uno de los desparasitantes más empleados a nivel global; esta es administrada por vía oral, inyección subcutánea, en forma pour on o tópica. Presenta un efecto residual de hasta 50 días, debido a que un 90% de la ivermectina, como molécula inalterada, suministrada se excreta en las heces fecales a tierras de pastoreo, de esta manera se une fuertemente al suelo para persistir varios días. En consecuencia, la ivermectina ocasiona una mayor erosión y disminución de la fertilidad en los suelos. Por ese motivo, en el siguiente trabajo se propone un diseño de monitoreo factorial de dos niveles, con el objetivo de conocer las mejores condiciones de extracción para la IVM en tierra, y de esta manera optimizar la respuesta medida para su determinación por UV-Visible.

Palabras clave: Ivermectina, Suelos, Diseño de monitoreo, Métodos Analíticos, Extracción, Espectrofotometría UV-Visible.

Antecedentes

Los tratamientos parasitarios a base de lactonas macrocíclicas resultan en residuos presentes en las heces del ganado e inevitablemente tendrán efectos indirectos o indirectos en los suelos (Bello V, 2017). La descomposición de las deposiciones del ganado en el suelo es fundamental, ya que mantiene la dinámica biológica del suelo, ciclando nutrientes y previendo de soporte a la estructura física del suelo. De esta forma, se lleva a cabo una interacción entre los microorganismos del suelo y el estiércol de tal forma que se previene la acumulación de excretas y se mantiene la fertilidad de los pastizales (Martínez, M. I. y Lumaret, J. P., 2006). Debido a que, en México, la ganadería es una de las principales actividades económicas y esta se da de manera extensiva e intensa, se ha encontrado en suelos con trazas de IVM una degradación más lenta de la materia biológica del suelo, así como un alto crecimiento en la nitrificación de este mismo, que como consecuencia, ocasiona una erosión mayor y disminución de la fertilidad (Verdú, J. R., Cortez, V., Ortiz, A. J., González, R. E., Martínez, P. J., Lumaret, P. J., Lobo, J. M., Numa, C. y Sánchez, P. F., 2015). En México, estas prácticas veterinarias no son reguladas a comparación de otros países como Estados Unidos o la Unión Europea (Wall, R. y Beynon, S., 2012), a pesar del efecto negativo del fármaco en especies de microorganismos tanto terrestres como acuáticos. Existen estudios sobre la determinación de IVM en plasma, tejidos, heces, sedimentos y suelos (Krogh, K. A., Bjorklund, E.,

Loeffler, D., Fink, G., Halling-Sorensen, B., Ternes, T. A., 2008), sin embargo estos estudios se concentran en muestras biológicas y no en matrices solidas o acuosas ambientales; a partir de estos últimos se tiene conocimiento de las condiciones, técnicas y método para la determinación de IVM, pretendiendo así encontrar mediante este estudio de monitoreo las mejores condiciones en los factores que influyen para realizar la determinación de IVM, optimizando la respuesta a medir.

Objetivo

Desarrollar un diseño factorial de monitoreo, que permita establecer la influencia de distintos factores sobre la absorbancia obtenida al analizar IVM presente en tierra, para su determinación por espectrofotometría UV.

Parte experimental

1.Reactivos

Se utilizaron reactivos analíticos de Metanol (99.99%) y Acetonitrilo (99.99%), todos ellos de la marca J.T. Baker, para llevar a cabo la extracción de IVM y la preparación de soluciones para la determinación de la longitud de onda de trabajo. Como muestra se utilizó una solución inyectable de ivermectina al 1% (IVERFULL®).

2.Soluciones

Solución de [IVM] = 20 mg/L aforada con Metanol, Solución de [IVM] = 20 mg/L aforada con Acetonitrilo, ambas para el espectro de absorción y solución de [IVM] = 125 mg/L para enriquecer las muestras de tierra.

3.Análisis Espectrofotométrico

Se realizó el espectro de absorción para las soluciones de [IVM] = 20 mg/L tanto en Metanol como en Acetonitrilo en un espectrofotómetro Lamba 365 Perkin Elmer en un intervalo de 190-390 nm, para encontrar la longitud de onda óptima de trabajo. Posteriormente, para los experimentos señalados en el Diseño de Monitoreo Factorial 2n, se pesaron 0.5g de muestra de tierra y se enriqueció con 1 mL de solución de [IVM] = 125 mg/L en el disolvente indicado por el Diseño de Monitoreo y se agregaron 4mL de dicho disolvente. Esto se llevó a un baño ultrasónico en un equipo de la marca Elma modelo D-78224 SINGEN. Después, se llevó a centrifugación en un equipo de la marca QUALITRON INC, siguiendo los tiempos señalados en el Diseño de Monitoreo. Al sobrenadante, obtenido de la extracción con una concentración final de [IVM] = 25 mg/L, se le midió la absorbancia a la longitud de onda de trabajo óptima encontrada para cada disolvente.

Factores	Niveles	
	-1	+1
Disolvente	Metanol	Acetonitrilo
Tiempo de sonificado	5 min	15 min
Tiempo de Centrifugado	15 min	25 min

Tabla 1. Diseño de Monitoreo Factorial 2n

Resultados y discusión

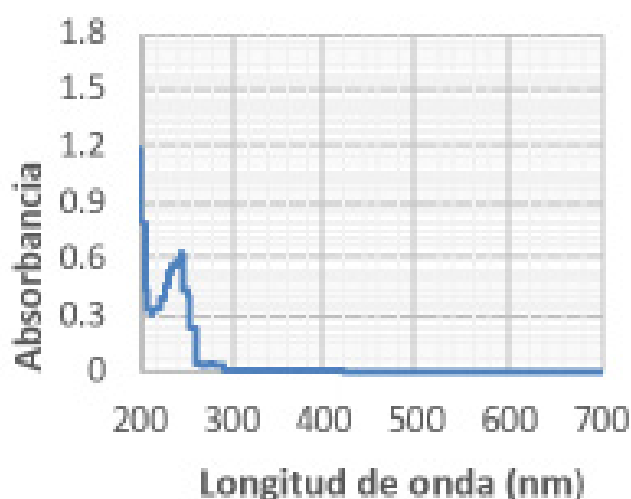


Fig. 1. Espectro de Absorción [IVM]=20mg/L Metanol

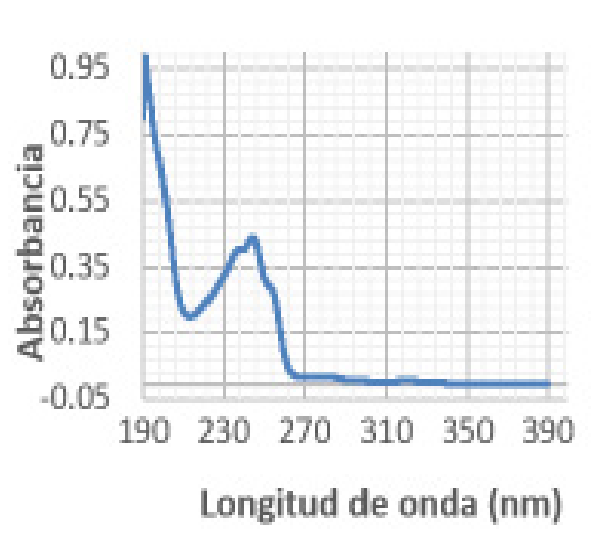


Fig. 2. Espectro de Absorción [IVM]=20mg/L Acetonitrilo

En la figura 1 y 2 se puede observar que la longitud optima de trabajo para el Metanol y el Acetonitrilo es de 244.5 nm.

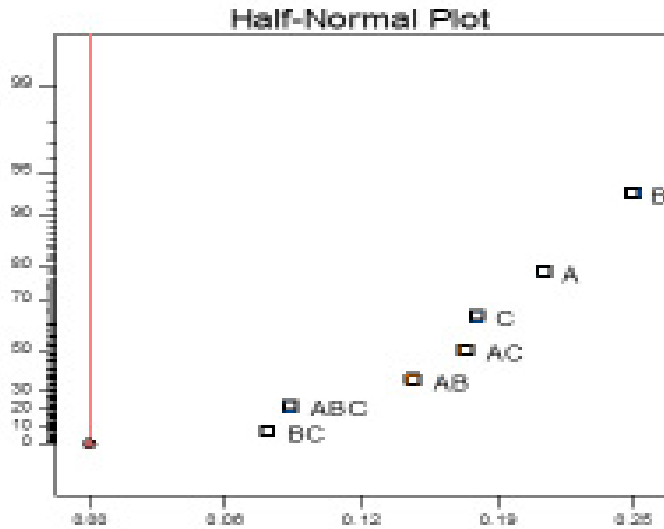


Fig. 3. Gráfico Half-Normal-Plot (A: Sonicado, B: Disolvente, C: Centrifugación).

Con el objetivo de evaluar los efectos de los factores y sus posibles interacciones se presenta la gráfica de probabilidad medio normal en la Figura 3. En la gráfica, la línea roja indica el lugar donde los puntos deben caer si los efectos son cero, donde los efectos de asignación tienen una etiqueta y caen hacia el lado derecho de la línea. Por lo tanto, como indicó el análisis preliminar, el disolvente (B) y el tiempo de sonicación (A) son los factores significativos y están directamente relacionados con la determinación de IVM y la optimización de la respuesta a medir.

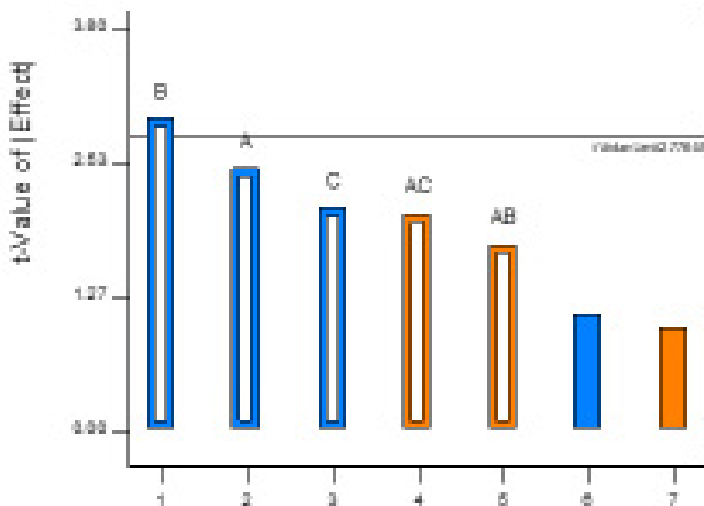


Fig. 4. Gráfico de Pareto (A: Sonicado, B: Disolvente, C: Centrifugación).

En la figura 4, se puede observar la frecuencia que tienen los factores de forma individual y sus respectivas combinaciones, esto decir, el orden de importancia de los factores y la influencia que tienen en la determinación de IVM.

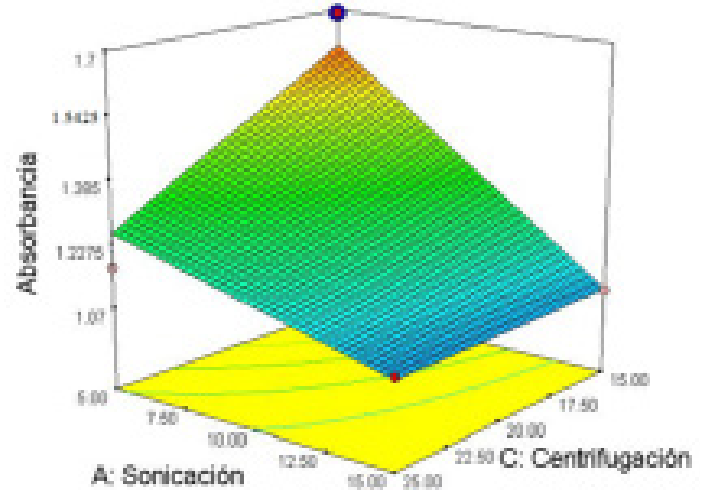


Fig. 5. Superficie de respuesta (Metanol).

En el caso de la superficie de respuesta se tienen dos gráficos, donde cada uno de ellos corresponde a uno de los disolventes utilizados para la extracción, en este diagrama se puede encontrar y evaluar las mejores condiciones de experimentación para obtener la respuesta óptima de la Ivermectina.

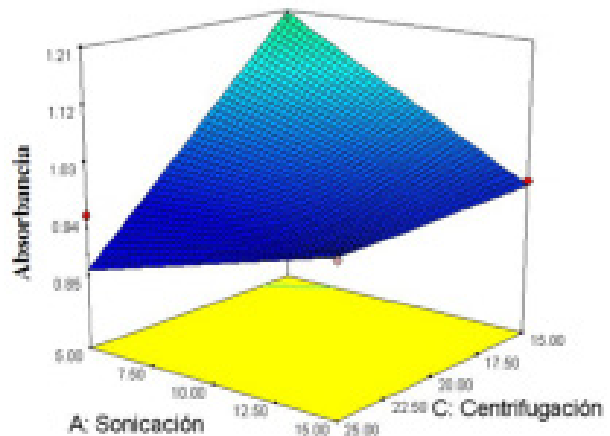


Fig. 6. Superficie de respuesta (Acetonitrilo)

En la figura 5, donde el metanol es el disolvente de extracción, se observan los cambios obtenidos en la superficie de respuesta, en diferentes colores y tonalidades, conforme se hace una variación del tiempo de sonicación, así como, el tiempo de centrifugación en los ejes X2 y X1, respectivamente. La respuesta óptima (mayor absorbancia) es representada en un color rojizo. En esta área se tiene un tiempo de sonicación de 5 min y un tiempo de centrifugación 15 min. Por otro lado, en la superficie de respuesta con Acetonitrilo como disolvente (Figura 6) no se tiene una coloración rojiza como la coloración de la figura 5. Esto confirma que, para tener una respuesta óptima de la IVM o simplemente una mejor respuesta, el disolvente de extracción es el efecto más significativo.

Cabe resaltar que todos los resultados mostrados en este trabajo, con excepción de la figura 1 y 2, se obtuvieron utilizando el programa Design Expert 7.0., este programa nos permite realizar una predicción, en el apartado Point Prediction, sobre las mejores condiciones para el tratamiento experimental de cada disolvente. Estos resultados están representados en la tabla 2.

En el cual se indica que, al tener los mismos tiempos de sonicación y aproximadamente el mismo tiempo de centrifugación, la mayor absorbancia se obtiene utilizando metanol como disolvente de extracción. Esta significancia y cambio de influencia de los factores sobre el experimento es de suma importancia debido a que, se busca conocer cómo influyen los factores estudiados (disolvente de extracción y tiempo de sonicación y centrifugación) en el experimento para obtener la mejor respuesta o la respuesta óptima.

Factor	Nombre	Condición	
A	Sonicación	5 min.	5 min.
B	Disolvente	Metanol	Acetonitrilo
C	Centrifugación	15 min.	17.02 min.
	Respuesta	Predicción	
	Absorbancia	1.60	1.13

Por último, se realizó el análisis ANOVA con los datos obtenidos encontrando lo siguiente:

Tabla 3. Análisis de la varianza (ANOVA)

Fuente	Suma Total de los Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor F	Valor P Prob > F
Modelo	0.375	0.075	5.305	0.045
A- Sonicación	0.086	0.086	6.129	0.068
B-Disolvente	0.123	0.123	8.690	0.042
C -Centrifugación	0.062	0.062	4.431	0.103
AB	0.043	0.043	3.091	0.153
AC	0.059	0.059	0.014	0.110

Planteando la siguiente hipótesis se tiene que:
 H0: Todos los efectos son iguales A=B=C
 H1: Los efectos en el experimento cambian
 Aceptando H1 si $P \leq 0.05$.

El análisis ANOVA nos indica que se tiene un valor de $P=0.0455$, por lo que se acepta H1, además de que el modelo es significativo.

La ecuación codificada mostrada a continuación predice las mejores condiciones en el experimento, aunque estas no sean las óptimas.

$$\begin{aligned} \text{Absorbancia} &= 1.10698 - 0.1042 * A - 0.11098 * B \\ &- 0.0886 * C + 0.074 * A * B + 0.0861 * A * C \end{aligned} \quad (1)$$

Conclusiones

El diseño de monitoreo factorial utilizado en este trabajo permitió encontrar los factores significativos para la determinación de ivermectina en suelos y las interacciones que existen entre ellos. Por consiguiente, se logró identificar que la influencia del disolvente es el factor más importante en la extracción. Asimismo, se obtuvo la ecuación codificada para predecir la absorbancia de la ivermectina y obtener las mejores condiciones para realizar el experimento, utilizando Point Prediction, logrando así una mayor sensibilidad en la respuesta.

Agradecimientos

Nos gustaría agradecer a la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán Campo 1, en especial al laboratorio de Técnicas Analíticas Avanzadas por todos los equipos, reactivos e instrumentos utilizados que fueron prestados para la realización de este trabajo experimental.

Referencias

- BELLO V, A. E. (2017). Evaluación de Lactonas Macroclícas sobre la población de escarabajos coprófagos. [Tesis de Maestría, Universidad Veracruzana]. <https://www.uv.mx/pozarica/mca/files/2012/10/TESISANALYBELLO.pdf>
- IGLESIAS, L., Saumell, C., Sagüés, F., Sallovitz, J. y Lifschitz, A. (2017). Ivermectin dissipation and movement from feces to soil under field conditions. *Journal of Environmental Science and Health, Part B*, 53(1), 42-48.
[HTTPS://PUBAG.NAL.USDA.GOV/CATALOG/6217873](https://pubag.nal.usda.gov/catalog/6217873)
- K., L. (2014). Simultaneous equation method for the estimation of ivermectin and clorsulon in their combined pharmaceutical dosage form by UV-Visible Spectrophotometry. *International Bulletin of Drug Research*, 4(6), 131-139.
- KROGH, K. A., Bjorklund, E., Loeffler, D., Fink, G., Halling-Sorensen, B., Terres, T. A. (2008). Development of an analytical method to determine avermectins in water, sediments and soils using liquid Chromatography-tandem mass spectrometry. *J. Chromatography A*, 60-69. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0021967308016725>
- LIFSCHITZ, A., Virkel, G., Sallovitz, J., Sutra, J. F., Galtier, P., Alvinerie, M., & Lanusse, C. (2000). Comparative distribution of ivermectin and doramectin to parasite location tissues in cattle. *Veterinary parasitology*, 87(4), 327-338. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304401799001752>
- MARTINEZ, I., & Lumaret, J. P. (2006). Las prácticas agropecuarias y sus consecuencias en la entomofauna y el entorno ambiental. *Folia Entomológica Mexicana*, 45(1), 57-68. <https://www.redalyc.org/pdf/424/42445107.pdf>
- NA-BANGCHANG, K., Banmairuroi, V., & Choemung, A. (2006). High-performance liquid chromatographic method for the determination of ivermectin in plasma. *Southeast Asian journal of tropical medicine and public health*, 37(5), 848. <http://www.thaiscience.info/Journals/Article/TMPH/10472344.pdf>
- ORTIZ, A. J., Cortez, V., Azzouz, A., & Verdú, J. R. (2017). Isolation and determination of ivermectin in post-mortem and in vivo tissues of dung beetles using a continuous solid phase extraction method followed by LC-ESI+-MS/MS. *PloS one*, 12(2), e0172202. <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0172202>
- VERDÚ, J. R., Cortez, V., Ortiz, A. J., González-Rodríguez, E., Martínez-Pinna, J., Lumaret, J. P.,... & Sánchez-Piñero, F. (2015). Low doses of ivermectin cause sensory and locomotor disorders in dung beetles. *Scientific reports*, 5, 13912. <https://www.nature.com/articles/srep13912>
- WALL, R., & Beynon, S. (2012). Area-wide impact of macrocyclic lactone parasiticides in cattle dung. *Medical and veterinary entomology*, 26(1), 1-8. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1365-2915.2011.00984.x>

APLICACIÓN DE UN DISEÑO EXPERIMENTAL PARA LA EXTRACCIÓN DE POLIFENOLES PRESENTE EN LA FLOR DE CEMPASUCHIL



Bruno Zamudio González, María Gabriela Vargas Martínez, Daniela Mariana Sánchez Hernández, Carmen Montserrat Rivera Romero, Selene Pascual Bustamante y María Andrea Trejo Márquez

Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México, Campo 1, Av. 1º de Mayo S/N, Cuautitlán Izcalli, Estado de México, C.P. 54740, Tel: 56232003, correos: gvargasm@unam.mx, dms190512@gmail.com, brunzamu@gmail.com, montsestrella@live.com.mx, spluna27@gmail.com, andreatrejo2009@gmail.com



Resumen

La flor de cempasúchil es originaria de México perteneciente a la familia de las Astereaceae, también es conocida como clávelo, copetuda, tlapoyola y flor azteca de la india. El carotenoide principalmente encontrado en los pétalos es trans luteína, en cuanto a flavonoides se encuentra la quercitina, mirecitina, apigenina, kaempferol en mayor proporción, los ácidos fenólicos que se detectan en el extracto etanólico son los ácidos sinápico, cumárico, clorogénico, principalmente aunque se han detectado 7 compuestos más, si bien en menor proporción. Muchos de estos compuestos tiene la capacidad de donar electrones, retrasando los mecanismos como es la oxidación en lípidos, mediante la inhibición de la formación de radicales libres o mediante la interrupción de la propagación radical en uno (o más) de varios mecanismos. Se desarrollará un diseño experimental de monitoreo donde se realice la extracción de polifenoles en la flor de cempasúchil analizando la influencia de cuatro factores de interés [tamaño de partícula (in), tiempo de macerado (días), temperatura (°C), concentración del solvente (%)].

Palabras clave: cempasúchil, extracción, polifenoles, ácido cumárico, sinápico

Antecedentes

Debido a la exigencia que presenta el reemplazar productos químicos naturales, y del mismo modo el aprovechamiento de residuos orgánicos nace la importancia del estudio y la evaluación de los mismos; principalmente los extractos naturales, siendo una mezcla compleja en cuanto a los compuestos bioactivos (antioxidantes en su mayoría) que presenta, haciéndolos valiosos aún más para el mercado, sin embargo, existen factores como su calidad y contenido para presentar efectividad adecuada, comparada con los antioxidantes químicos. (Mendoza 2018).

Los compuestos fenólicos son el grupo más extenso de sustancias no energéticas presentes en los alimentos de origen vegetal, se encuentran principalmente en las plantas: estos compuestos además de ser esenciales para el crecimiento y la reproducción, constituye un amplio grupo de sustancias con diferentes estructuras químicas y actividades metabólicas. Para lograr obtener los polifenoles se tiene que hablar de un método de extracción compuestos polifenólicos a partir de diferentes fuentes naturales es una operación común en la industria alimenticia, llevada a cabo por diferentes métodos tales como: la extracción con solventes, destilación a vapor, maceración, por microondas, ultrasonido, etc., siendo estos principalmente los más utilizados. Dependiendo del método a emplear, serán los rendimientos a obtener. (López 2019).

En los últimos años se ha demostrado que una dieta rica en polifenoles vegetales puede mejorar la salud y disminuir la incidencia de enfermedades cardiovasculares y degenerativas, además de retardar el proceso de oxidación lipídica en alimentos ricos en grasas extendiendo el período de auto-oxidación; y por lo tanto, su vida útil, debido a las características que presentan. (López 2019).

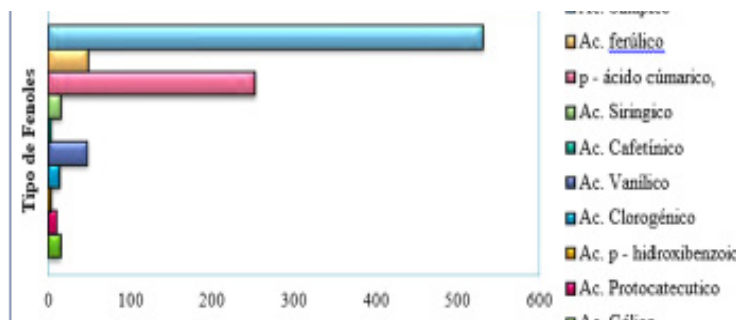


Fig. 1. Fenoles encontrados en la flor de cempasúchil

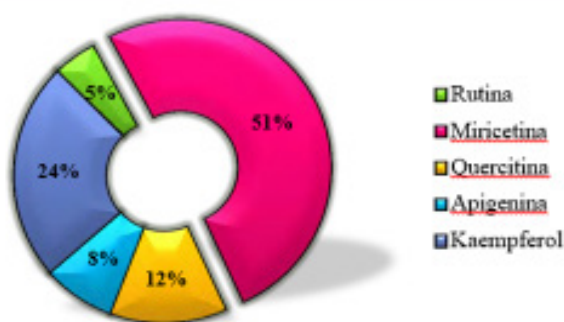


Fig. 2. Compuestos flavonoides identificados en el extracto de la flor de cempasúchil

Objetivo General

Desarrollar un diseño experimental para obtener el mayor aprovechamiento en la extracción de grupos fenoles presentes en la flor de cempasúchil teniendo en cuenta 4 diferentes factores (temperatura, tamaño de partícula, tiempo y concentración de disolvente).

Objetivos particulares

Obtener un extracto etanólico a partir de la flor de cempasúchil mediante el método de maceración de 1 a 7 días controlando diferentes temperaturas de 10 a 70°C; con diferentes tamaño de partícula de 0.01 a 0.07; utilizando una mezcla de disolventes etanol/agua de diferentes concentraciones de 10 a 70% .

Obtener la respuesta de absorción de fenoles totales a partir de la prueba colorimétrica de Folin-Ciocalteu, de los diferentes experimentos.

Parte experimental

Material, Equipo y Reactivo

Molienda de los pétalos de la flor de cempasúchil

Material	Reactivos	Equipo
1 Vaso de molienda	50g de pétalos de flor de cempasúchil secos.	Licuadora Oster
1 Bolsa ziploc		

Tamizado de los pétalos de flor de cempasúchil

Material	Reactivos	Equipo
4 Vasos de precipitado de 200mL	50g de pétalos de flor de cempasúchil molidos.	1 Tamiz de prueba estándar de EE. UU. No. 12
		1 Tamiz de prueba estándar de EE. UU. No. 30
4 Bolsas ziploc		1 Tamiz de prueba estándar de EE. UU. No. 60

Macerado y prueba Folin-Ciocalteu de los extractos etanólicos

Material	Reactivos	Equipo
11 Vasos de precipitado de 100mL	160mL de solución etanol/agua al 70%	Refrigerador
2 Vasos de precipitado de 500mL	160mL de solución etanol/agua al 10%	
11 Embudos de vidrio	120mL de solución etanol/agua al 40%	
11 Frascos ámbar de 50 mL	Agua destionizada	Baño de agua
11 Varillas de vidrio	100mL de solución de carbonato de calcio al 20% (m/v)	
3 Termómetros	10mL de reactivo de Folin-Ciocalteu	
1 Pliego de papel filtro de poro grande	11g de pétalos de cempasúchil previamente molidos y tamizados	Espectrofotómetro
3 Espátulas		
3 Celdas de cuarzo		

Teniendo en cuenta un diseño de experimento $2^{4(n-1)}$ sin replicas. Con 3 puntos centrales y con 4 factores se realizó lo siguiente.

Los pétalos de la flor de cempasúchil procedentes de San Hipólito, Puebla fueron deshidratados al sol durante una semana.

Tras el tratamiento de deshidratación los pétalos fueron trasladados al Laboratorio de Desarrollo de Método Analíticos donde se procedió a hacer lo siguiente:

Primeramente se realizó la molienda de los pétalos, se tomaron aproximadamente 50 g los cuales fueron molidos en una licuadora Osterizer blender classic modelo 004093-013-000 durante 5 minutos.

El resultado de la molienda se separó en tres partes iguales las cuales se pasaron cada una por un tamiz de diferente tamaño de partícula: 0.01, 0.04 y 0.07 pulgadas, el tamizado se separó y etiqueto en distintas bolsas ziploc para conservarlo en condiciones óptimas.

Una vez obtenido el tamizado se etiquetaron 11 diferentes frascos ámbar para realizar el tratamiento que se muestra en la siguiente tabla dada por el diseño de experimento:

Numero de experimento	Tamaño de partícula [m]	Tiempo de macerado [Dias]	Temperatura [°C]	Concentración del solvente [%]	Peso de tamizado [g]
1	0.01	7	15	70	1.327
2	0.04	4	42.5	40	1.571
3	0.01	1	15	10	0.542
4	0.01	7	70	10	0.582
5	0.07	1	70	10	0.423
6	0.04	4	42.5	40	1.135
7	0.04	4	42.5	40	1.224
8	0.01	1	70	70	1.692
9	0.07	7	15	10	0.291
10	0.07	1	15	70	1.093
11	0.07	7	70	70	1.561

Tabla 1. Representación de experimentos y los factores de monitoreo en la flor de cempasúchil

Una vez transcurrido el tiempo de maceración a las condiciones establecidas se procede a filtrar el extracto obtenido y con este realizar la prueba de Folin-Ciocalteu, para esto es necesario llevar un estricto orden de adición de los reactivos al matraz aforado de 5mL añadiendo con ayuda de una micro pipeta:

- 40 µL de extracto etanólico.
- 250µL de reactivo de Folin-Ciocalteu
- 750µL de solución de Carbonato de sodio al 20% (m/v)
- Aforar con agua desionizada

También es necesario la preparación del blanco, omitiendo la adición del extracto etanólico y agregando eso 40µL mas

de reactivo de Folin-Ciocalteu.

Una vez preparada la mezcla es necesario dejar reposar durante 1 hora a temperatura ambiente y sin luz para que se lleve a cabo y se establezca la reacción.

Transcurrida la hora realizar las lecturas de absorbancia con ayuda del espectrofotómetro a una longitud de onda de 750 nm.

Resultados y discusión

Tras la realización de los experimentos sometidos a diferentes factores teniendo en cuenta un diseño de experimento $2^{4(4-1)}$ sin replicas con 3 puntos centrales y 4 factores los resultados de absorbancia fueron los siguientes:

Numero de experimento	Tamaño de partícula [m]	Tiempo de macerado [Dias]	Temperatura [°C]	Concentración del solvente [%]	Peso de tamizado [g]	Absorbancia [A]
1	0.01	7	15	70	1.327	1.327
2	0.04	4	42.5	40	1.571	1.571
3	0.01	1	15	10	0.542	0.542
4	0.01	7	70	10	0.582	0.582
5	0.07	1	70	10	0.423	0.423
6	0.04	4	42.5	40	1.135	1.135
7	0.04	4	42.5	40	1.224	1.224
8	0.01	1	70	70	1.692	1.692
9	0.07	7	15	10	0.291	0.291
10	0.07	1	15	70	1.093	1.093
11	0.07	7	70	70	1.561	1.561

Tabla 2. Representación de las absorbancias obtenidas en cada experimento.

Con ayuda del análisis ANOVA se pudo deducir que el único factor que es significativo ya que tiene un $P < 0.05$ es la concentración de solvente.

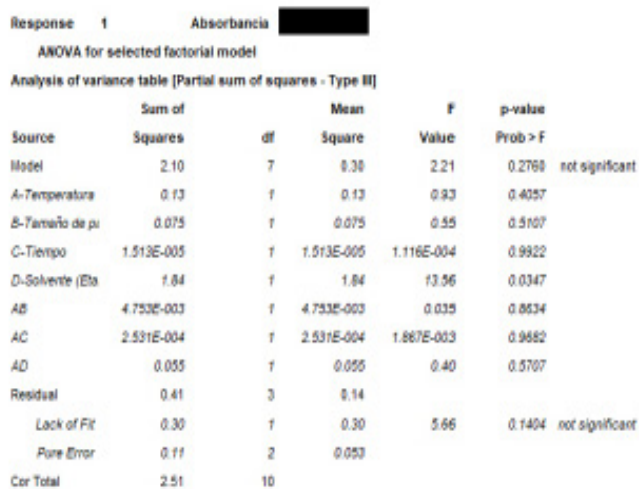


Fig.3. Representación del análisis de ANOVA del diseño experimental

Apoyándonos del gráfico de Pareto y en el diagrama de superficie en 3D podemos observar que el único factor

significativo es la concentración de solvente obteniendo que a mayor concentración mayor absorbancia

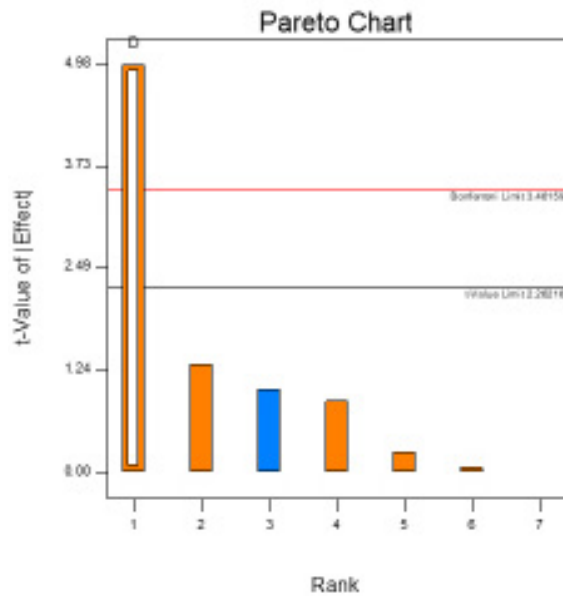


Fig. 4. Representación del gráfico de Pareto de la influencia de los factores antes mencionados

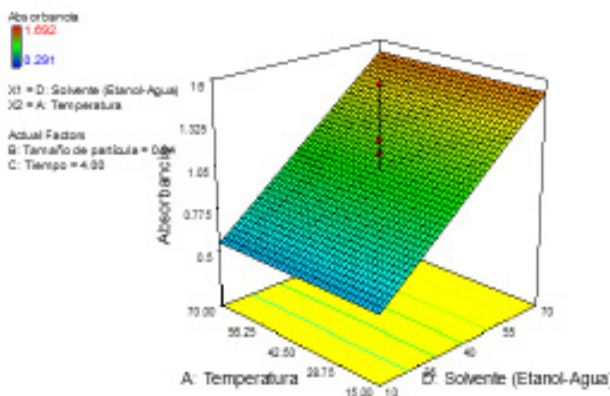


Fig. 5. Representación de diagrama de superficies en 3D del diseño experimental de flor de cempasúchil

Una vez determinado que el único factor que influye en la extracción del poli fenoles en la flor de cempasúchil es la concentración del solvente y eliminando todo los factores tomados en cuenta durante la experimentación se obtiene que la ecuación que explica el modelo es la siguiente:

$$Abs=0.29971+0.015979Concentraci\text{on del solvente}$$

Los resultados obtenidos pueden ser respaldados con “Extracción de compuestos bioactivos de la flor de cempasúchil para su aplicación como antioxidante en aceite de pepita de calabaza, Mendoza”.

Conclusiones

Por lo cual se pudo concluir que las mejores condiciones

para desarrollar la extracción de polifenoles en la flor de cempasúchil es utilizando un solvente 70% etanol y 30% agua desionizada cumpliendo la aceptación de acuerdo al análisis de ANOVA donde el único factor que es significativo ya que tiene un $P < 0.05$ es la concentración de solvente. Este factor es importante mantener constante para obtener una mayor extracción de polifenoles. Además que se debe de recordad que una vez extraído los polifenoles agregado con el reactivo folin-ciocalteu, carbonato de sodio al 20% (m/v) y agua desionizada se debe de guardar por 1 hora (Aurando 2015) ya que si se pasa de la hora se comienza a oxidar la flor de cempasúchil haciendo que la absorbancia baje y por lo tanto baje de igual manera en la concentración de polifenoles extraídos y se debe de conservar por esa hora en un lugar obscuro ya que el folin-ciocalteu es fotosensible por lo cual podría dañar la reacción de colorimétrica y por lo tanto la reacción se vuelve inestable. Lo anterior se debe de llevar acabo rigurosamente ya que como se puede observar en la tabla No. 12 se obtuvo algunas fallas ya que no se tomó la precaución de apegarse a tomar la medición exactamente una hora después de dejar en reposo; esto se puede observar en los puntos centrales ya que no se obtuvo la misma absorbancia de los 3 puntos, aunque no se descarta algún otro error ex no se descarta algún otro error experimental a lo largo de la preparación de la muestra.

Se cumplió en desarrollar un diseño de experimento de monitoreo para encontrar las condiciones donde se puede obtener la mayor extracción de polifenoles y poder seguir con un diseño de optimización para mejorar la respuesta de absorbancia y por lo tanto mejorar la concentración de polifenoles.

Agradecimientos

Por el financiamiento con el proyecto PAPIME PE216418 Fortalecimiento de la enseñanza de las asignaturas de Técnicas analíticas avanzadas y Laboratorio del paquete terminal de la Licenciatura en Química y a la Dra María Gabriela Vargas Martinez por proporcionas todas las herramientas necesarias para la buena ejecución de este trabajo.

Referencias

LÓPEZ Agama Isis (2019), “Perfil antioxidante de flores comestibles endémicas de México y su uso en la formulación de tinturas” (Tesis Maestría en ciencias de la nutrición), Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Cuernavaca Morelos.

MENDOZA Pérez Laura Beatriz (2018). “Extracción de compuestos bioctivos de la flor de cempasúchil para su aplicación como antioxidante en aceite de pepita de calabaza” (Tesis Título Universitario), Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Cuautitlán Izcalli, Estado de México.

AURAND Jean-Marie (2015). “Métodos específicos para el análisis del azúcar de uva (mostos de uva concentrados rectificadas)-indice de folin-ciocalteu”, Codex Enológico Internacional, Resolución OENO 47/2000

DETERMINACIÓN DE TRIMETOPRIMA Y SULFAMETOXAZOL EN TABLETAS PARA SU LIBERACIÓN COMO PRODUCTO TERMINADO



Ricardo Alejandro Martínez Jiménez, Alma Luisa Revilla Vázquez

Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. Laboratorio de Desarrollo de Métodos Analíticos L-401. Campo 1. Av. Primero de Mayo s/n, Sta Ma. Las Torres, Cuautitlán Izcalli, Estado de México. qiricardomartinez@gmail.com y/o almarv@unam.mx



Resumen

Para poder liberar un medicamento para ser comercializado, es necesario asegurar la calidad y confiabilidad de este realizando los análisis necesarios al granulado, granel y producto terminado; en todas las etapas deben de cumplirse las especificaciones establecidas. En este trabajo se presentan las evaluaciones que se realizan durante la fabricación y liberación para su venta de Bateral® Tablet, que contiene Trimetoprima (TMP) y Sulfametoxazol (SMZ), 80 y 400 mg respectivamente. Los resultados de los diferentes análisis que se deben de realizar a fin de evaluar si cumple las especificaciones requeridas antes de para poder liberar el producto terminado para su comercialización, son el soporte analítico que avalan la calidad de este medicamento una vez que ha sido liberado.

Palabras clave: Industria, Farmacéutica, Laboratorio de calidad, Análisis Físicoquímico, Antibióticos.

Antecedentes

La industria farmacéutica en México se encuentra en un estado de latente crecimiento, sobre todo a nivel internacional. En los últimos años el capital extranjero ha invertido para dicho sector reforzando el gran papel que juega en la economía nacional, siendo una industria generadora anualmente de muchos empleos (Salomón, 2006).

Debido su importancia con respecto al tema de salud, el marco regulatorio se encuentra en constante cambio, para lograr un mayor control y mejora de los establecimientos dedicados a la fabricación o distribución de medicamentos.

La autoridad encargada de la regulación es la Comisión Federal de Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS). Las secretarías del poder ejecutivo del estado emiten Normas Oficiales Mexicanas (NOM) las cuales indican múltiples parámetros a seguir y son de carácter obligatorio, una de estas normas es la NOM-059-SSA1-2015 "Buenas prácticas de fabricación de medicamentos" que establece los requisitos mínimos necesarios para la fabricación de medicamentos, siendo esta la encargada de regular los laboratorios de control de calidad (Gobierno de México, 1992).

Las actividades del laboratorio de control de calidad comprenden la organización, documentación y procedimientos que garantizan que se lleven a cabo las pruebas cumpliendo las buenas prácticas de laboratorio, para que los insumos y productos no sean liberados a su venta hasta que su calidad haya sido evaluada (Secretaría de Salud, 2015). El propósito de este trabajo es mostrar de manera práctica como se llevan a cabo estos procedimientos desde la entrada de un producto al laboratorio, hasta su liberación para la venta.

Objetivo

Ejemplificar los análisis más importantes realizados a un producto terminado, tabletas Bateral®, para poder ser liberado y puesto a la venta, explicando la forma en cómo se realizan de forma cotidiana dentro de un laboratorio de control de calidad de una empresa farmacéutica.

Parte experimental

Valoración de principios activos.

Trimetoprima y Sulfametoxazol (80 y 400 mg respectivamente). Se realiza el análisis de contenido mediante Cromatografía de Líquidos de Alta Resolución, también conocida como HPLC por sus siglas en inglés.

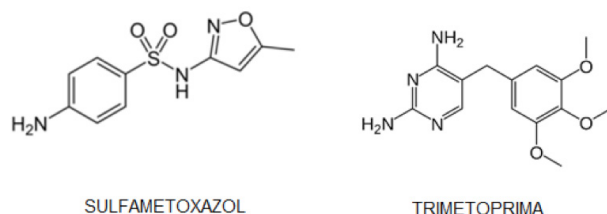


Fig. 1. Moléculas de Trietilamina y Sulfametoxazol. Fuente: software ACD/ChemSketch.

Se utiliza un cromatógrafo de líquidos modelo Dionex Ultimate 3000 y las condiciones indicadas en la

Tabla 1. Condiciones experimentales empleadas.

Parámetro	Especificación	
Detector:	UV/VIS / DAD	
Columna:	Zorbax Eclipse XBD-C18, 4.6 x 150 mm x 5 µm	
Fase Móvil:	Trietilamina (C ₆ H ₁₅ N) 0.1% en Acetonitrilo:Agua (20:80) pH 5.9 ± 0.02	
Volumen de Inyección:	20 µL	
Flujo:	1.2 mL/min	
Longitud de Onda:	254 nm	
Temperatura:	30 ± 1 °C	
Tiempo de Retención:	Trimetoprima 3.12min	Sulfametoxazol 7.06min
Tiempo de Corrida:	9 min	

Fase móvil. Mezclar agua, acetonitrilo y trietilamina en las siguientes proporciones, 40:20:0.2 y ajustar pH a 5.9 ± 0.05 con ácido acético glacial. Preparar la cantidad suficiente tomando en cuenta el número de lotes que se analizan en la misma secuencia.

Preparación de solución de referencia. Pesar 8 mg de Trimetoprima y 40 mg de Sulfametoxazol, transferir a un matraz volumétrico de 25 mL y disolver con metanol. Pasar una alícuota de 2 mL a un matraz volumétrico de 20 mL y llevar a volumen con metanol.

Preparación de solución muestra (contenido/valoración). Pesar 10 tabletas y triturar hasta obtener polvo fino, calcular el peso promedio y pesar el equivalente a 40 mg de Sulfametoxazol (aproximadamente 600 mg) y colocar en un matraz volumétrico de 50 mL, disolver y llevar a volumen con metanol. Tomar una alícuota de 1 mL y transferir a un matraz volumétrico de 50 mL, llevar a volumen con fase móvil.

Preparación de la muestra (Uniformidad de dosis). Pesar de forma individual 10 tabletas y colocar cada una en un matraz volumétrico de 50 mL, disolver con 25 mL de metanol y llevar a volumen con el mismo solvente. Transferir una alícuota de 1 mL a otro matraz volumétrico de 50 mL y aforar nuevamente con metanol grado HPLC obteniendo una concentración teórica semejante a la solución de referencia (32 µg/mL de Trimetoprima y 160 32 µg/mL de Sulfametoxazol)

Identidad y Sustancias Relacionadas.

Preparación de referencias

Sulfametoxazol (Identidad). Pesar 20 mg de Sulfametoxazol en un matraz volumétrico de 10 mL, disolver con 1 mL de hidróxido de amonio y llevar a volumen con metanol (2mg/mL).

Sulfanilamida (sustancia relacionada). Pesar 10 mg de estándar primario (USP) de Sulfanilamida en un matraz de 50 mL, disolver con 5 mL de hidróxido de amonio y llevar a volumen con metanol, tomar una alícuota de 5 mL a un matraz volumétrico de 100 mL, agregar 10 mL de hidróxido de amonio y aforar con metanol (0.05 mg/mL).

Ácido sulfanílico (sustancia relacionada). Pesar 10 mg de estándar primario de ácido sulfanílico (USP) y transferir a un matraz volumétrico de 50 mL, disolver con 5 mL de hidróxido de amonio llevando a volumen con metanol. Transferir u na alícuota de 3 ml a un matraz volumétrico de 100 mL, agregar 10 mL de hidróxido de amonio y llevar a volumen con metanol (0.03 mg/mL).

4-glucosido de sulfametoxazol (sustancia relacionada). Pesar 12 mg de estándar primario (USP) y transferir a un matraz volumétrico de 200 mL, disolver con 20 mL de hidróxido de amonio y llevar a volumen con metanol (0.06 mg/mL).

Preparación de muestra. Pesar 20 tabletas y triturar hasta obtener polvo fino, calcular el peso promedio y pesar el equivalente a 200 mg de Sulfametoxazol y colocar en un matraz volumétrico de 100 mL, agregar 10 mL de hidróxido de amonio y agitar por 3 minutos, finalmente llevar a volumen con metanol obteniendo la misma concentración teórica que la solución de referencia para identidad (2 mg/mL).

Fase móvil. Una mezcla de Etanol:Metanol (95:5):heptano:cloroformo;ácido acético glacial (25:25:25:7).

Soporte. Silica gel 60

Procedimiento: Inyectar 50 μ L de cada solución en carriles separados y desarrollar hasta $\frac{3}{4}$ de la placa, secar y revelar con p-dimetilaminobenzaldehído al 0.1%.

Resultados y discusión

Prueba de Contenido.

Para determinar el contenido de los principios activos, para ello se hace una serie de inyecciones consecutivas de una solución que contenga los principios activos en una concentración igual a la concentración esperada en la preparación de muestra, la cantidad de inyecciones depende del procedimiento de cada empresa en nuestro caso 6 (Fig. 2) y después el análisis de la muestra (en este caso, preparada a partir de la mezcla de 10 tabletas) por triplicado (Fig. 3).

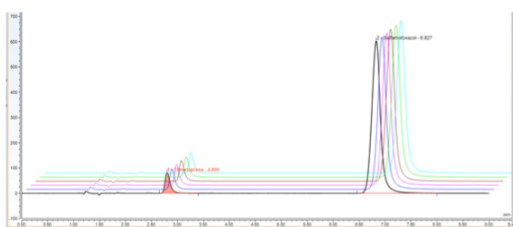


Figura 2. Cromatograma de una mezcla de trimetoprima y sulfametoxazol estándar.

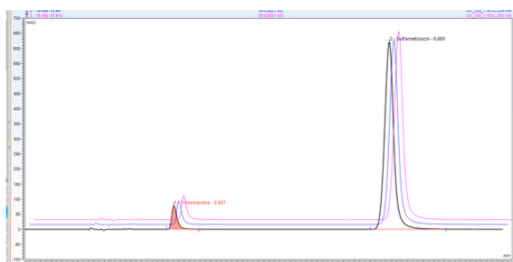


Figura 3. Cromatograma para la muestra de tabletas de trimetoprima y sulfametoxazol

Cuando el análisis de una formulación es un proceso rutinario en la empresa, la cuantificación de los principios activos se hace una comparación del área bajo la curva de un estándar de pureza conocida (primario o secundario) contra el área bajo la curva obtenida del cromatograma de la muestra y sus respectivas concentraciones, sin tener que realizar cada día una curva de calibración.

Uniformidad de Dosis.

Para el caso del producto analizado debido a la dosis de Trimetoprima en la formulación farmacéutica empleada, se usa el método de Uniformidad de dosis por Uniformidad de contenido, para ello se obtienen los porcentajes de contenido de cada tableta de manera individual usando el método de análisis por CLAR, usando los mismos parámetros que el método y los mismos cálculos descritos en el apartado de valoración.

A continuación, se obtiene el porcentaje de contenido de cada tableta de manera individual y se calcula el promedio y desviación estándar para poder calcular el valor de aceptación. La tabla 2 muestra los resultados de la valoración individual, el promedio de las 10 tabletas y la desviación estándar correspondiente a Trimetoprima y Sulfametoxazol respectivamente.

Tabla 2. Resultados Uniformidad de Dosis.

No.	Peso (mg)	% Valorado Trimetoprima	% Valorado Sulfametoxazol
M-1	600.5	102.68	102.53
M-2	601.3	101.72	101.70
M-3	602.4	103.05	102.96
M-4	600.5	101.48	101.44
M-5	599.5	102.47	102.60
M-6	598.7	101.48	101.39
M-7	602.2	103.28	103.04
M-8	598.9	101.41	101.19
M-9	599.9	102.73	102.54
M-10	598.4	100.61	100.20
Promedio:		102.09	101.96
Desv. Est.:		0.87	0.92

Existen tres casos para el cálculo del valor de aceptación (VA), esto depende del promedio (x) obtenido de las "n" muestras:

Caso 1: cuando (x) es menor a 98.5%
 $VA = 98.5 - X + (k * s)$

Caso 2: Cuando (x) es mayor o igual que 98.5% y menor o igual a 101.5%

$$VA = k * s$$

Caso 3: Cuando (x) es mayor a 101.5%.

$$VA = X - 101.5 + (k * s)$$

k: Constante de aceptabilidad

Si número de muestras= 10, entonces k=2.4

s: Desviación estándar de la muestra.

(Secretaría de Salud, 2014)

Tabla 3. Cálculo del valor de aceptación para cada principio activo

<i>Trimetoprima</i>	<i>Sulfametoxazol</i>
$102.09 - 101.5 + (2.4 * 0.87)$	$101.96 - 101.5 + (2.4 * 0.92)$
VA: 2.09 %	VA: 2.21 %

Se obtiene un valor menor de 15% de valor de aceptación lo cual por especificación es resultado aprobatorio, con lo cual el lote analizado cumple con los requisitos de calidad.

Este valor de aceptación nos indica que la cantidad de principio activo representada como porcentaje de cada unidad de dosis representado en esta muestra $n(10)$ son cercanos a la media obtenida (\bar{x}) y cumplen con lo especificado en la prueba de valoración.

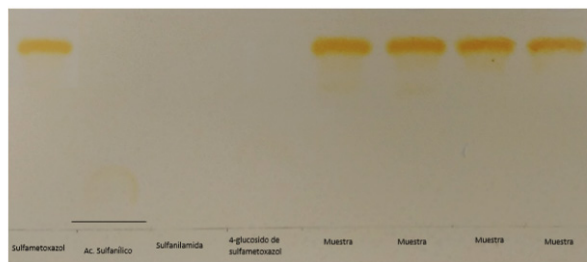
Prueba de Identidad y Sustancias Relacionadas

Para la mayoría de las moléculas que constituyen un principio activo, las pruebas de identidad se basan en la comparación con un estándar de referencia por métodos cromatográficos.

La prueba de identidad y sustancias relacionadas se lleva a cabo por cromatografía de capa fina, colocando el estándar de referencia y la muestra a la misma concentración y colocando soluciones de referencia de cada molécula identificada como sustancia relacionada por la FEUM a una concentración que constituya el límite permitido.

Ya que la referencia y muestra se encuentran a la misma concentración estas deben de presentar una mancha a la misma altura y de la misma intensidad para obtener un resultado positivo de identidad.

Para las sustancias relacionadas no debe aparecer ninguna mancha de igual o mayor intensidad a la altura de las manchas identificadas como sustancias relacionadas ya que estas manchas constituyen el límite establecido.

**Figura 4.** Cromatopla de Sulfametoxazol para prueba de identidad y sustancias relacionadas.

La figura 4 muestra la prueba de sustancias relacionadas e identidad por placa fina de Sulfametoxazol donde la mancha principal correspondiente al principio activo tiene la misma altura e intensidad que la referencia por lo cual se cumple la identidad. También muestra las manchas obtenidas para las sustancias relacionadas, las cuales no aparecen en las inyecciones correspondientes a la muestra, cumpliendo la especificación antes mencionada.

Conclusiones

Se mostró el proceso y resultados de los análisis de un producto terminado para su liberación, mostrando como se realiza de en la práctica diaria la prueba de valoración junto con uniformidad de contenido y la prueba de sustancias relacionadas en tabletas de Trimetoprima y Sulfametoxazol dentro del laboratorio de control de calidad.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la empresa Allen Laboratorios S.A. de C.V., y a la IBI Susana Rivera por las facilidades otorgadas para la realización de este trabajo. También a la UNAM FESC por el apoyo al proyecto PI-API2042

Referencias

- Salomón, A. (2006). Industria Farmacéutica en México. Comercio Exterior. 56, 3, 219-224. <http://revistas.bancomext.gob.mx/rce/magazines/89/4/Industr-farma.pdf>
- Gobierno de México. (1992). Ley General de Salud - México, Cámara de Diputados. http://www.salud.gob.mx/cnts/pdfs/LEY_GENERAL_DE_SALUD.pdf
- Secretaría de Salud. (2015). Norma Oficial Mexicana NOM-059-SSA1-2015 Buenas Prácticas de Fabricación de medicamentos.
- Secretaría de Salud. (2014) Farmacopea de los Estados Unidos Mexicanos, 11 (1), México DF, Diario Oficial de la Federación. Información interna Allen laboratorios S.A de C.V, TGAALL 103 "Técnica general de análisis de producto terminado Bateral® Tableta".



**CIENCIAS
QUÍMICAS**

EXTRACCIÓN DE ENALAPRIL EMPLEANDO MICROFIBRAS DE POLISULFONA CON ALIQUAT 336



*Tanese Montesinos Vázquez, Carlos Andrés Galán Vidal, Irma Pérez Silva, José Antonio Rodríguez Ávila,
María Elena Páez Hernández**

*Área Académica de Química, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, paezh@uaeh.edu.mx;
mo233519@uaeh.edu.mx*



Antecedentes

La hipertensión arterial (HTA), también conocida como presión arterial alta, es un padecimiento caracterizado por el aumento de la presión de la sangre en las arterias. La HTA es uno de los problemas de salud más importantes en el mundo y constituye uno de los factores primordiales de riesgo para las enfermedades cardiovasculares, que son la principal causa de muerte en los países desarrollados. En México la prevalencia reportada al 2018 en personas mayores de 20 años era del 18.4%, equivalente a 15.2 millones de personas y se registran más de 50 mil muertes al año (IMSS, 2017; INSP, 2018). De acuerdo con estudios sobre la prescripción de fármacos en diversos países, algunos de los grupos de fármacos más empleados son los inhibidores de la enzima convertidora de angiotensina (IECA) y los antagonistas de los receptores de la angiotensina II (ARA-II). Estos fármacos pueden emplearse cuando el paciente presenta otras enfermedades como diabetes o síndrome metabólico (Ishida et al., 2018; Jeong et al., 2020). Uno de los fármacos más empleados para tratar la HTA en México es el enalapril (Alba-Leonel et al., 2016). El compuesto administrado en tabletas es el maleato de enalapril (Fig. 1), el cual es metabolizado y transformado en la forma activa del fármaco (enalaprilato), el 60% de la dosis oral es absorbida pero la biodisponibilidad es solo del 40% (Ipate et al., 2018; Stankiewics et al., 2015). El enalapril es excretado en su forma original o como los metabolitos formados, estos son transportados a través de las aguas residuales domésticas y posteriormente llevados a plantas tratadoras en donde el

Resumen

Fármacos como el enalapril se encuentran presentes en el ambiente en concentraciones de $\text{ng}\cdot\text{L}^{-1}$ y $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ lo que hace difícil su cuantificación y monitoreo. Uno de los métodos que facilita su remoción y preconcentración es la extracción en fase sólida, este método es preferido sobre otros ya que necesita cantidades mínimas de solventes y se pueden usar una gran variedad de materiales adsorbentes y regenerables. Las nano/microfibras pueden emplearse como sorbente ya que tienen una gran área superficial que facilita la retención de moléculas y analitos de interés. En este trabajo se fabricaron fibras de polisulfona con aliquat 336 (9 y 3.5% p/v) mediante la técnica de soplado y se emplearon para extraer y preconcentrar enalapril. Empleando 10 mg de las microfibras a pH 6 se obtuvo un porcentaje de extracción del 70.04%. La preconcentración con HCl 1 $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ permitió analizar concentraciones de hasta 0.64 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ mediante espectrometría UV-Vis.

Palabras clave: enalapril, microfibras, polisulfona, aliquat 336, preconcentración, SPE.

fármaco puede ser degradado, absorbido en los lodos de aguas residuales o diluidos en aguas superficiales. Aunque existen reportes sobre la presencia en el ambiente de estos compuestos, su impacto es escasamente conocido y en consecuencia su uso no está sujeto a ninguna regulación. El principal obstáculo en su detección o monitoreo es la baja concentración en la que se encuentran presentes ($\text{ng}\cdot\text{L}^{-1}$ y $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$) (Stankiewics et al., 2015; Godoy et al., 2015; Lesser et al., 2018; Rivera-Jaimes et al. 2018).

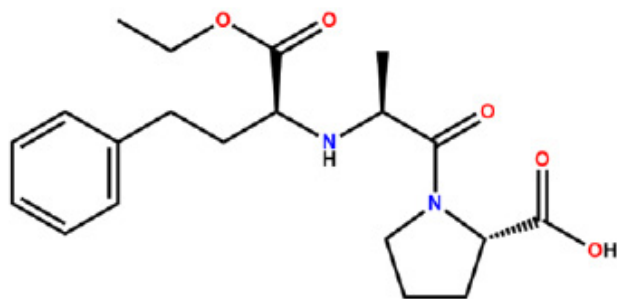


Fig. 1. Estructura molecular del enalapril.

Para facilitar la remoción y/o preconcentración de fármacos, se han desarrollado técnicas analíticas como la extracción en fase sólida. Uno de los materiales empleados como sorbente son las nano/microfibras, las cuales tienen una gran área superficial que facilita la retención de moléculas y analitos de interés. Las fibras pueden obtenerse mediante diversos métodos, como electrospinning (electrohilado), soplado, centrifugado, moldeo, entre otros. De estos métodos, los más comunes son el electrohilado (electrospinning) y soplado. En estas técnicas, las fibras se producen al expulsar una disolución del polímero con ayuda de un campo electrostático (electrohilado) o con un flujo de aire comprimido (soplado); el solvente se evapora antes de que las fibras resultantes alcancen la superficie colectora (aluminio o vidrio), finalmente las fibras obtenidas son separadas de la superficie y pueden ser empacadas. La técnica de soplado es relativamente sencilla y se producen mayores cantidades de fibras en menor tiempo en comparación con el electrohilado. Las fibras pueden fabricarse con diferentes materiales (polímeros naturales, polímeros sintéticos o materiales semiconductores). Estos polímeros pueden ser modificados con otros compuestos para mejorar su selectividad o sus propiedades fisicoquímicas (Háková et al., 2019).

Previamente se estudió la fabricación de fibras de polisulfona (PS) modificada con aliquid 336 (A336) mediante el método de soplado. Se evaluó la cantidad de polímero y de A336 y la cantidad de fibras empleada. Con una mezcla de PS-A336 al 9 y 3.5% (p/v) y 10 mg de las fibras se obtuvo un porcentaje máximo de extracción del $70.04 \pm 1.42\%$. Es este trabajo se muestra de manera ilustrativa la caracterización de las fibras y se continúa con la evaluación de la extracción y preconcentración de enalapril.

Parte experimental

Preparación de las fibras de polisulfona-aliquid 336.

Para la fabricación de las fibras se empleó un aerógrafo comercial de succión, con un diámetro de boquilla de 0.8 mm. Las fibras formadas se recolectaron en un cilindro rotatorio recubierto con papel aluminio, manteniendo una distancia entre el aerógrafo y el cilindro de 10 cm (Fig. 2). La disolución del polímero con el extractante se realizó pesando la cantidad necesaria de PS (Aldrich, $M_n=22,000$) junto con el extractante y posteriormente se le añadió una mezcla de cloroformo-acetona (4:1 v/v). La mezcla se agitó por 4 horas a 25°C y una vez concluido este tiempo, la disolución se succionó con el aerógrafo empleando una presión de aire de 40 psi.

La caracterización de las fibras se llevó a cabo con un microscopio electrónico de barrido (Jeol IT 300). Para corroborar la presencia de A336 en las fibras se empleó espectroscopía infrarroja de reflectancia total atenuada (ATR-FTIR) empleando un espectrómetro Perkin Elmer Frontier con un accesorio Pike GladiATR, los espectros se obtuvieron en un rango de $4000\text{-}400\text{ cm}^{-1}$.



Fig. 2. Esquema del procedimiento para fabricar las fibras.

Extracción de enalapril de disoluciones acuosas.

Se preparó una disolución de $100\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ del fármaco empleando tabletas comerciales (maleato de enalapril, Psicofarma). Las tabletas fueron pulverizadas y se pesó el equivalente a 2.5 mg del fármaco, posteriormente se le agregó agua desionizada (Milli-Q Academic, Millipore); se sonificó por 10 minutos y la disolución obtenida se centrifugó durante 5 minutos a 2500 rpm. El sobrenadante se pasó por filtros para jeringa de nylon de $0.45\ \mu\text{m}$ (Millipore) y finalmente la disolución se llevó al aforo con agua desionizada. Con esta disolución se prepararon las soluciones de trabajo realizando las diluciones correspondientes con agua desionizada.

Para los experimentos de extracción las fibras de PS (9%)-A336 (3.5%) se recortaron en cuadros de aproximadamente $0.5\times 0.5\text{ cm}$, se pesaron 10 mg y se empacaron en jeringas de plástico de 1 mL de capacidad. Para evitar la pérdida de las fibras, se colocó un filtro de papel (Whatman 41, tamaño de poro: $20\text{-}25\ \mu\text{m}$) en el fondo de la jeringa antes de colocar

las fibras. Las fibras empacadas se lavaron con 1 mL de agua y se eluyó la disolución del fármaco a gravedad (velocidad de flujo 0.4-0.6 mL·min⁻¹). La extracción se evaluó variando el pH de la disolución de extracción (2-10) y la concentración inicial de enalapril (5-120 mg·L⁻¹).

Selectividad de las fibras de PS-A336 hacia enalapril.

Para evaluar la selectividad de las fibras se evaluaron interferentes comunes reportados en agua residual sintética: urea (Aldrich, 98%), glucosa (Aldrich), cloruro de amonio (NH₄Cl, J.T. Baker, 99.6%), cloruro de sodio (NaCl, J.T. Baker), cloruro de calcio (CaCl₂·2H₂O, Sigma Aldrich, 99%) y carbonato de sodio (Na₂CO₃, J.T. Baker). Se evaluó la extracción empleando mezclas binarias (fármaco-interferente) con relaciones de concentración molar 1:1, 2:1 y 1:2 (Enalapril: 2 mg·L⁻¹ (5.31 μmol·L⁻¹)).

Preconcentración de enalapril.

Después del proceso de extracción, las fibras se lavaron con 1 mL de agua desionizada y posteriormente se empleó 1 mL de diferentes disoluciones para eluir el fármaco retenido en la fibra. Se evaluaron disoluciones de HCl (37%, J.T. Baker) de concentraciones 1, 0.5, 0.2, y 0.1 mol·L⁻¹, NaCl (reactivo ACS, J.T. Baker) 1 mol·L⁻¹, ácido acético (HAc, J.T. Baker) 1 mol·L⁻¹ y mezclas binarias de HCl-NaCl y NaCl-HAc (1-0.5, 1-1y 0.5-1 mol·L⁻¹).

De la misma manera que en el proceso de extracción, se evaluó el efecto de los interferentes (glucosa, urea, NH₄Cl, NaCl, CaCl₂ y Na₂CO₃) primero de manera individual y posteriormente la mezcla de todos los interferentes (relación molar enalapril-interferente: 1:1, 2:1 y 1:2) (Enalapril: 5.31 μmol·L⁻¹).

Extracción y preconcentración de enalapril de agua sintética residual.

Para evaluar la utilidad del método se empleó agua residual sintética dopada con enalapril. La composición del agua residual sintética fue la siguiente: glucosa 1.77 mmol·L⁻¹, urea 2 mmol·L⁻¹, NH₄Cl 0.94 mmol·L⁻¹, NaCl 2 mmol·L⁻¹, CaCl₂ 0.02 mmol·L⁻¹ y Na₂CO₃ 0.5 mmol·L⁻¹.

Todos los experimentos se realizaron por triplicado a 25 °C. Las soluciones se analizaron empleando un espectrofotómetro Lambda 40 (Perkin-Elmer) a una longitud de onda de 208 nm (H₂O), 209 nm (HCl y HCl-NaCl) y 236 nm (HAc y HAc-NaCl).

Resultados y discusión

Caracterización de las fibras de PS-A336.

En la Figura 3 se muestra una ampliación (2000x) en la que observa el diámetro de las fibras de PS con A336,

las fibras obtenidas tienen diámetros desde 750 nm hasta 1.36 μm. Con la finalidad de comprobar la incorporación del A336 en la fibra se realizó una comparación empleando ATR-FTIR entre la fibra de PS y la fibra PS-A336. En la Figura 4 se muestra el espectro para la fibra de polisulfona sin extractante, se pueden observar bandas de estiramiento asimétrico del grupo sulfona (O=S=O) en 1321, 1293 cm⁻¹ y 1149 cm⁻¹ correspondiente al estiramiento simétrico. La presencia de las bandas de estiramiento N-C en 2923 y 2854 cm⁻¹ y de la amina cuaternaria en 1366 cm⁻¹ confirma la presencia del A336 en la fibra.

Influencia del pH en la extracción de enalapril

Debido a que el enalapril tiene dos valores de pKa (3.67 y 5.20) (Firke, et al., 2020), a valores de pH mayores al segundo pKa el enalapril se encontrará en forma aniónica, lo que favorecerá la interacción electrostática entre la amina cuaternaria del A336 y el enalapril. Esto se corroboró con el estudio de la extracción a diferentes valores de pH.

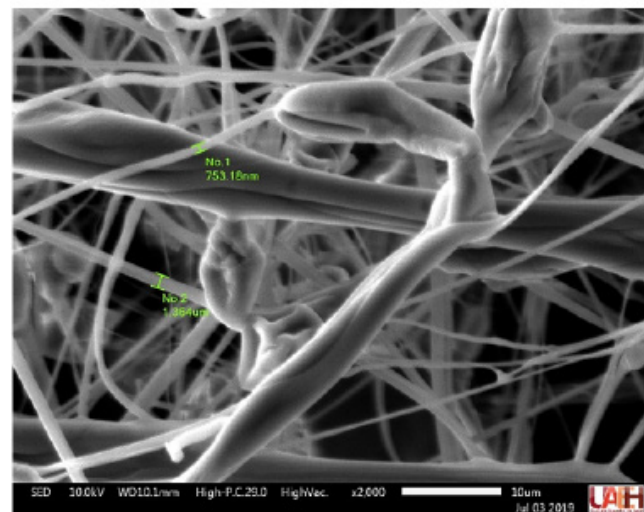


Fig. 3. Microscopía de las fibras de PS-A336 (9-3.5%)

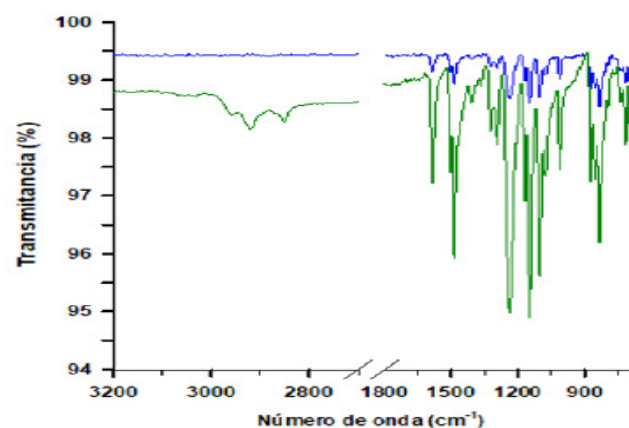


Fig. 4. Espectros de infrarrojo de las fibras de PS (■) y PS-A336 (9:3.5% (■))

Como puede observarse en la Figura 5, el porcentaje de extracción de enalapril es menor al 50% a valores de pH menores a 4, a un pH de 6 y 8 el porcentaje es mayor al 60% y a pH 10 es menor al 50%. Cuando el enalapril se encuentra en su forma protonada a $pH < 4$ la interacción disminuye afectando al porcentaje de extracción. La disminución en la extracción a pH de 10 se atribuye a la presencia de los iones OH^- , ya que por su tamaño pueden interferir en la interacción entre el enalapril y el A336 en la fibra. Ya que se obtuvieron mejores porcentajes de extracción a un pH de 6, este se consideró como el pH de trabajo para los experimentos siguientes.

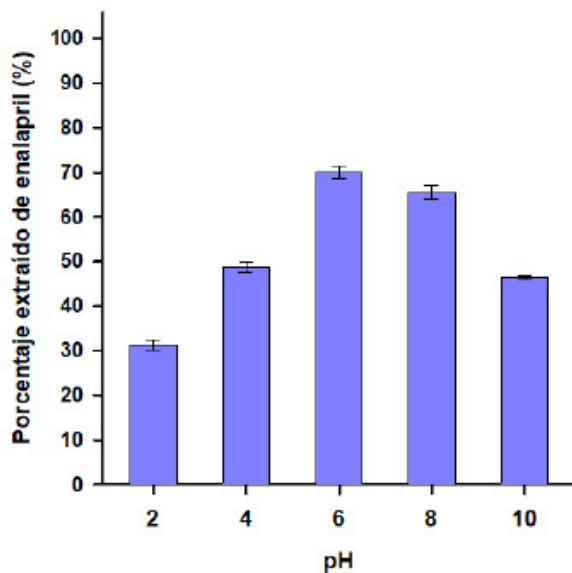


Fig. 5. Efecto de pH en la extracción de enalapril. L.C.: $0.51 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$. L.D.: $0.15 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$

Efecto de la concentración de enalapril.

La cantidad de enalapril adsorbido (q_e) se calculó con la Ecuación 1, donde C_0 y C_e ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) es la concentración inicial y final respectivamente, V es el volumen expresado en litros y m (g) es la masa de fibra empleada. La cantidad de enalapril en la fibra (q_e) en función de la concentración inicial se muestra en la Figura 6. La cantidad máxima de enalapril en la fibra de PS-A336 fue de $14.31 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$. A partir de una concentración inicial de $60 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ la cantidad retenida en la fibra no cambia significativamente, por lo que se considera que la fibra está saturada.

$$q_e = ((C_0 - C_e) \cdot V) / m \quad \text{Ec. 1}$$

Selectividad de las fibras de PS-A336 hacia enalapril.

En la Figura 7 se muestran los resultados obtenidos al evaluar el efecto de los interferentes en la extracción de enalapril. Se puede observar que el único interferente que no afectó significativamente la extracción de enalapril en ninguna relación molar fue el CaCl_2 , se obtuvieron porcentajes

de extracción entre 67-72% similares al obtenido en agua desionizada (70.04%). Este efecto puede atribuirse a que el enalapril, tiene sitios de posible interacción con los iones Ca^{2+} y Cl^- , por lo que el carboxilato, presente en el enalapril, puede interactuar sin interferencias con el A336.

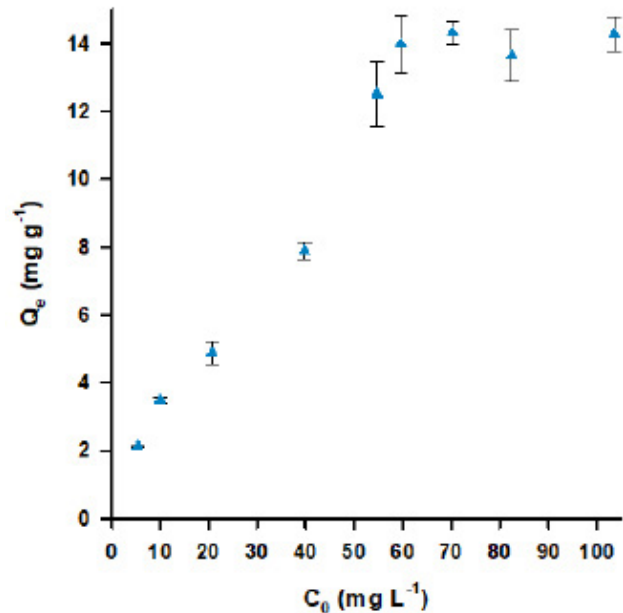


Fig.6. Efecto de la concentración inicial en la adsorción de enalapril.

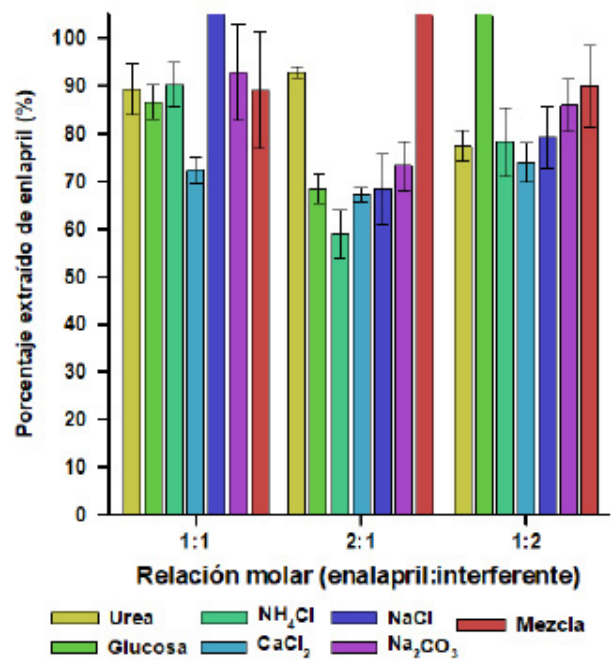


Fig. 7. Efecto de interferentes en la extracción de enalapril.

En condiciones equimolares de enalapril y los interferentes se observa que los interferentes favorecen la extracción de enalapril. En estos casos la fuerza iónica favorece la

desprotonación del enalapril favoreciendo la interacción con el A336 en las nanofibras. Un efecto similar se observó con la urea con una relación molar 2:1 y con la glucosa en una relación molar 1:2. Otro efecto importante se observó con el NH₄Cl en una relación molar 2:1, considerando que con los otros interferentes de cloruros no se observó una afectación importante en la extracción, se puede atribuir el efecto al NH₄⁺, al ser un catión más pequeño comparado con el A336, su interacción con el enalapril es más efectiva disminuyendo la extracción del fármaco.

La extracción con la mezcla de interferentes en mezcla se favoreció en todos los casos, esto puede sugerir que la aplicación de las fibras de PS-A336 para la extracción de enalapril en muestras reales es factible.

Preconcentración de enalapril.

Para eluir el enalapril retenido en las microfibras de PS-A336 se consideró el pH del eluyente y la fuerza iónica, ya que es necesario debilitar la interacción con el A336. En la Tabla 1 se muestran los eluyentes con los que se obtuvieron los mejores factores de preconcentración. Se eligió como eluyente al HCl 1 mol·L⁻¹ por practicidad y por presentar mayor repetibilidad.

Eluyente		Factor de preconcentración
HCl 1 mol·L ⁻¹		3.54 (4.13)
HAc-NaCl (mol·L ⁻¹)	0.5-1	3.47 (8.04)
	1-1	2.47 (5.77)
	1-0.5	2.10 (8.24)

Tabla 1. Factor de preconcentración de enalapril empleando diversos eluyentes. (C.V. entre paréntesis)

La preconcentración de enalapril en agua desionizada se puede cuantificar hasta una concentración de 0.64 mg·L⁻¹, (Figura 8). El coeficiente de correlación obtenido fue de 0.9814.

Efecto de interferentes en la preconcentración.

Como se observa en la Figura 9 la mayoría de los interferentes evaluados afectaron considerablemente la preconcentración de enalapril. La presencia de los iones interviene en la protonación del enalapril por lo que es más difícil que la interacción con el A336 se debilite, disminuyendo la elución y preconcentración. Por otro lado, al tener en mezcla los interferentes la preconcentración se favoreció al emplear los sistemas con relación molar 1:2 y 2:1.

Extracción y preconcentración de enalapril de agua sintética residual.

Al analizar la preconcentración de enalapril en agua residual sintética se obtuvo un porcentaje de extracción del 30.24 ± 11.70%, este porcentaje es menor a lo esperado de acuerdo con los resultados obtenidos al emplear la mezcla de interferentes en relación molar 1:2 de experimento previos; la disminución en el porcentaje de extracción se atribuye a las concentraciones de los interferentes. Debido al porcentaje de extracción bajo, se obtuvo un factor de preconcentración de 0.86.

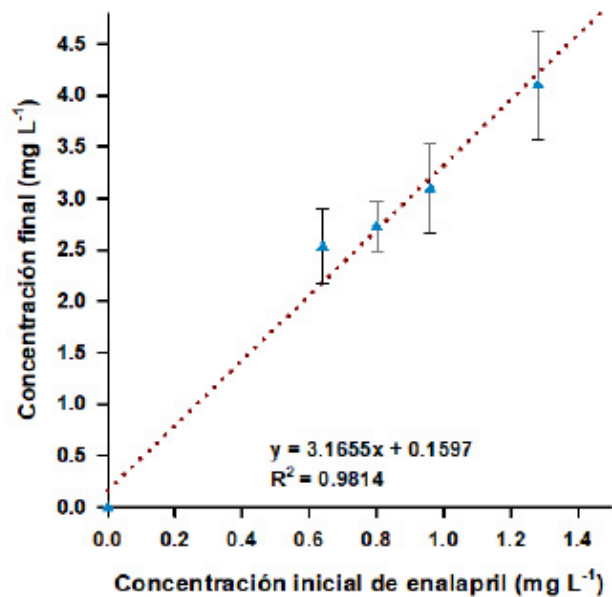


Fig. 8. Preconcentración de enalapril en agua desionizada

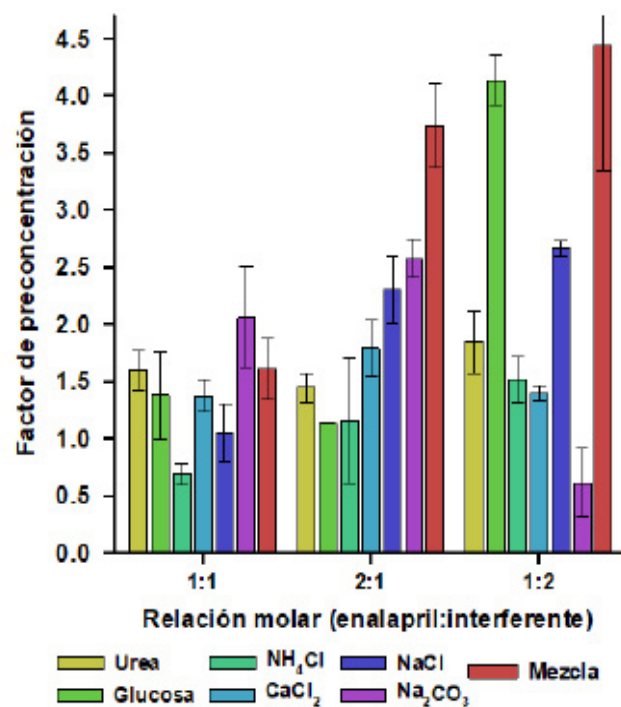


Fig. 9. Efecto de interferentes en la preconcentración de enalapril.

Conclusiones

Empleando solo 10 mg de las fibras de PS-A336 (9 y 3.5% (p/v) respectivamente) a pH 6 se logró extraer hasta el 70% de enalapril en muestras acuosas.

De acuerdo con los experimentos, al variar la concentración inicial del fármaco, es posible la extracción y preconcentración de cantidades más pequeñas para facilitar la cuantificación empleando espectrometría UV-Vis.

El principal inconveniente encontrado hasta ahora es la baja extracción de enalapril en agua sintética residual, se espera que la extracción en muestras más complejas tenga resultados similares. Para evitar la disminución de la extracción y preconcentración, se puede emplear la fibra de PS (sin A336) para remover interferentes sin extraer el enalapril y posteriormente emplear la fibra de PS-A336 para extraer y preconcentrar el fármaco.

La preconcentración puede incrementarse empleando volúmenes iniciales mayores, esto junto con la limpieza previa de las muestras, facilitarían la preconcentración de enalapril encontrado en concentraciones menores.

El método propuesto en este trabajo es una alternativa sencilla y económica desde la fabricación de las fibras mediante el método de soplado, hasta la cuantificación mediante UV-Vis.

Referencias

ALBAÍLEONEL, A., Carvajal, A., Fierro, I., Castillo Nájera, F., Campos Ramos, O., Villal Romero, A., Molina Guarneros, J. (2016). Prescription patterns of antihypertensives in a community health centre in Mexico City: a drug utilization study. *Fundamental and Clinical Pharmacology*, 30(3), 276-281.

[HTTPS://DOI.ORG/10.1111/FCP.12179](https://doi.org/10.1111/fcp.12179)

FIRKE, S. D., Bhoi, K. R., Patil, K. R., Jayswal, S. D., Tekade, A. R., Chalikwar, S. S. (2020). A State-of-the-art Review on Applications of Different Analytical Techniques for Some ACE Inhibitors. *Analytical Chemistry Letters*, 10(1), 60-79.

[HTTPS://DOI.ORG/10.1080/22297928.2020.1714477](https://doi.org/10.1080/22297928.2020.1714477)

GODOY, A. A., Kummrow, F., Pamplin, P. A. Z. (2015). Occurrence, ecotoxicological effects and risk assessment of antihypertensive pharmaceutical residues in the aquatic environment-A review. *Chemosphere*, 138, 281-291.

[HTTPS://DOI.ORG/10.1016/J.CHEMOSPHERE.2015.06.024](https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2015.06.024)

HÁKOVÁ, M., Havlíková, L. C., Solich, P., Švec, F., Šatínský, D. (2019). Electrospun nanofiber polymers as extraction phases in analytical chemistry-The advances of the last decade. *Trends in Analytical Chemistry*, 110, 81-96.

[HTTPS://DOI.ORG/10.1016/J.TRAC.2018.10.030](https://doi.org/10.1016/j.trac.2018.10.030)

INSTITUTO Mexicano del Seguro Social. (2017, Julio). La Hipertensión Arterial de la población en México, una de las más altas del Mundo. Consultado el 30 de octubre del 2020.

[HTTP://WWW.IMSS.GOB.MX/PRENSA/ARCHIVO/201707/203](http://www.imss.gob.mx/prensa/archivo/201707/203)

INSTITUTO Nacional de Salud Pública (INSP). (2018). Encuesta Nacional de Salud y Nutrición. Consultado el 30 de octubre del 2020. <https://ensanut.insp.mx/>

IPATE, A. M., Hamciuc, C., Kalvachev, Y., Gherman, S., Ochiuz, L. (2018). New cryogels based on polymers and zeolite L for controlled Enalapril maleate release. *Journal of Drug Delivery Science and Technology*, 44, 505-512.

[HTTPS://DOI.ORG/10.1016/J.JDDST.2018.02.008](https://doi.org/10.1016/j.jddst.2018.02.008)

ISHIDA, T., Oh, A., Hiroi, S., Shimasaki, Y., Tsuchihashi, T. (2018). Current prescription status of antihypertensive drugs in Japanese patients with hypertension: Analysis by type of comorbidities. *Clinical and Experimental Hypertension*, 41(3), 203-210. <https://doi.org/10.1080/10641963.2018.1465074>

JEONG, S.M., Kim, S., Wook Shin, D., Han, K., Hyun Park, S., Hyuk Kim, S., Kim, Y.H., Kwon, Y.C. (2020). Persistence and adherence to anti-hypertensive drugs in newly treated hypertensive patients according to initial prescription. *European Journal of Preventive Cardiology*. <https://doi.org/10.1177/2047487319900326A>.

LESSER, L.E., Mora, A., Moreau, C., Mahlknecht, J., Hernández-Antonio, A., Ramírez, A.I., Barrios-Piña, H. (2018). Survey of 218 organic contaminants in groundwater derived from the world's largest untreated wastewater irrigation system: Mezquital Valley, Mexico. *Chemosphere*, 198, 510-521. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.01.154>

RIVERA-JAIMES, J. A., Postigo, C., Melgoza-Alemán, R. M., Aceña, J., Barceló, D., de Alda, M. L. (2018). Study of pharmaceuticals in surface and wastewater from Cuernavaca, Morelos, Mexico: occurrence and environmental risk assessment. *Science of the Total Environment*, 613, 1263-1274.

[HTTPS://DOI.ORG/10.1016/J.SCITOTENV.2017.09.134](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.09.134)

STANKIEWICZ, A., Giebułtowitz, J., Stankiewicz, U., Wroczyński, P., Nałęcz-Jawecki, G. (2015). Determination of selected cardiovascular active compounds in environmental aquatic samples-Methods and results, a review of global publications from the last 10 years. *Chemosphere*, 138, 642-656.

[HTTPS://DOI.ORG/10.1016/J.CHEMOSPHERE.2015.07.056](https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2015.07.056)

SMALL TRANSITION METAL MIXED CLUSTER SURFACES, AS ACTIVATORS OF C – O BINDING $\text{Fe}_n\text{Cu}_m\text{C} - \text{O}$ ($n + m = 6$): A THEORETICAL APPROACH



Patricio Limon, Rodolfo Gomez-Balderas*

Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México, patch579@comunidad.unam.mx, gomezr@gmail.com



Resumen

Mediante cálculos por Teoría de los Funcionales de Densidad, a través del software Gaussian09, se aborda la activación del monóxido de carbono en la superficie de cúmulos mixtos de átomos de hierro y cobre: $\text{Fe}_n\text{Cu}_m\text{CO}$, $n + m = 6$. Los resultados muestran que la adsorción de CO sobre Fe_nCu_m es termoquímicamente favorable, ya que se producen energías de disociación $\text{Fe}_n\text{Cu}_m\text{CO}$ en el intervalo: 17.86 – 46.50 kcal/mol. Además, al comparar distancias (1.15 – 1.21 Å) y números de onda (1678 – 2029 cm^{-1}) de la molécula CO sobre Fe_nCu_m , con sus valores experimentales sin la participación de dichos cúmulos (1.128 \pm 0.014 Å y 2143 \pm 4.9 cm^{-1}), es posible observar la activación del enlace C=O en esta interacción, ya que se producen alargamiento y corrimiento hacia el rojo en el espectro de absorción del enlace en la molécula; esto dependiendo de la proporción de átomos de hierro y cobre en el cúmulo. Es en $\text{Fe}_3\text{Cu}_3\text{CO}$, una de las especies aquí estudiadas, donde se observa mayor coordinación y transferencia de carga, así como mayor debilitamiento del enlace C=O.

Palabras clave: cúmulos mixtos, activación del enlace, monóxido de carbono, frecuencia vibracional, transferencia de carga.

Antecedentes

Smalley et al. produjeron nanotubos de carbono de pared simple (o SWNT) mediante la descomposición de monóxido de carbono a 1200 ° C, catalizado por nanopartículas de molibdeno, que fue la primera evidencia de SWNT producidos por una nanopartícula de metal de transición catalítica preformada. (Dai et al., 1996) También habían utilizado cúmulos de Ni y Co. (Guo et al., 1995) Sin embargo, se obtienen mayores rendimientos utilizando $\text{Fe}(\text{CO})_5$, como fuente de átomos de Fe (que se combinan in situ para formar cúmulos de hierro) y una corriente caliente de CO. (Nikolaev et al., 1999)

Recientemente las nanopartículas de cobre, (Khorrami & Lotfi, 2016) y sus aleaciones con hierro o cobalto, han cobrado gran importancia debido no sólo a las propiedades catalíticas del cobre sino que además, esta mezcla de metales, ha mostrado propiedades sinérgicas. (Cartwright et al., 2015; He et al., 2019; Zhongtao Li et al., 2019; Shah & Tali, 2016) Una propuesta es que el cobre inhibe la sinterización de los átomos de Fe, o Co, durante la síntesis de SWNT. (Ramírez Rodríguez et al., 2018) Variando el contenido de Cu, la temperatura, el suministro de fuente de carbono y el tiempo de deposición se obtienen diferentes características de SWNT.

Además, por DFT, recientemente, la utilidad de los pequeños cúmulos de metales de transición para la reducción de la barrera energética en la ruptura del enlace CO, obteniendo CO₂ y átomos de carbono adsorbidos sobre el cúmulo ha sido estudiado por Wei et al. (Wei et al., 2018) quienes realizaron el estudio DFT de la activación del metanol catalizada por los cúmulos de Pt₇, Pt₃Cu₄ y Cu₇. A pesar de que se ha realizado este tipo de estudios, el estudio de las aleaciones de cobre-hierro resulta un desafío debido a las multiplicidades de alto espín de los cúmulos de átomos de hierro. (Farsad et al., 2018; Limon et al., 2018)

La interacción entre la molécula de CO y un metal M, y la activación del enlace C – O, se describe en el modelo Blyholder. (Molecular Orbital View of Chemisorbed Carbon Monoxide | The Journal of Physical Chemistry, s. f.) El debilitamiento del enlace puede depender de la cantidad de átomos de metal que se coordinan con la molécula de CO y la cantidad de carga que se transfiere al CO desde los centros metálicos. (Emmrich et al., 2015; Koshy et al., 2020; Xu et al., 2018)

La fuerza relativa del enlace C – O a menudo se analiza convenientemente mediante espectroscopía vibracional. Con esta técnica, se ha encontrado que el CO se une a los cúmulos, de los últimos metales 3d. Este es el caso de Fe, con $n = 18 - 30$; mientras que para el rodio y el paladio, el CO puede coordinarse en otros sitios. (Lyon et al., 2009) Normalmente, se observan desplazamientos al rojo para la frecuencia de estiramiento del enlace C–O, ν_{CO} . Además, ν_{CO} varía para los cúmulos metálicos cargados.

Con la presencia de átomos de cobre, se espera que este elemento tenga un efecto sinérgico con los átomos de hierro y pueda reducir la energía para adsorber monóxido de carbono y la fuerza de unión de C–O; esto debido a la inhibición del proceso de sinterización de los átomos de hierro. (Ramírez Rodríguez et al., 2018)

En este trabajo, se examinan las propiedades estructurales, energéticas, electrónicas, vibracionales y magnéticas entre los cúmulos de átomos de hierro, los cúmulos de átomos de cobre y los cúmulos mixtos de estos metales solos y con la molécula de CO. Se estudia el papel catalítico que tienen en el perfil energético de la disociación C – O.

Objetivo

El objetivo de este trabajo es un estudio teórico de la interacción del CO con cúmulos mixtos de átomos de hierro y cobre: Fe_nCu_m–CO, $n + m = 6$. Los resultados obtenidos permitirán determinar la coordinación del CO con Fe_nCu_m, la transferencia de carga de Fe_nCu_m al CO y la energía de enlace CO–Fe_nCu_m, que pueden afectar el debilitamiento del enlace C=O. Para esta investigación se utilizarán métodos basados en la teoría funcional de la densidad

(DFT). Cabe mencionar que una descripción precisa de los sistemas Fe_nCu_m–CO impone una tarea atractiva y desafiante para los métodos computacionales cuánticos de última generación. Lo cual se debe a las complicadas interacciones de intercambio-correlación, y a la accesibilidad de una gran cantidad de estados de espín, de diferente geometría, que muestran estos cúmulos. (Farsad et al., 2018; Zhen Li et al., 2020; Zheng et al., 2017)

Métodos utilizados

Se estudiaron los estados basales y excitados de interacciones neutras de cobre, de hierro y combinaciones cobre/hierro—monóxido de carbono Fe_nCu_m–CO ($n + m = 6$) mediante cálculos de DFT all electrons. La metodología utilizada viene dada por la aproximación del funcional de gradiente generalizado BPW91 (Becke, 1988; Perdew & Wang, 1992) y el conjunto de bases gaussianas 6–311+G(2d) para todos los átomos del sistema. (Francl et al., 1982; Frisch et al., 1984; Krishnan et al., 1980; Raghavachari & Trucks, 1989) Este método se utilizó tal y como se implementó en Gaussian09 D.01. (Gaussian 09 Citation | Gaussian.com, s. f.) Se realizó una búsqueda sistemática del mínimo global entre varios candidatos propuestos para las interacciones neutras de cobre, hierro y cobre/hierro-monóxido de carbono, Fe_nCu_m–CO ($n + m = 6$), Figura 1.

Resultados y discusión

Dado que el foco de interés en este trabajo es cómo los cúmulos de átomos de metales de transición afectan el enlace de la molécula de monóxido de carbono, un paso importante es obtener la información sobre la estabilidad del sistema compuesto.

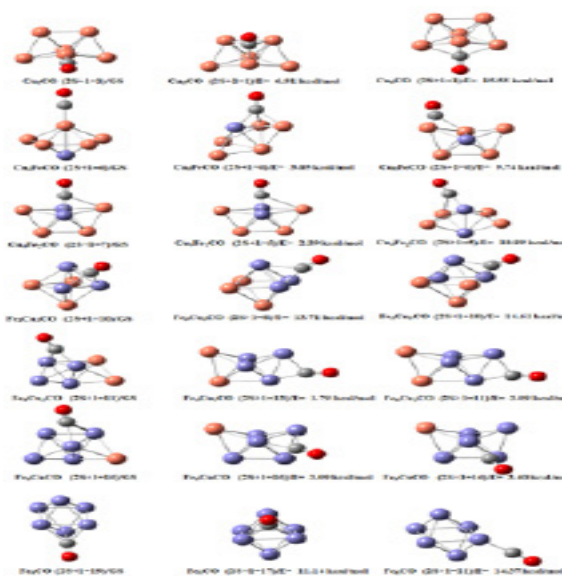


Fig. 1. Estados fundamentales y excitados de los sistemas Fe_nCu_m – CO ($n + m = 6$).

Esta energía de adsorción se definió como: $E_{ads} = E(\text{FenCum-CO}) - [E(\text{CO}) + E(\text{FenCum})]$; donde $E(\text{CO})$, $E(\text{FenCum})$ y $E(\text{FenCumCO})$ son las energías totales ZPE (zero-point energies) de la molécula de CO, los cúmulos FenCum y los sistemas FenCumCO en sus GS (ground state), respectivamente.

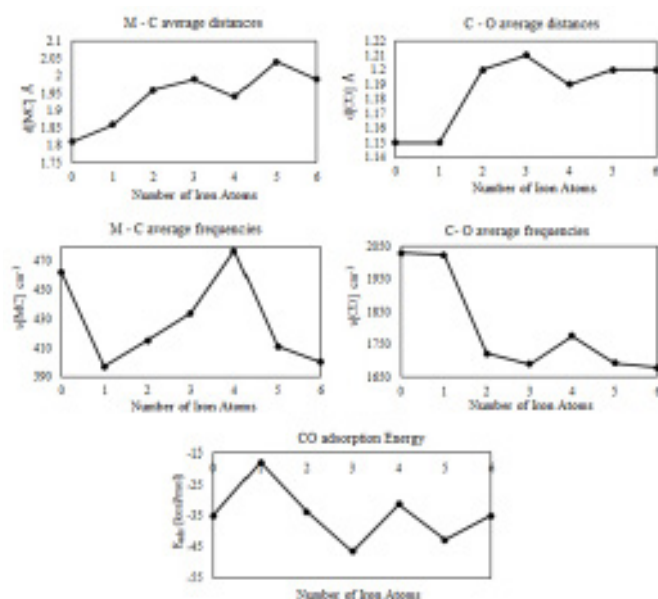


Fig. 2. Tendencias de las distancias medias, frecuencias y energías de adsorción.

La tendencia de la energía de disociación disminuye ligeramente a medida que aumenta la proporción de átomos de hierro. Estos resultados revelan que la adsorción de la molécula de CO en los cúmulos de metales de transición es un proceso termoquímicamente favorable, ya que se encontraron valores negativos en todos los casos, que van desde $-17,86$ a $-46,5$ kcal/mol (Figura 2). Edis más profundo ocurre en $\text{Fe}_3\text{Cu}_3\text{CO}$, que presenta una de las mayores transferencias de carga de FenCum a CO, esta carga perturba notablemente la estabilidad del CO, como se refleja en el alargamiento dCO.

De hecho, con una comparación directa entre distancias ($1.15 - 1.21$ Å) y números de onda ($1693 - 2029$ cm^{-1}) de CO adsorbido en la superficie de FenCum, y los valores experimentales de la molécula de CO aislada, 1.128 ± 0.014 Å (Martinie et al., 2011) y $2143 \pm 4,9$ cm^{-1} , (Jiang et al., 1975) permiten observar que estos cúmulos tienen un efecto en la activación del enlace C—O. Efectivamente, estos parámetros para los sistemas compuestos FenCumCO ($n + m = 6$), apuntan al debilitamiento del enlace C—O, debido a que tienen lugar longitudes de enlace más altas y números de onda más bajos (Figura 2). La molécula de CO es claramente activada por los cúmulos, especialmente por cúmulos mixtos, reflejado en el corrimiento al rojo de la vibración C—O donde la vibración de menor energía se observa en la unión

de $\text{Fe}_3\text{Cu}_3\text{C—O}$ y la longitud de C—O.

Por otro lado, las frecuencias de estiramiento de C—O medidas experimentalmente de aproximadamente 1865 cm^{-1} se atribuyeron al CO unido en los sitios superiores, atop. Mientras que se espera que haya un desplazamiento al rojo en $150 - 200$ cm^{-1} . (Lyon et al., 2009) Esta observación es consistente con nuestros valores de ν_{CO} , obtenidos para especies más grandes con coordinación superior. Además, los valores de ν_{CO} desplazados al rojo, obtenidos para FenCumCO, pueden estar relacionados con una mayor coordinación, particularmente para la coordinación triple observada en $\text{Fe}_3\text{Cu}_3\text{CO}$ o Fe_6CO .

La importante transferencia de carga de FenCum a CO puede explicar la reducción en la estabilidad del CO en FenCumCO. La acumulación de carga en el oxígeno, debido a su mayor electronegatividad con respecto a todos los demás átomos, es notable. Cuando la molécula de CO forma un enlace con FenCum, a través de múltiples modos de coordinación CO—FenCum, la carga se concentra principalmente en el átomo de oxígeno. Por ejemplo, la especie $\text{Fe}_3\text{Cu}_3\text{CO}$, en la que se establecen tres enlaces entre el átomo de carbono y el cúmulo, permite que el átomo de oxígeno gane más carga, hasta $-0,46$ e en ese caso específico. Esta carga tiende a ocupar orbitales antienlazantes en la molécula de CO en los orbitales frontera, lo que lleva a debilitar el enlace C—O. Por tanto, la triple coordinación, formada por el carbono con el núcleo, apunta al debilitamiento del enlace C—O. La gran longitud del enlace dCO sugiere que el átomo de oxígeno está débilmente unido al resto del cúmulo. Estos resultados sugieren que los cúmulos más prometedores, como $\text{Fe}_3\text{Cu}_3\text{CO}$, son capaces de activar notablemente el enlace C—O. Los sistemas mixtos $\text{Fe}_3\text{Cu}_3\text{CO}$, Fe_5CuCO y Fe_6CO es en donde más cantidad de carga se transfiere a la molécula, y aquellos que más activan el enlace.

Conclusiones

La activación del enlace C—O se produce principalmente por cúmulos con átomos de hierro en su estructura. El Cu_6 apenas activa este enlace; pasando de 2125 cm^{-1} (valor teórico) para la molécula de CO, hasta 2029 cm^{-1} en presencia de Cu_6 . Fe_3Cu_3 , Fe_5Cu y Fe_6 son las especies que más activan el enlace C—O, debilitándolo hasta 1690 , 1693 y 1678 cm^{-1} , respectivamente. Dos de estas especies también son las más favorables termoquímicamente en la adsorción de CO: $-46,60$ y $-42,80$ kcal/mol para Fe_3Cu_3 y Fe_5Cu , respectivamente. Estas adsorción y activación tienen una correlación con la transferencia de carga del grupo a la molécula de monóxido de carbono en los cúmulos que interactúan, FenCum—CO. En promedio, las contribuciones a la transferencia de carga aumentan a medida que aumenta el número de átomos de hierro. Los sistemas mixtos $\text{Fe}_3\text{Cu}_3\text{CO}$, Fe_5CuCO y Fe_6CO es donde la mayor cantidad de carga se transfiere a la molécula de CO, y aquellos que más

activan este enlace C–O. En Fe₃Cu₃CO se establecen tres enlaces entre el átomo de carbono y el cúmulo, lo que permite que el átomo de oxígeno gane más carga, hasta –0.46 e en ese caso específico. Todos estos resultados mencionados anteriormente, sugieren que los grupos más prometedores estudiados aquí son capaces de activar notablemente la molécula CO, para su posterior disociación.

Agradecimientos

Este trabajo lo realizamos utilizando los recursos de la supercomputadora Miztli que se encuentra en la Dirección General de Cómputo y de Tecnologías de la Información (DGTIC-UNAM), gracias al proyecto: LANCAD-UNAM-DG-TIC-058 de Rodolfo Gomez-Balderas; así como también gracias a la beca otorgada por la Dirección General de Asuntos del Personal Académico (DGAPA) para la realización de la estancia posdoctoral de Patricio Limon.

Referencias

- BECKE, A. D. (1988). Density-functional exchange-energy approximation with correct asymptotic behavior. *Physical Review A*, 38(6), 3098-3100. <https://doi.org/10.1103/PhysRevA.38.3098>
- CARTWRIGHT, R., Esconjauregui, S., Hardeman, D., Bhardwaj, S., Weatherup, R., Guo, Y., D'Arsié, L., Bayer, B., Kidambi, P., Hofmann, S., Wright, E., Clarke, J., Oakes, D., Cepek, C., & Robertson, J. (2015). Low temperature growth of carbon nanotubes on tetrahedral amorphous carbon using Fe–Cu catalyst. *Carbon*, 81, 639-649. <https://doi.org/10.1016/j.carbon.2014.10.001>
- DAI, H., Rinzler, A. G., Nikolaev, P., Thess, A., Colbert, D. T., & Smalley, R. E. (1996). Single-wall nanotubes produced by metal-catalyzed disproportionation of carbon monoxide. *Chemical Physics Letters*, 260(3-4), 471-475. [https://doi.org/10.1016/0009-2614\(96\)00862-7](https://doi.org/10.1016/0009-2614(96)00862-7)
- EMMICH, M., Huber, F., Pielmeier, F., Welker, J., Hofmann, T., Schneiderbauer, M., Meuer, D., Polesya, S., Mankovsky, S., Ködderitzsch, D., Ebert, H., & Giessibl, F. J. (2015). Subatomic resolution force microscopy reveals internal structure and adsorption sites of small iron clusters. *Science*, 348(6232), 308-311. <https://doi.org/10.1126/science.aaa5329>
- FARSAD, M., Elahifard, M., & Behjatmanesh-Ardakani, R. (2018). Full-potential DFT study of CO dissociation on Fe–Cu cluster. *Theoretical Chemistry Accounts*, 137(11), 142. <https://doi.org/10.1007/s00214-018-2346-5>
- FRANCL, M. M., Pietro, W. J., Hehre, W. J., Binkley, J. S., Gordon, M. S., DeFrees, D. J., & Pople, J. A. (1982). Self-consistent molecular orbital methods. XXIII. A polarization-type basis set for second-row elements. *The Journal of Chemical Physics*, 77(7), 3654-3665. <https://doi.org/10.1063/1.444267>
- FRISCH, M. J., Pople, J. A., & Binkley, J. S. (1984). Self-consistent molecular orbital methods 25. Supplementary functions for Gaussian basis sets. *The Journal of Chemical Physics*, 80(7), 3265-3269. <https://doi.org/10.1063/1.447079>
- GAUSSIAN 09 Citation | Gaussian.com. (s. f.). Recuperado 9 de julio de 2020, de <https://gaussian.com/g09citation/>
- GUO, T., Nikolaev, P., Thess, A., Colbert, D. T., & Smalley, R. E. (1995). Catalytic growth of single-walled nanotubes by laser vaporization. *Chemical Physics Letters*, 243(1), 49-54. [https://doi.org/10.1016/0009-2614\(95\)00825-0](https://doi.org/10.1016/0009-2614(95)00825-0)
- HE, M., Zhang, S., Wu, Q., Xue, H., Xin, B., Wang, D., & Zhang, J. (2019). Designing Catalysts for Chirality-Selective Synthesis of Single-Walled Carbon Nanotubes: Past Success and Future Opportunity. *Advanced Materials*, 31(9), 1800805. <https://doi.org/10.1002/adma.201800805>
- JIANG, G. J., Person, W. B., & Brown, K. G. (1975). Absolute infrared intensities and band shapes in pure solid CO and CO in some solid matrices. *The Journal of Chemical Physics*, 62(4), 1201-1211. <https://doi.org/10.1063/1.430634>
- KHORRAMI, S. A., & Lotfi, R. (2016). Influence of carrier gas flow rate on carbon nanotubes growth by TCVD with Cu catalyst. *Journal of Saudi Chemical Society*, 20(4), 432-436. <https://doi.org/10.1016/j.jscs.2013.04.004>
- KOSHY, D. M., Chen, S., Lee, D. U., Stevens, M. B., Abdellah, A. M., Dull, S. M., Chen, G., Nordlund, D., Gallo, A., Hahn, C., Higgins, D. C., Bao, Z., & Jaramillo, T. F. (2020). Understanding the Origin of Highly Selective CO₂ Electroreduction to CO on Ni,N-doped Carbon Catalysts. *Angewandte Chemie*, 132(10), 4072-4079. <https://doi.org/10.1002/ange.201912857>
- KRISHNAN, R., Binkley, J. S., Seeger, R., & Pople, J. A. (1980). Self-consistent molecular orbital methods. XX. A basis set for correlated wave functions. *The Journal of Chemical Physics*, 72(1), 650-654. <https://doi.org/10.1063/1.438955>
- LI, Zhen, Gao, Z., Li, B., Zhang, L., Fu, R., Li, Y., Mu, X., & Li, L. (2020). Fe-Pt nanoclusters modified Mott-Schottky photocatalysts for enhanced ammonia synthesis at ambient conditions. *Applied Catalysis B: Environmental*, 262, 118276. <https://doi.org/10.1016/j.apcatb.2019.118276>
- LI, Zhongtao, Yang, T., Zhao, W., Xu, T., Wei, L., Feng, J., Yang, X., Ren, H., & Wu, M. (2019). Structural Modulation of Co Catalyzed Carbon Nanotubes with Cu–Co Bimetal Active Center to Inspire Oxygen Reduction Reaction. *ACS Applied Materials & Interfaces*, 11(4), 3937-3945. <https://doi.org/10.1021/acsami.8b18496>
- LIMON, P., Miralrio, A., & Castro, M. (2018). Adsorption and dissociation of carbon monoxide on iron and iron-carbon clusters: Fe_n + 2CO and Fe_nC + 2CO, n = 4 and 7. A theoretical study. *Computational and Theoretical Chemistry*, 1129, 37-47. <https://doi.org/10.1016/j.comptc.2018.02.018>
- LYON, J. T., Gruene, P., Fielicke, A., Meijer, G., & Rayner, D. M. (2009). Probing C–O bond activation on gas-phase transition metal clusters: Infrared multiple photon dissociation spectroscopy of Fe, Ru, Re, and W cluster CO complexes. *The Journal of Chemical Physics*, 131(18), 184706. <https://doi.org/10.1063/1.3257687>
- MARTINIE, R. J., Bultema, J. J., Vander Wal, M. N., Burkhart, B. J., Vander Griend, D. A., & DeKock, R. L. (2011). Bond Order and Chemical Properties of BF, CO, and N₂. *Journal of Chemical Education*, 88(8), 1094-1097. <https://doi.org/10.1021/ed100758t>
- MOLECULAR Orbital View of Chemisorbed Carbon Monoxide | *The Journal of Physical Chemistry*. (s. f.). Recuperado 8 de julio de 2020, de <https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/j100792a006>
- NIKOLAEV, P., Bronikowski, M. J., Bradley, R. K., Rohmund, F., Colbert, D. T., Smith, K. A., & Smalley, R. E. (1999). Gas-phase catalytic growth of single-walled carbon nanotubes from carbon monoxide. *Chemical Physics Letters*, 313(1), 91-97. <https://doi.org/10.1016/S0009->

- PERDEW, J. P., & Wang, Y. (1992). Accurate and simple analytic representation of the electron-gas correlation energy. *Physical Review B*, 45(23), 13244-13249. <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.45.13244>
- RAGHAVACHARI, K., & Trucks, G. W. (1989). Highly correlated systems. Excitation energies of first row transition metals Sc–Cu. *The Journal of Chemical Physics*, 91(2), 1062-1065. <https://doi.org/10.1063/1.457230>
- RAMÍREZ Rodríguez, F., López, B. L., & Giraldo, L. F. (2018). Single Wall Carbon Nanotubes Synthesis through Methane Chemical Vapor Deposition over MCM-41–Co Catalysts: Variables Optimization. *C — Journal of Carbon Research*, 4(2), 37. <https://doi.org/10.3390/c4020037>
- SHAH, K. A., & Tali, B. A. (2016). Synthesis of carbon nanotubes by catalytic chemical vapour deposition: A review on carbon sources, catalysts and substrates. *Materials Science in Semiconductor Processing*, 41, 67-82. <https://doi.org/10.1016/j.mssp.2015.08.013>
- WEI, A., Feng, W., Liu, H., Huang, X., & Yang, G. (2018). Methanol activation catalyzed by Pt7, Pt3Cu4, and Cu7 clusters: A density functional theory investigation. *Applied Organometallic Chemistry*, 32(3), e4197. <https://doi.org/10.1002/aoc.4197>
- XU, L., Yang, L.-M., & Ganz, E. (2018). Mn–graphene single-atom catalyst evaluated for CO oxidation by computational screening. *Theoretical Chemistry Accounts*, 137(7), 98. <https://doi.org/10.1007/s00214-018-2270-8>
- ZHENG, X., Guo, L., Li, W., Cao, Z., Liu, N., Shi, Y., & Guo, J. (2017). The catalytic performance of Cu_nAu (n = 3–12) clusters for preferential oxidation of CO in hydrogen-rich stream. *Theoretical Chemistry Accounts*, 136(3), 33. <https://doi.org/10.1007/s00214-017-2062-6>

ESTUDIO TERMODINÁMICO DE LA COMPLEJACIÓN DE $Zn(II)/L^-$ ($L^- =$ ANIONES ACETATO, INDOMETACINA Y DICLOFENACO) POR CALORIMETRÍA DE TITULACIÓN ISOTÉRMICA



Norma Rodríguez Laguna^{1*}, Luis I. Reyes García¹, Ricardo A. Hipólito Nájera¹, María del Rosario Moya Hernández¹, Rodolfo Gómez Balderas¹, Alberto Rojas Hernández²

¹Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM, normarola@cuautitlan.unam.mx y gomezr@gmail.com

²Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa.



Antecedentes

Resumen

Se realizó un estudio termodinámico de los sistemas $Zn(II)/L^-$, donde $L^- =$ aniones: acetato (AcO^-), indometacina ($Indo^-$) o diclofenac (Dic^-), en solución etanólica mediante Calorimetría de titulación isotérmica (ITC). Se determinaron propiedades termodinámicas como entalpía (ΔH), entropía (ΔS), energía de Gibbs (ΔG) y constante de formación ($\log \beta_i$) asociadas a las reacciones de complejación. También se determinó la estequiometría de las especies formadas. Todos los aniones L^- se coordinan a través del grupo funcional carboxilato. En cada proceso de complejación entre $Zn(II)$ y L^- , se obtuvieron datos experimentales del calor Q_{exp} que se libera o absorbe en función de la relación molar $rL/Zn(II)$. Se determinó el calor Q_{calc} , estos datos se ajustan a los resultados experimentales de ITC mediante el software de análisis MicroCal PEAQ-ITC para obtener la entalpía y las constantes de formación de los complejos formados $ML_j(2-j)$.

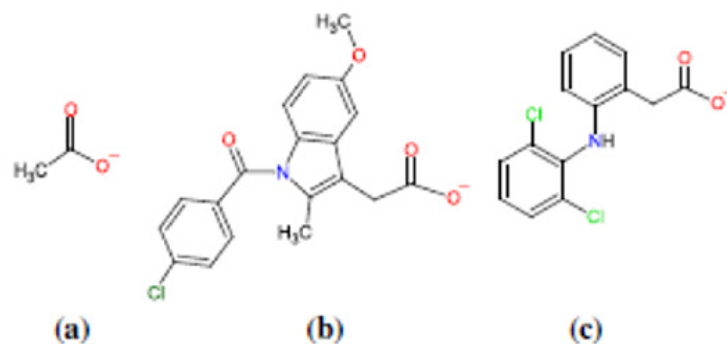
Palabras clave: $Zn(II)$ /acetato, $Zn(II)$ /indometacina, $Zn(II)$ /diclofenaco, parámetros termodinámicos, estequiometría

Cuando el fármaco es una mezcla química compleja, esta actividad es ejercida por los principios activos de la sustancia o farmacóforos pero puede ser modificada por otros constituyentes tales como iones metálicos. En la actualidad, se ha encontrado que iones metálicos complejados con fármacos antiinflamatorios no esteroideos (AINEs) exhiben notablemente actividad potencial en humanos con la posibilidad de presentar menos efectos adversos (Puranik, Bao, Bonin, Kaur, Weder, Casbolt, Hambley, Lay, Barter, Rye, 2016) (Puranik R, y otros, 2016) (Agotegaray, Gumilar, Boeris, Toso, Min, 2014) (Fountoulaki, Perdih, Turel, Kessissoglou, Psomas, 2011) (Dimiza, Perdih, Tangoulis, Turel, Kessissoglou, 2011) (Chang-Ying, Yi, Jun-Cheng, Dan, 2008) (Fernández-Madrid, 1998) (Al-Masoudi, Nadhir, Layla, Sadiq, Pannecouque, 2011). Los AINEs, además de ser empleados como analgésicos, antipiréticos y antiinflamatorios, también ofrecen beneficios terapéuticos en la prevención de algunos tipos de cáncer (Page, Henry, 2000) y en el tratamiento de enfermedades neurodegenerativas (Williams, Molinuevo, Okulik, Jubert, Etcheverry, 2005), a pesar de ello, sus mecanismos de acción en la escala molecular no

son comprendidos del todo. Los AINEs reducen el número y tamaño de los tumores de colon inducidos por carcinógenos y exhiben un papel sinérgico sobre la actividad de ciertos medicamentos antitumorales, incluyendo neoplasias de colon, mama, pulmón, gástrico y esófago (Dimiza, Perdih, Tangoulis, Turel, Kessissoglou, 2011) (Gouda, El-Sayed, Amin, Sheikh, 2013). Los AINE exhiben un carácter ácido de fuerza media (valores de pKa en el rango de 3.0 a 5.0).

Las moléculas de AINE contienen grupos hidrófilos (grupo carboxílico o enólico) y lipófilos (anillo aromático, átomos de halógeno) (Williams, Molinuevo, Okulik, Jubert, Etcheverry, 2005). Los AINEs se encuentran en el jugo gástrico en forma protonada (lipofílica) y también en el intestino delgado, existen condiciones favorables para la absorción de ácidos débiles. Se ha reportado que los iones metálicos complejados con AINE tienen efectos antiinflamatorios sustanciales con la posibilidad de presentar menos efectos adversos (Dimiza, Perdih, Tangoulis, Turel, Kessissoglou, 2011) (Puranik, Bao, Bonin, Kaur, Weder, Casbolt, Hambley, Lay, Barter, Rye, 2016) (Agotegaray, Gumilar, Boeris, Toso, Min, 2014) (Fountoulaki, Perdih, Turel, Kessissoglou, Psomas, 2011) (Chang-Ying, Yi, Jun-Cheng, Dan, 2008) (Fernández-Madrid, 1998) (Al-Masoudi, Nadhir, Layla, Sadiq, Pannecouque, 2011) (Banti, Hadjikakou, 2016). Los complejos AINE-metal tienen propiedades moleculares diferentes de las de los fármacos originales (Banti, Hadjikakou, 2016). Muchos trabajos sobre fármacos antiinflamatorios no esteroideos estudiados en formas individuales o complejas con iones metálicos se encuentran en la literatura científica, y algunos de ellos emplean técnicas analíticas como UV-Vis (Dimiza, Perdih, Tangoulis, Turel, Kessissoglou, 2011) (Williams, Molinuevo, Okulik, Jubert, Etcheverry, 2005) (Fountoulaki, Perdih, Turel, Kessissoglou, Psomas, 2011) (Rodríguez-Laguna, Reyes-García, Moya-Hernández, Rojas-Hernández, Gómez-Balderas, 2016) (Ramírez-Silva, Guzmán-Hernández, Galano, Rojas-Hernández, Corona-Avenidaño, Romero-Romo, Palomar-Pardavé, 2013), cristalografía de rayos X (Dillon, Hambley, Kennedy, Lay, Weder, Zhou, 2006) (Weder, Dillon, Hambley, Kennedy, Lay, Biffin, Regtop, Davies, 2002) (Moya-Hernández, Mederos, Domínguez, Orlandini, Ghilardi, Cecconi, González-Vergara, Rojas-Hernández, 2003), espectroscopia IR (Williams, Molinuevo, Okulik, Jubert, Etcheverry, 2005), potenciometría (Ráfols, Rosés, Bosch, 1997), voltamperometría cíclica (Aguilar-Lira, Álvarez, Rojas-Hernández, Páez-Hernández, Rodríguez-Ávila, Romero-Romo, 2015), cambios químicos de ^1H RMN, electroforesis de zona capilar (CZE) y métodos computacionales, entre otros.

Los ligandos AcO^- , Indo^- y Dic^- (Esquema 1) coordinan Zn(II) covalentemente a través de átomos de oxígeno del grupo carboxilato, unidos a cuatro átomos de O en una disposición tetraédrica fuertemente distorsionada (Morgant, Viossat, Daran, Roch-Arveiller, Giroud, Dung, Sorenson, 1998), con



distancias de coordinación O-Zn de 1.920 \AA y 1.907 \AA .

Esquema 1. Estructuras químicas de los aniones a) AcO^- , b) Indo^- y c) Dic^- .

Objetivos

Determinar las propiedades termodinámicas entalpía (ΔH), entropía (ΔS), energía de Gibbs (ΔG) y constante de formación ($\log \beta_i$) asociadas a las reacciones de complejación de los sistemas $\text{Zn(II)}/\text{L}^-$, donde L^- = aniones: acetato (AcO^-), indometacina (Indo^-) o diclofenac (Dic^-) en solución etanólica a 25°C .

Parte experimental

Materiales

Todos los productos químicos eran de grado reactivo o mejor y se usaron tal como se recibieron con cualquier tratamiento adicional. Nitrato de zinc hexahidrato (99,6%, JT Baker), indometacina (99%, Sigma-Aldrich), diclofenaco de sodio (Sigma-Aldrich), acetato de sodio (99%, Sigma-Aldrich), hidróxido de sodio (98,6%, Mallinckrodt) y absoluto Se utilizó alcohol etílico (99,95%, JT Baker) para preparar soluciones etanólicas ya que HIndo y DicNa son solo ligeramente solubles en agua. Se prepararon soluciones de Indo convirtiendo HIndo en su sal de sodio siguiendo el procedimiento informado por Kulkarni et al (Kulkarni, Prakash, Upmanyu, Tonpay, 2011).

Calorimetría de titulación Isotérmica

Las valoraciones complejométricas de $\text{Zn(II)}/\text{L}^-$ se llevaron a cabo en un calorímetro de valoración GE-MicroCal VP-ITC. Para cada experimento, tanto las celdas de referencia como las de muestra ($V_0 = 1.4303 \text{ mL}$) se llenaron con soluciones de Zn(II) y la jeringa ($284.77 \mu\text{L}$) se llenó con una solución de titulante. Los experimentos de titulación se realizaron a $20 \pm 0.1^\circ\text{C}$ con una potencia de referencia inicial de $3 \mu\text{cal s}^{-1}$ y una velocidad de agitación de 307 rpm. Debido a la difusión pasiva de la solución de titulación en la celda de titulación durante el equilibrio en la punta de la jeringa, el primer punto de inyección no se tuvo en cuenta en el análisis de datos.

Las 49 inyecciones posteriores fueron de 5 μL ($49 \times 5 \mu\text{L} = 245 \mu\text{L}$) con un espacio de 200 s entre las inyecciones. Los calores de dilución de L^- se cuantificaron llenando las celdas de referencia y muestra a las mismas condiciones experimentales sin colocar el ion metálico, y luego agregando el titulante. Cada valoración se realizó por triplicado. La concentración de las soluciones etanólicas de ZnNO_3 fue de $5 \times 10^{-4} \text{ M}$; AcONa y DicNa fueron 10^{-2} M , mientras que IndoNa fue $8.8 \times 10^{-3} \text{ M}$.

Resultados y discusión

Los resultados experimentales para el sistema $\text{Zn(II)}-\text{L}^-$ se presentan en la Fig. 1, después de restar los calores de dilución de L^- . Los paneles (a), (b) y (c) representan las isothermas obtenidas, $dQ_{\text{exp}}/dt = f(t)$, mientras que (d), (e) y (f) muestran las isothermas de unión en función de la relación molar $r = |\text{L}^-| / |\text{Zn(II)}|$, $Q_{\text{exp}} = f(r)$, para $\text{L}^- = \text{AcO}^-$, Indo^- y Dic^- , respectivamente.

Los picos por encima de la línea de base corresponden a una unión endotérmica, mientras que los picos por debajo de la línea de base se asocian con eventos exotérmicos. Se puede observar (Fig. 1) que los procesos de unión son esencialmente endotérmicos en los tres casos. Las isothermas de unión reflejan que la relación molar $\text{L}^- / \text{Zn(II)}$ de los complejos formados es $r = 1$ (adición 14) y $r = 2$ (adición 28); solo la segunda sigmoide es clara.

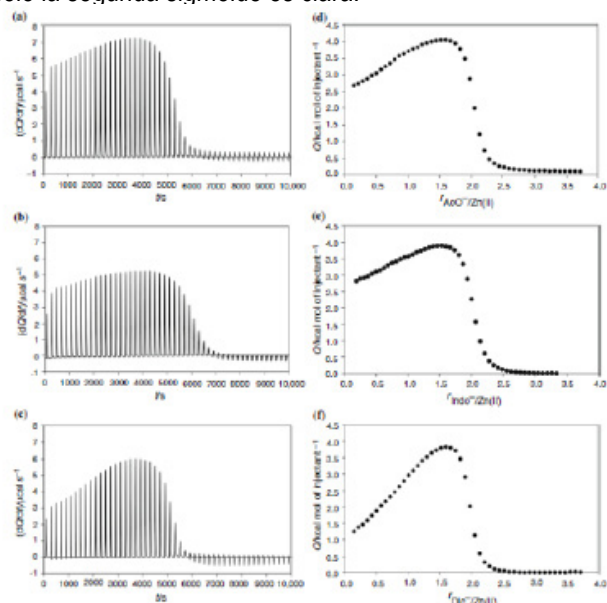


Fig. 1. Titulación calorimétrica isotérmica de Zn(II) con L^- ; los paneles de la izquierda muestran curvas ITC, las isothermas de unión están en los paneles de la derecha. De arriba a abajo $\text{L}^- = \text{AcO}^-$, Indo^- y Dic^- .

La Tabla 1 compila los valores determinados de las propiedades termodinámicas derivadas del modelo químico, así como los valores de U en los sistemas en estudio. Dado que

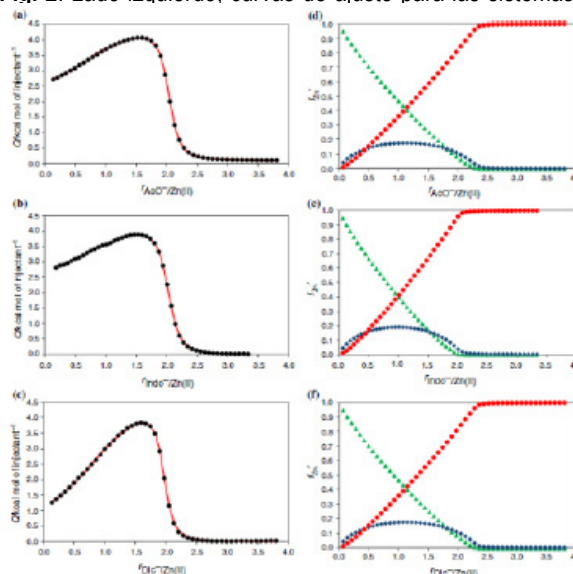
$\Delta G_j < 0$, todos los procesos de formación son espontáneos, mientras que la entropía positiva puede reflejar el cambio en la esfera de coordinación, donde la complejación de las moléculas de etanol liberan iones a la solución aumentando la entropía del sistema.

La Tabla 1 muestra el ajuste de la isoterma calculada con el programa PEAQ-ITC sobre la isoterma experimental. Se observa que el modelo teórico ajusta bien los datos experimentales.

Formed species	Zn(AcO)^+	Zn(AcO)_2	Zn(Indo)^+	Zn(Indo)_2	Zn(Dic)^+	Zn(Dic)_2
$\Delta H/\text{kcal mol}^{-1}$	4.56 ± 0.01	6.51 ± 0.02	4.08 ± 0.02	6.45 ± 0.05	4.92 ± 0.02	5.12 ± 0.05
$T\Delta S/\text{kcal mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$	11.50 ± 0.01	21.32 ± 0.02	11.08 ± 0.02	21.63 ± 0.04	11.94 ± 0.02	20.07 ± 0.04
$\Delta G/\text{kcal mol}^{-1}$	-6.94	-14.81	-7.00	-15.18	-7.02	-14.95
$\text{Log}\beta$	5.575 ± 0.001	11.894 ± 0.004	5.622 ± 0.002	12.192 ± 0.009	5.640 ± 0.002	12.003 ± 0.007
U	2.4×10^{-4}		1.8×10^{-3}		4.0×10^{-4}	

Tabla 1. Propiedades termodinámicas a 25 °C de los sistemas de $\text{Zn(II)}/\text{L}^-$, donde $\text{L}^- = \text{AcO}^-$, Indo^- y Dic^- .

Fig. 2. Lado izquierdo, curvas de ajuste para las sistemas calcu-



ladas $\text{Zn(II)}/\text{L}^-$ (línea sólida roja) y (círculo negro relleno) calores experimentales. Lado derecho, diagramas de distribución de especies en el curso de la titulación calorimétrica isotérmica.

Conclusiones

La calorimetría de titulación isotérmica (ITC) ha permitido estudiar la interacción entre el Zn(II) y los antiinflamatorios no esteroideos (AINEs) como la indometacina y el diclofenaco. Se utilizó un modelo de unión basado en la complejación de acetato de Zn(II) ya que esos fármacos coordinan los iones metálicos a través de su grupo funcional carboxilato.

Se determinaron las propiedades termodinámicas asociadas a las reacciones de complejación, como la entalpía de formación (ΔH_j), la entropía (ΔS_j) y la energía libre (ΔG_j), así como la constante de equilibrio (β_j), que acompañan a las

reacciones de complejación, así como la estequiometría de la formada. especies.

Se estableció el predominio de las especies en el sistema, para los tres sistemas en estudio, en función de la concentración total de ligandos. Las curvas de predominio muestran claramente que la especie ZnL^+ se forman primero, pero a medida que avanza la titulación, aparece la especie ZnL_2 .

Agradecimientos

Norma Rodríguez-Laguna agradece al Proyecto FESC-UNAM PIAPIME 2020 2.12.27.20 y al proyecto PIAPIME 2020 2035, y los demás colaboradores agradecen al proyecto PAPIIT DGAPA-UNAM IN218118.

Referencias

- AGUILAR-LIRA GY, Álvarez Romero GA, Rojas-Hernández A, Páez-Hernández ME, Rodríguez-Ávila JA, Romero-Romo MA. New insights on naproxen quantification using voltammetry and graphite electrodes: development of an optimized and competitive methodology. *ECS Trans.* 2015;19:79–89.
- AGOTEGARAY M., Gumilar F., Boeris M., Toso R., Minetti A., Enhanced Analytic Properties and Reduced Ulcerogenic Effect of a Mononuclear Copper(II) Complex with Fenoprofen in Comparison to the Parent Drug: Promising Insights in the Treatment of Chronic Inflammatory Diseases, *BioMed Research International*, vol. 2014, ID 505987, 2014:1-9.
- AL-MASOUDI Najim A., Nadhir N. A. Jafar, Layla J. Abbas, Sadiq J. Baqir, Christophe Pannecouque, "Synthesis and anti-HIV Activity of New Benzimidazole, Benzothiazole and Carbohyrazide Derivatives of the anti-Inflammatory Drug Indomethacin, 66b, 953-960, 2011.
- BANTI CN, Hadjikakou SK. Non-steroidal anti-inflammatory drugs (NSAIDs) in metal complexes and their effect at the cellular level. *Eur J Inorg Chem.* 2016;3048–3071:2016.
- CUKIERNIK FD, Slep LD. An unexpected carboxylato-bridged only hexanuclear copper compound. *Inorganica Chimica Acta.* 2011;374:499–505.
- CHANG-YING Yang, Yi Liu, Jun-Cheng Zhu, Dan Zheng, Inhibitory Effect of Copper Complex of Indomethacin on Bacteria Studied by Microcalorimetry, *Biol Trace Elem Res*, 122, 82-88, 2008, DOI 10.1007/s1211-007-8063-x.
- DILLON CT, Hambley TW, Kennedy BJ, Lay PA, Weder JE, Zhou Q. Copper and zinc complexes as antiinflammatory drugs. Sydney: Centre for Heavy Metals Research, School of Chemistry, University of Sydney; 2006.
- DIMIZA F, Perdih F, Tangoulis V, Turel I, Kessissoglou DP, Psomas G. Interaction of copper (II) with the non-steroidal anti-inflammatory drugs naproxen and diclofenac: synthesis, structure, DNA- and albumin-binding. *J Inorg Biochem.* 2011;105:476–89.
- FERNÁNDEZ-MADRID F., Copper and Zinc in Inflammatory and Degenerative Diseases, Chapter: Zinc and copper in the treatment of rheumatic diseases, Springer Science+Business Media, Editors: K. D. Rainsford, R. Milanino, J. R. J. Sorenson, G. P. Velo, 125-137, 1998. ISBN: 978-94-010-5757-8.
- FOUNTOULAKI S., Perdih F., Turel I., Kessissoglou D. P., Psomas G., Non-steroidal anti-inflammatory drug diflunisal interacting with Cu(II). Structure and biological features, *Journal of Inorganic Biochemistry*, 105, 2011:1645-1655.
- GOUDA AA, El-Sayed MIK, Amin AS, El Sheikh R. Spectrophotometric and spectrofluorometric methods for the determination of non-steroidal anti-inflammatory drugs: a review. *Arab J Chem.* 2013;6:145–63.
- KULKARNI S, Prakash S, Upmanyu N, Tonpay SD. Solubility enhancement of water insoluble drug for ophthalmic formulation. *Int J Drug Deliv.* 2011;3:141–8.
- MORGANT G, Viostat B, Daran J-C, Roch-Arveiller M, Giroud J-P, Dung N-H, Sorenson JRJ. Crystal structure at 180 _K of bis-3,5-diisopropylsallycylatobisdimethylsulfoxidozinc(II) and the inhibition of seizures and polymorphonuclear leukocyte chemiluminescence. *J Inorg Biochem.* 1998;70:137–43.
- MOYA-HERNÁNDEZ MR, Mederos A, Domínguez S, Orlamini A, Ghilardi CA, Cecconi F, González-Vergara E, Rojas-Hernández A. Speciation study of the anti-inflammatory drugs tenoxicam Htenox) with Cu(II): X-ray crystal structure of [Cu(Tenox)2(-Py)2]EtOH. *J Inorg Biochem.* 2003;95:131–40.
- PAGE J., Henry D., Consumption of NSAIDs and the development of congestive heart failure in elderly patients: an underrecognized public health problem, *Archives of Internal Medicine*, 160, 777-784, 2000.
- PURANIK R., y col., Novel class of Copper(II) and Zinc(II) bound non steroidal anti inflammatory drugs that inhibits acute inflammation in vivo, *Cell & Bioscience*, 1-7, 2016: 6, 9.
- RÁFOLS C, Rose's M, Bosch E. A comparison between different approaches to estimate the aqueous pKa values of several nonsteroidal anti-inflammatory drugs. *Anal Chim Acta.* 1997;338:127–34.
- RAMÍREZ-SILVA MT, Guzmán-Hernández DS, Galano A, Rojas-Hernández A, Corona-Avedaño S, Romero-Romo M, Palomar-Pardavé M. Spectro-electrochemical and DFT study of tenoxicam metabolites formed by electrochemical oxidation. *Electrochim Acta.* 2013;111:314–23.
- RODRIGUEZ-LAGUNA N, Reyes-García LI, Moya-Hernández R, Rojas-Hernández A, Gómez-Balderas R. Chemical speciation of the system Cu(II)-indomethacin in ethanol and water by UV-Vis spectrophotometry. *J Chem.* 2016;2016:1–12.
- WEDER JE, Dillon CT, Hambley TW, Kennedy BJ, Lay PA, Biffin JR, Regtop HL, Davies NM. Copper complexes of non-steroidal anti-inflammatory drugs: an opportunity yet to be realized. *Coord Chem Rev.* 2002;232:95–126.
- WILLIAMS P. A. M., Molinuevo M. S., Okulik N., Jubert A. H., Etcheverry S., Synthesis, characterization and biological properties of Vanadyl(IV) complexes of Diclofenac and Indomethacin: an experimental and theoretical study, *Applied Organometallic Chemistry*, 19, 6, 711-718, 2005.

SÍNTESIS DE OXIMAS Y LACTAMAS ESTEROIDALES CON POTENCIAL ACTIVIDAD ANTIPROLIFERATIVA



Thalía Lissette Mora Medina¹, Roxana Martínez Pascua², Hermenegilda Moreno Díaz², Emanuel Hernández Núñez³

¹Maestría en Ciencias Químicas, Universidad del Papaloapan, Tuxtepec, Oaxaca, México, tmoramedina@gmail.com

²Instituto de Química Aplicada, Universidad del Papaloapan, Tuxtepec, Oaxaca, México

³Centro de Investigación y de Estudios Avanzados Unidad Mérida, Mérida, Yucatán, México



Resumen

El cáncer es la tercera causa de muerte en México, siendo de incidencia el cáncer seno y el cáncer de próstata con un 14.3% y 13.1%, respectivamente. Específicamente, el cáncer hormonalmente dependiente se caracteriza por poseer una sobreexpresión de NR's y por ende los hace más sensibles al aplicar terapias hormonales. Los compuestos oxima y lactama esteroidales han mostrado actividades citotóxicas. También, han denotado relevancia como sustratos o ligandos para diversos blancos moleculares. Debido a esto, se propuso sintetizar oximas y lactamas esteroidales, evaluar su actividad citotóxica in vitro y su capacidad inhibitoria in silico. Se logró la síntesis de los compuestos 4, 4b, 5, 5b, 8, 9 y 13 siendo 4 (8.2 μM), 5b (9.5 μM), 8 (7.9 μM) y 13 (25.5 μM) quienes expresaron una mayor actividad citotóxica frente a la línea de cáncer MCF-7. El acoplamiento molecular, reveló una significativa afinidad con las enzimas 17 β -HSD y CYP17A1.

Palabras clave: oximas, lactamas, esteroides, citotoxicidad, acoplamiento.

Antecedentes

Los azahomoesteroides, son una de las tantas clasificaciones de los esteroides y se caracterizan por poseer nitrógenos dentro de la estructura esteroidal y la expansión de alguno de sus anillos. Específicamente, el grupo lactámico presente en los azahomoesteroides es de importancia biológica dado que posee afinidad con los aminoácidos presentes en receptores y/o enzimas (Koutsourea et al., 2008). Por ello, dichos compuestos han sido probados como moléculas que inhiben el crecimiento celular o ciertas enzimas involucradas en la biosíntesis de hormonas como la estrona, estradiol y dihidrotestosterona. Así también, sus precursores oxima han denotado relevancia como agentes citotóxicos dada, en este caso, por el grupo hidroximino (Palmer et al., 2018). Siguiendo con esta misma línea, se sintetizó un 3-hidroximino-7-aza-B-homocolest-4-en-6-ona a partir de análogos de oximas aisladas de esponjas marinas; el cual presentó citotoxicidad frente a diversas líneas celulares (Huang et al., 2014). En años recientes, se logró la síntesis de dos compuestos B-homolactámicos mediante rutas más cortas a las ya reportadas y se evaluaron, junto con sus precursores oxima; frente a las líneas A549 (pulmón), HBL-100 (mama),

HeLa (cervix), SW1573 (pulmón), T-47D (mama) y WiDr (colon). En este trabajo, se concluyó que un grupo acetoxi en C-3 y dos grupos hidroximinicos u oxima le confieren al sistema esteroideal una mayor actividad antiproliferativa (Martínez-Pascual et al., 2017). Para encaminar el diseño racional de compuestos con actividad biológica es de interés el aplicar software predictivos y análisis de acoplamiento molecular que confieran una mayor confianza en la síntesis. En este trabajo, se realizó la síntesis de compuestos esteroideales conteniendo grupos oxima y/o lactama, una evaluación biológica in vitro frente a dos líneas celulares, una línea de células cancerosas y otra línea de células sanas y estudios in silico y predictivos.

Objetivo

Sintetizar compuestos esteroideales con grupos oxima y/o lactama en los anillos A/B (4, 4b, 5, 5b, 8, 9 y 13), evaluar su actividad citotóxica frente a la línea cancerígena de mama MCF-7 y células mononucleares de sangre periférica (CMSP) y analizar su posible interacción con blancos moleculares in silico (5 β -reductasa, 17 β -HSD, CYP19A1 y CYP17A1).

Parte experimental (u otro título similar si es más descriptivo de lo presentado)

Las materias primas y los reactivos, son marca Sigma Aldrich. Mientras que, los disolventes empleados son grado técnico y grado analítico. Los espectros de Resonancia Magnética Nuclear se obtuvieron en un espectrómetro VARIAN MR (400 MHz para 1H y 100 MHz para 13C), Bruker Ascend 500 NMR Spectrometer (500 MHz para 1H y 125 MHz para 13C) y Spinsolve, Magritek Spectrometer 80 NMR (80 MHz para 1H, 20 MHz para 13C). Se empleó cloroformo deuterado (CDCl₃), dimetil sulfóxido deuterado (DMSO-d₆) y acetona deuterada (Acetona-d₆) como disolventes y tetrametilsilano (TMS) como referencia interna. Se realizaron experimentos de 1H, 13C, DEPT y experimentos bidimensionales (COSY, HMBC y HSQC). Los espectros de RMN de 1H fueron definidos como s=simple, d=doble, dd=doble de dobles, ddd=doble de doble de dobles y m=múltiple. Las células MCF-7 para los ensayos biológicos se mantuvieron en criopreservación y las CMSP se obtuvieron mediante donación de muestras sanguíneas. Se cultivaron en placa de 96 pocillos y se incubaron a condiciones estándar de cultivo (5% de CO₂ y una temperatura de 37 °C).

(3E,6E)-3,6-dihidroxiiminocolest-4-eno (4)

θ mp. 141-144 °C; 1H NMR (500 MHz, DMSO-d₆) δ : 6.20 (s, 1H, H-4), 3.17 (dd, 1H, J_{7 β -7 α} = 15.25 Hz, J_{7 β -8 β} = 4.5 Hz, H-7 β), 2.89 (d, 1H, J_{2 α -1 β} = 14 Hz, H-2 α), 0.89 (s, 3H, H-19), 0.88 (d, 3H, J₂₀₋₂₁ = 6.5 Hz, CH₃-21), 0.83 (d, 3H, J_{26,27-25} = 7.0 Hz, CH₃-26 o CH₃-27), 0.82 (d, 3H, J_{26,27-25} = 6.5 Hz, CH₃-26 o CH₃-27), 0.64 (s, 3H, H-18); 13C NMR (125

MHz, DMSO-d₆) δ : 154.4 (C-3), 153.8 (C-6), 145.4 (C-5), 118.9 (C-4), 56.1 (C-14), 55.6 (C-17), 50.5 (C-9), 42.0 (C-13), 39.0 (C-7), 38.4 (C-24), 37.6 (C-12), 35.7 (C-22), 35.3 (C-20), 33.3 (C-1), 32.4 (C-10), 29.1 (C-8), 27.8 (C-16), 27.5 (C-25), 23.7 (C-23), 23.4 (C-15), 22.6 (C-26), 22.4 (C-27), 20.9 (C-11), 18.5 (C-21), 18.4 (C-2), 17.4 (C-19), 11.7 (C-18).

3-aza-3-oxo-6-hidroxiimino-A-homocolest-4-eno (5)

1H NMR (500 MHz, DMSO-d₆) δ : 8.93 (s, 1H, NH), 5.76 (s, 1H, H-4), 0.91 (s, 3H, CH₃-19), 0.88 (d, 3H, J₂₀₋₂₁ = 6.5 Hz, CH₃-21), 0.84 (d, 3H, J_{26,27-25} = 6.5 Hz, CH₃-26 o CH₃-27), 0.83 (d, 3H, J_{26,27-25} = 6.5 Hz, CH₃-26 o CH₃-27), 0.65 (s, 3H, CH₃-18); 13C NMR (125 MHz, DMSO-d₆) δ : 173.4 (C-3), 154.2 (C-6), 149.2 (C-5), 119.1 (C-4), 55.8 (C-14), 54.8 (C-17), 49.6 (C-9), 42.1 (C-13), 41.0 (C-24), 40.1 (C-12), 35.5 (C-1), 35.2 (C-22), 34.0 (C-20), 33.5 (C-2), 27.4 (C-10), 27.3 (C-25), 24.9 (C-16), 24.8 (C-15), 23.2 (C-26 o 27), 22.7 (C-8), 22.4 (C-7), 19.9 (C-23), 18.4 (C-21), 18.1 (C-19), 11.6 (C-18).

(3E,6E)-3,6-dihidroxiiminoespirost-4-eno (4b)

θ mp. 170-180 °C; 1H NMR (400 MHz, CDCl₃) δ : 6.46 (s, 1H, H-4), 4.40 (dd, 1H, J_{15 α -16} = 14.6 Hz, J₁₆₋₁₇ = 7.0 Hz, H-16), 3.45 (dd, 1H, J_{25 α -26 β} = 2.8 Hz, J_{26 β -26 α} = 8.0 Hz, H-26 β), 3.35 (dd, 1H, J_{25 α -26 α} = 8.2 Hz, J_{26 α -26 β} = 16.6 Hz, H-26 α), 3.33 (dd, 1H, J_{7 β -7 α} = 15.0 Hz, J_{7 β -8 β} = 4.5 Hz, H-7 β) 3.06 (d, 1H, J = 20.5 Hz, H-2); 13C NMR (100 MHz, CDCl₃) δ : 156.6 (C-6), 154.2 (C-3), 147.0 (C-5), 119.5 (C-4), 109.4 (C-22), 80.6 (C-16), 66.8 (C-26), 61.8 (C-14), 56.3 (C-17), 51.1 (C-9), 41.6 (C-20), 40.4 (C-13), 39.4 (C-1), 38.3 (C-10), 33.5 (C-12), 32.5 (C-8), 31.5 (C-15), 31.2 (C-23), 30.2 (C-25), 29.8 (C-7), 28.7 (C-24), 21.0 (C-11), 18.6 (C-2), 17.5 (C-19), 17.1 (C-27), 16.3 (C-18), 14.4 (C-21).

3-aza-3-oxo-6-hidroxiimino-A-homoespirost-4-eno (5b)

1H NMR (400 MHz, CDCl₃) δ : 9.21 (sa, 1H, OH), 7.72 (s, 1H, NH), 5.93 (s, 1H, H-4), 4.33 (dd, 1H, J_{15 α -16} = 16 Hz, J₁₆₋₁₇ = 7.6 Hz, H-16), 3.45 (dd, 1H, J_{25 α -26 β} = 5.2 Hz, J_{26 β -26 α} = 4.4 Hz, H-26 β), 3.34 (dd, 1H, J_{25 α -26 α} = J_{26 α -26 β} = 11.2 Hz, H-26 α), 2.92 (dd, 1H, J_{7 β -7 α} = 18.2 Hz, J_{7 β -8 α} = 3.2 Hz, H-7), 1.03 (s, 3H, CH₃-19), 0.93 (d, 3H, J₂₀₋₂₁ = 7.6 Hz, CH₃-21), 0.77 (s, 3H, CH₃-18), 0.76 (d, 3H, J₂₅₋₂₇ = 6.4 Hz, CH₃-27); 13C NMR (100 MHz, CDCl₃) δ : 175.5 (C-3), 155.9 (C-6), 149.6 (C-5), 120.2 (C-4), 109.1 (C-22), 79.8 (C-16), 66.9 (C-26), 62.3 (C-17), 55.4 (C-14), 50.5 (C-9), 41.8, 50.0, 40.5, 40.2, 39.7, 33.9, 33.5, 32.5, 31.3, 30.2, 28.7, 22.8, 20.1, 18.3, 17.1, 16.2, 14.5.

(6Z)-23-acetil-22,26-epoxi-6-hidroxiiminocolest-4,22-dien-3 β ,16 β -diilo (8)

θ mp. 185 °C; 1H NMR (500 MHz, DMSO-d₆) δ : 10.27 (sa,

1H, OH), 5.63 (s, 1H, H-4), 5.16 (ddd, 1H, $J_{15\beta-16} = 1.5$ Hz, $J_{15\alpha-16} = J_{16-17} = 6$ Hz, H-16), 4.96 (m, 1H, H-3), 3.97 (m, 2H, H-20, H-26 β), 3.38 (dd, 1H, $J_{25-26\alpha} = J_{26\beta-26\alpha} = 10$ Hz, H-26 α), 2.33 (dd, 1H, $J_{7\alpha-7\beta} = 15.7$ Hz, $J_{7\beta-8} = 4.0$ Hz, H-7 β), 2.12 (s, 3H, CH₃-232), 2.02 (s, 3H, CH₃CO₂-3), 1.77 (s, 3H, CH₃CO₂-16), 1.09 (d, 3H, $J_{20-21} = 7$ Hz, CH₃-21), 0.90 (d, 3H, $J_{25-27} = 6.5$ Hz, CH₃-27), 0.88 (s, 3H, CH₃-19), 0.82 (s, 3H, CH₃-18). ¹³C NMR (125 MHz, DMSO-d₆) δ : 197.7 (C-231), 170.2 (C-22), 169.7 (CH₃COO-3), 169.3 (CH₃COO-16), 151.8 (C-6), 138.5 (C-5), 125.8 (C-4), 106.8 (C-23), 74.1 (C-16), 70.8 (C-3), 69.6 (C-26), 55.2 (C-17), 52.8 (C-14), 41.9 (C-9), 39.5 (C-12), 38.2 (C-13), 37.8 (C-1), 35.1 (C-10), 34.3 (C-15), 33.5 (C-20), 33.2 (C-24), 32.1 (C-7), 30.6 (C-8), 29.6 (C-232), 26.0 (C-2), 24.1 (C-25), 21.0 (CH₃COO-3), 20.8 (CH₃COO-16), 20.3 (C-11), 19.2 (C-21), 18.2 (C-19), 16.6 (C-27), 12.8 (C-18).

Diacetato de (25R)-23-acetil-6a-aza-22,26-epoxi-6-oxo-B-homocolest-5,22-dien-3 β ,16 β -diilo (9)

θ mp. 140°C-146 °C; ¹H NMR (500 MHz, CDCl₃) δ : 6.23 (dd, 1H, $J_{7\alpha-NH} = J_{7\beta-NH} = 3$ Hz, NH), 5.93 (d, 1H, $J_{3\alpha-4} = 3$ Hz, H-4), 5.24 (dd, 1H, $J_{2\alpha-3\alpha} = J_{3\alpha-4} = 4.2$ Hz, H-3), 5.06 (ddd, 1H, $J_{15\beta-16} = 4$ Hz, $J_{15\alpha-16} = J_{16-17} = 7.7$ Hz, H-16), 4.08 (m, 1H, H-20), 3.96 (dd, 1H, $J_{25-26\beta} = 2.5$ Hz, $J_{26\alpha-26\beta} = 10.5$ Hz, H-26 β), 3.41 (dd, 1H, $J_{25-26\alpha} = J_{26\beta-26\alpha} = 10$ Hz, H-26 α), 2.94 (dd, 1H, $J_{NH-7\alpha} = 7.5$ Hz, $J_{7\beta-7\alpha} = 13.5$ Hz, H-7 α), 2.79 (ddd, 1H, $J_{7\alpha-7\beta} = 15.0$ Hz, $J_{NH-7\beta} = 4$ Hz, $J_{7\alpha-7\beta} = J_{7\beta-8\beta} = 10.5$ Hz, H-7 β), 2.16 (s, 3H, C-232), 2.01 (s, 3H, CH₃CO₂-3), 1.82 (s, 3H, CH₃CO₂-16), 1.13 (d, 3H, $J_{20-21} = 6.5$ Hz, CH₃-21), 1.10 (s, 3H, CH₃-19), 0.93 (d, 3H, $J_{25-27} = 6.5$ Hz, CH₃-27), 0.89 (s, 3H, CH₃-18). ¹³C NMR (125 MHz, CDCl₃) δ : 198.3 (C-231), 174.8 (C-6), 170.8 (C-22), 170.6 (CH₃COO-3), 170.5 (CH₃COO-16), 149.8 (C-5), 125.1 (C-4), 106.9 (C-23), 74.5 (C-16), 71.5 (C-26), 65.0 (C-3), 55.9 (C-17), 50.6 (C-14), 50.5 (C-9), 46.5 (C-7), 42.5 (C-13), 39.5 (C-12), 38.7 (C-8), 36.4 (C-10), 35.4 (C-15), 32.7 (C-20), 31.5 (C-24), 30.1 (C-1), 29.7 (C-232), 26.5 (C-25), 23.6 (C-2), 22.5 (C-11), 21.3 (CH₃COO-3), 21.1 (CH₃COO-16), 19.9 (C-19), 19.2 (C-21), 16.8 (C-27), 12.9 (C-18).

(3Z,6Z)-3,6-dihidroxiimino-5 α -colest-5-ol (13)

¹H NMR (500 MHz, DMSO-d₆) δ : 10.52 (s, 1H, NOH), 10.07 (s, 1H, NOH), 4.87 (s, 1H, OH), 2.99 (m, 2H, H-4 α , H-4 β), 2.24 (d, 1H, H-7), 1.24 (d, 1H, H-2), 0.88 (d, 3H, $J_{21-20} = 6.0$ Hz, CH₃-21), 0.84 (d, 3H, $J_{26,27-25} = 2.5$ Hz, CH₃-26 o CH₃-27), 0.85 (d, 3H, $J_{26,27-25} = 2.5$ Hz, CH₃-26 o CH₃-27), 0.79 (s, 3H, CH₃-19), 0.61 (s, 3H, CH₃-18). ¹³C NMR (125 MHz, DMSO-d₆) δ : 159.2 (C-6), 155.9 (C-3), 75.5 (C-5), 55.9 (C-14), 55.6 (C-17), 44.4 (C-9), 42.5 (C-13), 41.5 (C-24), 40.1 (C-12), 38.9 (C-10), 35.6 (C-22), 35.2 (C-20), 34.5 (C-8), 31.2 (C-1), 29.3 (C-4), 27.9 (C-25), 27.4 (C-2), 24.8 (C-16), 23.7 (C-15), 22.7 (C-23), 22.4 (C-26, C-27), 20.9 (C-11), 19.2 (C-7), 18.5 (C-21), 13.4 (C-19), 11.8 (C-18).

Resultados y discusión

Mediante los experimentos de ¹H, ¹³C y bidimensionales fue posible corroborar las estructuras propuestas. En el caso de las moléculas 4, 4b, 8 y 13 se estableció la estereoquímica de los grupos oxima, debido a los desplazamientos de RMN de ¹H. De acuerdo a la literatura, cuando se tienen grupos oxima (C=NOH); éstas poseen una estereoquímica similar a la descrita para los alquenos (E y Z).

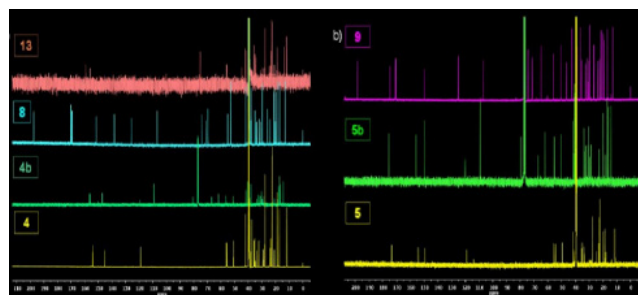


Fig. 1. Espectros de RMN de ¹³C de los compuestos 4, 4b, 5, 5b, 8, 9 y 13.

En los espectros de RMN de ¹H, es posible diferenciar ambas estereoquímicas debido a los desplazamientos químicos de los protones adyacentes al grupo oxima, por ejemplo, cuando un grupo oxima está en C-6, uno de los protones de C-7 se mueve alrededor de 3.0 ppm para el isómero E y alrededor de 2.4 ppm para el isómero Z (Thi Ha et al., 2019). Cosa similar pasa, cuando el grupo oxima se encuentra en C-3, moviéndose los H-2 en regiones similares en el espectro para cada una de las estereoquímicas (Cui et al., 2017). En este caso en particular, los compuestos 4 y 4b poseen una estereoquímica E,E; el compuesto 8, una estereoquímica Z y el compuesto 13, una estereoquímica Z,Z. Al tratar a los grupos oxima con SOCl₂ en dioxano, se favoreció la transposición de Beckmann obteniendo así un grupo lactama que fue corroborado por los espectros de RMN de ¹³C en donde se observó la señal alrededor de 175 ppm característica para carbonilos lactámicos (Figura 1).

Compuesto	C _{Iso} (μM)	
	MCF-7	CMSP
4	8.2	>100
4b	41.6	84.5
5	33.3	>100
5b	9.5	>100
8	7.9	>100
9	51.5	52.5
13	25.5	>100

Tabla 1. Capacidad citotóxica de los compuestos 4, 4b, 5, 5b, 8, 9 y 13 frente a las líneas MCF-7 y CMSP.

Una vez que los compuestos esteroidales se lograron aislar e identificar, se procedió a realizar el ensayo biológico *in vitro* mediante la técnica colorimétrica de MTT. Dicha técnica, se basa en un proceso oxido-reducción, en donde, su forma reducida (formazano del MTT) cristaliza y éstos cristales quedan retenidos en la célula. Por tanto, la concentración del formazano de MTT es equiparable a la viabilidad de las células. Para este trabajo, la clasificación se basó en la actividad citotóxica (expresada como CI50) del H₂O₂, el cual se utilizó como referencia o control positivo. En general, la línea cancerosa MCF-7 mostró una mayor sensibilidad a los compuestos oxima y lactama esteroidales en comparación con la línea de células normales (CMSP); denotando con ello, cierta selectividad de los compuestos evaluados. En particular, el compuesto 8, denota un mayor carácter citotóxico en la línea de cáncer de seno (MCF-7: 7.9 μ M; CMSP: >100 μ M) infiriendo que un grupo oxima en C-6 y la modificación de la cadena lateral teniendo un epóxido de seis miembros potenciaron dicha capacidad y al perder este grupo oxima; como es el caso de 9, perdió o le resto actividad. Ahora bien, comparando los compuestos 4, 4b y 13, se infiere que el Δ 5 y la cadena lateral tipo colestánica potencian la actividad citotóxica en las células MCF-7. Sin embargo, al pasar a las A-homolactamas, la cadena lateral tipo espirostánica tiene relevancia (5b vs 5 y 9).

PDB	Proteína	Energía de afinidad (Kcal/mol)	Energía de afinidad de ligandos (Kcal/mol)	
			5	5b
3BUR	5 β -reductasa	TES: -4.5	11.3	69.5
3HB5	17 β -HSD	E ₂ B: -13.4	-9.0	-9.4
3S79	CYP19	ASD: -13.2	-3.8	3.1
3SWZ	CYP17	TOK: -12.9	-10.1	-10.8

Tabla 2. Energías de afinidad de los compuestos 5 y 5b obtenidos en el acoplamiento.

En el caso de otro posible mecanismo por el cual los compuestos esteroidales denotan frente al cáncer, está el de inhibir a enzimas que sintetizan hormonas esteroidales que inducen la proliferación de células dañadas. Para ello, se empleó un análisis de acoplamiento molecular de los compuestos 4, 4b, 5, 5b, 8, 9 y 13 con las enzimas 5 β -reductasa, 17 β -HSD, CYP19 y CYP17. En este contexto, los compuestos con mejores valores de afinidad y que denotan un proceso espontáneo al interactuar con los residuos de aminoácidos de las enzimas fueron 5 y 5b (Tabla 2).

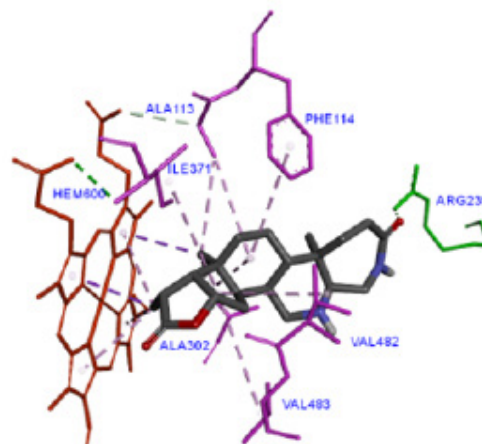


Fig.2. Acoplamiento molecular del ligando 5b con la enzima CYP17.

Específicamente, 5b mostró interacciones por puente de hidrógeno con el aminoácido Arg239 e interacciones Pi-Sigma con el grupo prostético indicando con ello que se pudo situar en el sitio catalítico de la enzima (Figura 2)

Conclusiones

Los compuestos oxima y lactama sintetizados mostraron una capacidad citotóxica significativa y además selectiva frente a la línea celular de cáncer de seno MCF-7, la cual es una línea dependiente de hormonas. En este caso en particular el compuesto 8, destaca del resto infiriendo con ello que el grupo oxima en C-6 y la modificación de la cadena lateral en conjunto causan la muerte celular vía señalizaciones.

En el caso de la inhibición enzimática, evaluada de forma *in silico*, teniendo como blancos moleculares a las enzimas 5 β -reductasa, 17 β -HSD, CYP19 y CYP17; los compuestos mostraron energías de afinidad importantes frente a dos de ellas (17 β -HSD y CYP17), destacando al compuesto 5b.

Debido a que el compuesto 5b, obtuvo un CI50 destacable y una energía de afinidad importante frente a dos enzimas relacionadas íntimamente con el cáncer hormonodependiente, sería de gran interés continuar con ensayos *in vivo* de citotoxicidad, ensayos *in vitro* de inhibición y la síntesis de derivados que contengan un grupo lactama y un grupo oxima para así obtener una librería de compuestos estructuralmente similares.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la beca nacional y beca de movilidad CONACYT otorgada durante el periodo de maestría.

Referencias

- KOUTSOUREA, A; Fousteris, M; Arsenou, E; Papageorgiou, A; Pairas, G; Sotiris; Nikolaropoulou, S. (2008). Rational design, synthesis, and in vivo evaluation of the antileukemic activity of six new alkylating steroidal esters. *Bioor. Med. Chem.*, 16, 5207-5215.
- PALMER, R.A; Lisgarte D.R; Cockcroft, J.K; Lisgarten, J.N; Talbert, R; Dines, T; Bansal, R; Acharya, P; Suryan, A. (2018). Crystal and molecular structure and DFT calculations of the steroidal Oxime 6E-hydroximinandro-4-ene-3,17-dione (C₁₉H₂₅NO₃) a molecule with antiproliferative activity. *J. Chem Crystallography*.
- HUANG, Y; Cui, J; Chen, S; Lin, Q; Song, H; Gan, C; Su, B; Zhou, A. (2014). Synthesis and evaluation of some new aza-B-homocholestane derivatives as anticancer agents. *Mar. Drugs.*, 12, 1715-1731.
- MARTÍNEZ-PASCUAL, R; Meza-Reyes, S; Vega-Baez, J; Merino-Montiel, P; Padrón, J; Mendoza, A; Montiel-Smith, S. (2017). Novel synthesis of steroidal oximes and lactams and their biological evaluation as antiproliferative agents. *Steroids.*, 1-27.
- THI Ha, D; Salvaraja, B; Quoc Long, P; Quang, N.D; Nghi, D.H; Wook, L.J; Thu Thuy, T.T. (2019). Synthesis of two new hydroximinosteroids from cholesterol and their biological evaluation. *Vietnam J. Sci. Techno.*, 57, 527-538.
- CUI, J; Huang, L; Fan, L; Zhou, A. (2017). A facile and efficient synthesis of some (6E)-hydroximin-4-en-3-one steroids, steroidal oximes from *Cinachyrella* spp. sponges. *Chemistry Faculty Publications.*, 374.

ACTIVACIÓN DE UN PALADACICLO-CNP ASIMÉTRICO COMO PRECURSOR CATALÍTICO EN EL ACOPLAMIENTO MIZOROKI-HECK UTILIZANDO IRRADIACIÓN INFRARROJA



Zavala Villafranca Olkan Nezzo¹, Penieres Carrillo José Guillermo¹, Ortega Jiménez Fernando*¹.

¹Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México, olkan_26@hotmail.com.



Antecedentes

Resumen

Este trabajo muestra los resultados sobre la síntesis y caracterización de un complejo ciclopaladado derivado de la N,N-difenilhidrazona del 2-(difenilfosfino)benzaldehído; así como su evaluación catalítica en la reacción de acoplamiento de Mizoroki-Heck activado por irradiación infrarroja (irradiación-IR) empleando una serie de halogenuros de arilo, acrilato de metilo y/o acronitrilo. Los resultados indican que la irradiación-IR logra activar el paladaciclo para catalizar de manera eficiente la reacción de acoplamiento Mizoroki-Heck bajo condiciones aeróbicas. Los productos de acoplamiento se obtuvieron con excelentes rendimientos y en tiempos cortos de reacción, catalogando al paladaciclo como un buen catalizador de alta eficiencia para este tipo de acoplamiento. Finalmente, los resultados muestran que la irradiación-IR puede ser considerada como una alternativa económica y accesible para promover dicho acoplamiento.

Palabras clave: Irradiación-IR, Paladaciclo-CNP, Catálisis, Acoplamiento Mizoroki-Heck.

Los paladaciclos (Dupont y Pfeffer, 2008) son una clase primordial de compuestos organometálicos que, en los últimos años, han surgido como valiosos dispositivos en la preparación de sustancias químicas, especialmente en el proceso de acoplamiento cruzado que conduce a la formación de enlaces carbono-carbono (Morales- Morales, 2007, Negishi, 2002). Esta clase de compuestos han adquirido gran interés debido a la actividad biológica que poseen algunos de estos, por ejemplo, a su uso como drogas antitumorales (Gómez-Quiroga, 2004) y por sus aplicaciones en otras áreas tales como la fotoquímica, (Lo, 2003), la química supramolecular, (Guerrero, 2013), las resoluciones ópticas, (Albert, 1995), la ingeniería de materiales (Bedford, 2004) y por su uso en catálisis química, (Campagne y Prim, 2001) entre otras.

Su uso como sistemas catalíticos se ha visto reflejado en las denominadas reacciones de acoplamiento cruzado, tales como la reacción de Mizoroki-Heck, Negishi y Suzuki-Miyaura, estas reacciones son esenciales ya que conducen a la formación de enlaces C-C lo que ha permitido la obtención de moléculas grandes y complejas (Campagne y Prim, 2001).

En particular, reacción de Heck o Mizoroki-Heck (Oestreich, 2009) es una de las estrategias más valiosas y destacadas para en la síntesis de moléculas complejas. En este tipo de

acoplamiento, comúnmente se emplean complejos de paladio con ligantes fosfinas como sistemas catalíticos (Bedford et al., 2004). Sin embargo, el costo y la sensibilidad de las fosfinas al aire y a la humedad han dado lugar al desarrollo de nuevos sistemas catalíticos.

Por otro lado, nuevas metodologías basadas en fuentes no convencionales al calentamiento tales como las microondas, (Kappe, et al., 2009), el ultrasonido (Nowak, 2011) y los microreactores (Wladimir 2013) han obtenido la atención creciente en los últimos años. En este contexto la irradiación-IR ha sido utilizada en química desde hace mucho tiempo, empezando como herramienta para la elucidación de estructuras químicas, pero en años recientemente ha sido evaluada como una alternativa viable para promover reacciones químicas (Escobedo, et al., 2016).

Recientemente, nuestro equipo de trabajo informó sobre el uso de la irradiación-IR en el acoplamiento tipo Mizoroki-Heck y Suzuki-Miyaura dando excelentes resultados empleando como catalizadores complejos ciclopaladados y demostrando que es posible promover dichos acoplamientos usando la irradiación-IR (Ortega Jiménez, et al., 2015; Camacho-Espinoza, et al., 2019).

Continuando con el interés en el empleo de paladacillos en reacciones de acoplamiento promovidas por irradiación-IR, en este trabajo se presentan los resultados sobre la activación de un paladacillo asimétrico derivado de una arilhidrazona tridentada [CNP] como precursor catalítico en el acoplamiento Mizoroki-Heck con la finalidad de proporcionar nuevos sistemas catalíticos para dicho acoplamiento y contribuir al uso de la irradiación-IR como fuente alterna de activación para promover reacciones de acoplamiento.

Objetivo

Emplear la irradiación-IR como fuente de activación de un paladacillo-CNP asimétrico como precursor catalítico en el acoplamiento Mizoroki-Heck, con la finalidad contribuir al uso de la irradiación-IR como fuente alterna de activación para promover reacciones de acoplamiento.

Parte experimental

Materiales y equipo.

Todos los reactivos empleados fueron marca Aldrich y se emplearon sin ningún tratamiento previo. El monitoreo de las reacciones se realizó mediante CCF (cromatografía en capa fina) utilizando cromatofolios de 0.25 mm marca Macherey-Nagel, empleando luz ultravioleta (λ 254nm) como revelador. La purificación de algunos productos obtenidos se realizó por medio de cromatografía en columna empleando como fase estacionaria gel de sílice (malla

70-230) y utilizando diferentes gradientes hexano/acetato de etilo como fase móvil.

Los espectros de Resonancia Magnética Nuclear (RMN) de ^1H (300 MHz), ^{13}C (75 MHz) se determinaron en un espectrómetro Varian +300 MHz, utilizando como disolventes cloroformo (CDCl_3) y diclorometano (CD_2Cl_2) deuterados los desplazamientos químicos (δ) se expresan en partes por millón (ppm) relativo al TMS (tetrametilsilano), usado como referencia interna.

El equipo infrarrojo fue reproducido según lo informado con anterioridad por el equipo de trabajo (Ortega Jiménez, et al., 2015; Camacho-Espinoza, et al., 2019).

Preparación del complejo ciclopaladado

Para la síntesis del paladacillo se utilizó la metodología previamente informada por el equipo de investigación (Molina, 2018).

En un matraz de bola de 50 mL se colocaron dos equivalentes (0.0128g) de NaCl y un equivalente (0.02g) de PdCl_2 en 5 mL de metanol, la mezcla se somete a agitación constante durante una hora. Posteriormente se agrega un equivalente (0.05g) de la N,N-difenilhidrazona del 2-difenilfosfinbenzaldehído previamente disuelta en 1 mL de diclorometano, la mezcla de reacción se deja en agitación por 72 horas. El sólido naranja formado es filtrado a vacío y lavado con metanol frío, obteniéndose el producto puro como un sólido cristalino.

Metodología general para la reacción de acoplamiento Mizoroki-Heck.

En un matraz de bola 50 mL se colocan 1 mmol de halogenuro de arilo correspondiente, 1.5 mmol de acrilato de metilo y/o acrilonitrilo, 1 mmol base y el complejo ciclopaladado (1) en 4 mL de disolvente, la mezcla de reacción se coloca a reflujo utilizando irradiación-IR (ver tablas 1-3).

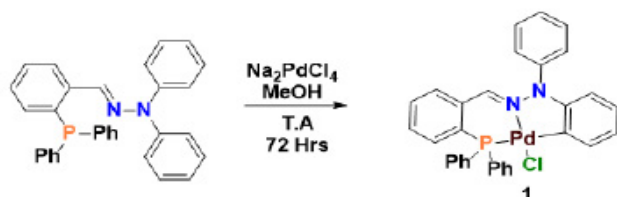
La reacción se sigue por medio de cromatografía en capa fina (CCF) y una vez consumidas las materias primas, se enfría la reacción, se adicionan 10 mL de agua y se realiza una extracción líquido-líquido empleando Hexano o AcOEt (3 x 10 mL). La fase orgánica se seca con Na_2SO_4 anhidro y se elimina el disolvente por medio de la utilización del rotavapor. Los productos obtenidos se purifican por cromatografía en columna con gel sílice como fase estacionaria y una elución como fase móvil de hexano.

Los productos de acoplamiento fueron caracterizados por punto de fusión y Resonancia Magnética Nuclear de ^1H y los datos están de acuerdo con lo informado en la literatura (Diebold, et. al., 2010), (Tomašić, et. al., 2011),

(François-Xavier, et al., 2010), (Ritsuo, 2004), (Bernini, et. at., 2008), (Paul, et. al., 2013).

Resultados y discusión

Con la finalidad de extender el estudio sobre el uso de paladacilos asimétricos como catalizadores en reacciones de acoplamiento y el uso de la irradiación-IR para promover este tipo de reacciones y seguir contribuyendo en estas áreas de la química, en primera instancia se llevó cabo la síntesis del paladacilo tipo pinza 1, medio de la reacción de ciclopaladación entre la N,N-difenilhidrazona del 2-(difenilfeno) benzaldehído y Na₂PdCl₄, (Esquema 1).



Esquema 1. síntesis del complejo 1

El paladacilo fue obtenido como un sólido cristalino de color naranja, fue caracterizado por medio de su punto de fusión y empleando técnicas espectroscópicas convencionales de IR, EM y RMN de ¹H y ¹³C, los datos de están de acuerdo con lo informado en la literatura (Molina, 2018).

La estructura del complejo que se representa en la figura 1 y muestra en su arquitectura molecular una parte que le aportan densidad electrónica sobre el átomo de paladio con lo cual se podría favorecer la adición oxidativa en el proceso de acoplamiento, contiene además dos grupos donadores P y N que le brindan estabilidad este último proviene del grupo hidrazona que le permite ser estable en condiciones aerobias, un anillo de seis miembros y uno de cinco que le brindan una considerable estabilidad a la molécula, por último posee dos brazos hemilábiles de diferente naturaleza lo que pueden permitir la formación de una especie de Pd(0), además de estabilizar diferentes intermediarios de reacción durante el proceso catalítico.



Fig. 1. Características estructurales del paladacilo 1.

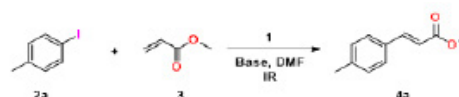
El potencial del complejo ciclopaladado 1 como precursor catalítico en el acoplamiento de Mizoroki-Heck fue estudiado empleando como modelo la reacción entre el 4-yodotolueno (2a) y acrilato de metilo (3). Debido a que el complejo no es sensible al aire, las reacciones se pudieron realizar en atmósfera abierta, se evaluaron los diferentes parámetros (Tabla 1) empleando como fuente de calentamiento irradiación-IR, los resultados se muestran en la Tabla 1. El seguimiento de reacción fue monitoreado por cromatografía en capa fina (CCF) para determinar el tiempo de óptimo.

En primera instancia se llevó a cabo el estudio del tipo de base (Tabla 1 ensayos 1-4), se empleó una concentración del 0.02 % mol del paladacilo 1 en 4 mL dimetil formamida (DMF) como disolvente. Los resultados muestran el mejor rendimiento se obtiene cuando se emplea trietilamina amina como base bajo las condiciones de reacción descritas (Tabla 1, ensayo 4). Dado estos resultados se concluye que la mejor base para este sistema es la Et₃N.

El efecto del disolvente se evaluó con 5 experimentos usando DMF, dimetil acetamina (DMA), N-metilpirrolidona (NMP), Dioxano y Tolueno (Tabla 1 ensayos 4-8).

Los datos, muestran que los mejores rendimientos se obtienen cuando se emplea como disolvente DMA y DMF (ensayos 4 y 5). No obstante, aunque no hay una diferencia significativa en el rendimiento, se decide como mejor disolventes a la DMF debido a que es más fácilmente biodegradable a diferencia de la DMA.

Una vez determinada la mejor base y disolvente para llevar a cabo el acoplamiento tipo Mizoroki-Heck, se realizó un estudio para determinar la mejor concentración de sistema catalítico.



Ensayo	Catalizador (% mol)	Base	Disolvente	Rendimiento (%)	Tiempo (min) ^a	TON ^b	TOF (h ⁻¹) ^c
1	0.02	K ₂ PO ₄	DMF	65	20	3200	9600
2	0.02	K ₂ CO ₃	DMF	45	20	2500	6750
3	0.02	KOAc	DMF	75	20	3750	11250
4	0.02	Et ₃ N	DMF	82	20	4100	12300
5	0.02	Et ₃ N	DMA	83	20	4150	12450
6	0.02	Et ₃ N	NMP	77	20	3850	11550
7	0.02	Et ₃ N	Dioxano	75	20	3750	11250
8	0.02	Et ₃ N	Tolueno	32	20	1600	4800
9	0.5	Et ₃ N	DMF	82	10	164	934
10	0.25	Et ₃ N	DMF	90	10	260	2160
11	0.1	Et ₃ N	DMF	88	10	880	5280
12	0.05	Et ₃ N	DMF	87	10	1740	10440
13	0.01	Et ₃ N	DMF	35	20	3500	10500
14*	0.02	Et ₃ N	DMF	81	20	4050	12150
15*	0.02	Et ₃ N	DMF	75	60	3750	3750
16*	0.02	Et ₃ N	DMF	5670	razas	-	-

^aCondiciones de reacción: 1 mmol 4-yodotolueno, 1.5 mmol de acrilato de metilo, 1 mmol de base, 4 mL disolvente, IR como fuente de activación. ^bSe utilizó una solución estándar preparada del complejo 1 en DMF 5 X 10⁻³ M. ^cRendimiento del producto puro aislado. ^dDeterminado por CCF. TON = moles de producto formado entre moles de catalizador usado. TOF = TON/t (h). La reacción fue conducida con una hora de precisión. *La reacción fue conducida empleando calor convencional. La reacción fue conducida a temperatura ambiente.

Tabla 1. Optimización de la reacción de acoplamiento tipo Mizoroki-Heck.a

Los resultados muestran excelentes resultados cuando se emplea una concentración de 0.5, 0.25, 0.1, 0.05 y 0.02% mol del paladaciclo (Tabla 1, ensayos 9-12); no obstante, al bajar la concentración del sistema catalítico al 0.01% mol, el rendimiento se ve disminuido al 35%, además que el tiempo de reacción se incrementa ligeramente (Tabla 1 ensayo 13). Si bien en general los datos muestran excelente resultados, las concentraciones 0.05 y 0.02% mol (Tabla 1, ensayos 5 y 12) presentan mejores resultados con valores de número de recambio y el frecuencia de rotación (mejor conocidos como TON y TOF respectivamente por su siglas en ingles) de 103 lo cual indique que bajo estas condiciones el paladaciclo se considera un catalizador de actividad alta; sin embargo, el resultado del ensayo 5 muestra el mejor valor de actividad alcanzando una mejor eficacia y actividad del sistema catalítico, motivo por el cual se decide que la mejor concentración de sistema catalítico es de 0.02% mol (Tabla 1, ensayo 5).

Es importante resaltar que bajo estas condiciones de reacción no se observó la descomposición del catalizador, como se ha visto en otros ejemplos de reacciones de acoplamiento C-C, no obstante, se logran observar cambios de color durante el transcurso de la reacción, por lo que, de acuerdo con estudios previos, es posible que la reacción proceda a través de la formación de nanopartículas de paladio solubles. Para descartar esta posibilidad, llevamos a cabo el experimento de la gota de mercurio utilizando las mejores condiciones de reacción y observamos que el rendimiento del catalizador no presenta una diferencia apreciable con o sin la presencia de Hg (Tabla 1, ensayo 14). Estos resultados indican que no hay formación de nanopartículas solubles de paladio, además prueba que una catálisis heterogénea no está involucrada (Ramírez-Rave, et. al., 2017).

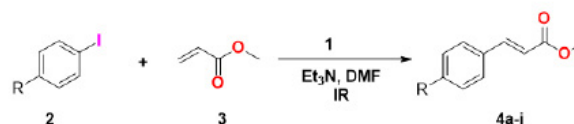
Con la finalidad de conocer el papel de la irradiación-IR en la activación de este acoplamiento empleando el paladaciclo 1, se realizaron dos experimentos adicionales; el primero se llevó a cabo bajo condiciones de reflujo usando calentamiento térmico convencional (Tabla 1, entrada 15), proporcionando el producto de acoplamiento en un 75% rendimiento después de 60 minutos. En el segundo experimento, se realizó a temperatura ambiente (Tabla 1, entrada 16), en este caso después de 96 h de reacción solo se lograron observar trazas en la formación del compuesto 4a.

Una vez establecidas las condiciones óptimas de reacción para el acoplamiento Mizoroki-Heck y con la finalidad de extender el uso de la irradiación-IR en este tipo de reacción y del paladaciclo 1 como catalizador en la de reacción ya mencionada, se evaluó el acoplamiento empleando una serie de yoduros de arilo (4) en presencia de acrilato de metilo (3), los resultados se preentan en la tabla 2.

Los resultados de la tabla 2 muestra que los rendimientos son excelentes en general, así como los tiempos de reac-

ción, lo que lo califica como un protocolo eficiente para la reacción de acoplamiento Mizoroki-Heck vía la síntesis de ésteres cinámicos monosustituídos.

Una estimación aproximada de la reacción cinética se expresa a través de los valores de TON y TOF. Para determinar la eficiencia del sistema catalítico dentro de la reacción de acoplamiento tipo Mizoroki-Heck, se determinaron los valores correspondientes de TON y TOF de cada producto obtenido. Se puede observar que tanto los sustituyentes electrodonadores como electroattractores mostraron valores alrededor de 103, lo que significa una actividad catalítica alta por parte de paladaciclo 1.

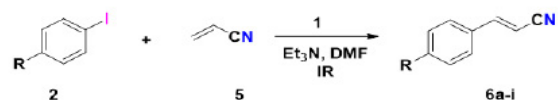


Ensayo	Grupo (R)	Compuesto	Tiempo (min) ^b	Rendimiento (%) ^c	TON ^d	TOF (h ⁻¹) ^e
1	CH ₃	4a	10	82	4100	24600
2	OCH ₃	4b	20	87	4350	13050
3	NH ₂	4c	20	94	4700	14100
4	H	4d	40	80	4000	6000
5	Ac	4e	20	87	4350	26100
6	Br	4f	40	63	3150	9450
7	AcOMe	4g	20	73	3650	21900
8	NO ₂	4h	30	74	3700	7400
9	CN	4i	40	94	4700	7050

^aCondiciones de reacción: 1 mmol halogenuro de arilo, 1.5 mmol de acrilato de metilo, 1 mmol de Et₃N, 4 mL DMF, IR como fuente de activación. ^bDeterminado por CCF. ^cRendimiento del producto puro aislado. ^dTON = moles de producto formado entre moles de catalizador usado. ^eTOF = TON/t (h).

Tabla 2. Acoplamiento Mizoroki-Heck empleando una serie de diferentes de yoduros de arilo y acrilato de metilo.a

Por otra parte, y con el objetivo de observar el potencial catalítico del complejo 1 así como el uso de irradiación-IR en el acoplamiento Mizoroki-Heck, se evaluó la reacción empleando una serie de yoduros de arilo (4) en presencia de acrilonitrilo (5), utilizando las condiciones óptimas de reacción, los resultados se muestran en la Tabla 3.



Ensayo	Grupo (R)	Compuesto	Tiempo (min) ^b	Rendimiento (%) ^c	TON ^d	TOF (h ⁻¹) ^e
1	CH ₃	6a	40	82	4100	6150
2	OCH ₃	6b	50	83	4150	4980
3	NH ₂	6c	80	99	4950	3712
4	H	6d	40	92	4600	6900
5	Ac	6e	60	97	4850	4850
6	Br	6f	40	80	4000	6000
7	AcOMe	6g	60	99	4950	4950
8	NO ₂	6h	60	92	4600	4600
9	CN	6i	40	93	4650	6975

^aCondiciones de reacción: 1 mmol halogenuro de arilo, 1.5 mmol de acrilonitrilo, 1 mmol de Et₃N, 4 mL DMF, IR como fuente de activación. ^bDeterminado por CCF. ^cRendimiento del producto puro aislado. ^dTON = moles de producto formado entre moles de catalizador usado. ^eTOF = TON/t (h).

Tabla 3. Acoplamiento Mizoroki-Heck empleando una serie de diferentes de yoduros de arilo con acrilonitrilo.a

De acuerdo con los resultados de la tabla 3, se logra observar que la reacción de acoplamiento tipo Mizoroki-Heck

se lleva a cabo en excelentes rendimientos por arriba 80 % en todos los casos, aunque que el tiempo de reacción se incrementa un poco a diferencia de los compuestos 5 (Tabla 2), los valores de TON y TOF son del orden de 103, lo que significa también una actividad catalítica alta por parte de paladaciclo 1, empleando estos sustratos. Además, muestra que el sistema catalítico puede ser aplicado para la síntesis de otros sistemas alquencilicos.

Los compuestos de acoplamiento 5 y 6 fueron caracterizados medio de RMN de ^1H y ^{13}C y los datos están de acuerdo con lo informado previamente en la literatura (Diebold, et. al., 2010), (Tomašić, et. al., 2011), (François-Xavier, et al., 2010), (Ritsuo, 2004), (Bernini, et. at., 2008), (Paul, et. al., 2013).

Conclusiones

Se comprobó que la irradiación-IR puede activar eficientemente al paladaciclo 1 para catalizar la reacción de acoplamiento tipo Mizoroki-Heck.

De manera experimental fue posible encontrar las condiciones óptimas para el acoplamiento Mizoroki-Heck tales como, tipo de base, tipo de disolvente, y concentración de sistema catalítico.

Se logro extender tanto el uso de la irradiación-IR así como empleo del paladaciclo 1 como catalizador en la reacción de acoplamiento tipo Mizoroki-Heck, a través de la síntesis de diversos cinamatos de metilo y cinamanonitrilos.

Los valores de TON y TOF muestran que el paladaciclo 1 puede ser catalogado como un catalizador de actividad alta. Se comprueba que la irradiación-IR es una fuente alterna de calentamiento eficiente, económica y fiable para activar la reacción de acoplamiento tipo Mizoroki-Heck.

Agradecimientos

Los autores agradecen a los proyectos DGAPA-UNAM PAPIIT IN210721 y FESC-PIAPI2039 por el financiamiento del proyecto.

Referencias

ALBERT J., Granell J., Sales, J. (1995). Optically Active Exocyclic Cyclopalladated Derivatives of Benzylidene-(R)-(1-phenylethyl) amines: Syntheses and X-ray Molecular Structures of $[\text{Pd}(2\text{-}(\text{E})\text{-}(\text{R})\text{-CHMeN:CH-2',6'-Cl}_2\text{C}_6\text{H}_3\text{)C}_6\text{H}_4\text{)Cl}(\text{PPh}_3)]$ and $[\text{Pd}(2\text{-}(\text{Z})\text{-}(\text{R})\text{-CHMeN:CH-2',6'-F}_2\text{C}_6\text{H}_3\text{)C}_6\text{H}_4\text{)}(\text{PPh}_3)]$. *Organometallics*, 14: 1393.

BEDFORD R.B., Cazin C.S.J., Holder D. (2004). The development of palladium catalysts for C-C and C-heteroatom bond forming reactions of aryl chloride substrates. *Coordination Chemistry. Reviews*, 248: 2283-2321.

BERNINI R., Cacchi S., Fabrizi G., Forte G., Niembro S., Petrucci F., Pleixats R., Prastaro A., Sebastia R.M., Soler R., Tristany M., Vallibera A. (2008). Phosphine-Free Perfluoro-Tagged Palladium Nanoparticles Supported on Fluorous Silica Gel: Application to the Heck Reaction. *Organic Letter*, 4: 561-564.

CAMACHO-ESPIÑOZA M., Reyes-Deloso A., Toscano, R. A., Penieres-Carrillo, J. G., López-Cortés, J.G., Ortega-Alfaro. M.C., Ortega-Jiménez, F. (2019). Thiazole-based non-symmetric NNC-Palladium pincer complexes as catalytic precursors for the Suzuki-Miyaura C-C coupling. 43: 12967-12978.

CAMPAGNE, J.M., Prim, D. (2001). *Les Complexes de Palladium en Synthèse Organique*. Centre National de la Recherche Scientifique., Paris.

DIEBOLD, C., Schweizer S., Becht J.-M., Le Drian C. (2010). Reusable polystyrene-supported Pd catalyst for Mizoroki-Heck reactions with extremely low amounts of supported Pd. *Organic & Biomolecular Chemistry*, 8: 4834-4836.

DUPONT, J. and Pfeffer M. (2008). *Palladacycles Synthesis, Characterization and Applications*, WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, Germany.

ESCOBEDO R. Miranda R., Martínez J., (2016). Infrared Irradiation: Toward Green Chemistry a Review. *International Journal of Molecular Sciences.*, 17: 453.

FRANÇOIS-XAVIER F., Karinne M., Jean-Marc S., Eric F., Oier I., Julia L. (2010). Room-Temperature, Ligand- and Base-Free Heck Reactions of Aryl Diazonium Salts at Low Palladium Loading: Sustainable Preparation of Substituted Stilbene Derivatives. *Chemistry A European Journal*, 16: 5191-5204.

GÓMEZ-QUIROGA A., Navarro-Ranninger C. (2004). Contribution to the SAR field of metallated and coordination complexes: Studies of the palladium and platinum derivatives with selected thiosemicarbazones as antitumoral drugs, *Coordination Chemistry Reviews*, 248: 119-133.

GUERRERO M., Pérez J.A., Font-Bardia M., Pons, (2013). Anion effect on the coordination behavior of N,O-hybrid pyrazole ligand towards Pd(II): synthesis, characterization, and supramolecular properties. *Journal of Coordination Chemistry*, 66: 3314-3325.

KAPPE C. O., Dallinger D., Murphree S. S. (2009). *Practical Microwave Synthesis for Organic Chemists Strategies, Instruments and Protocols*, Wiley-VCH, Weinheim.

LO K.K., Chung, C., Lee, T.K., Lui L., Tang K.H., Zhu, N. (2003). New Luminescent Cyclometalated Iridium(III) Diimine Complexes as Biological Labeling Reagents, *Inorganic Chemistry.*, 42: 6886-6897.

M. Paul, F. B. John, K. C. David, K. G. Ewan, S. P. Jeremy, B. S. Joseph, (2013). A Robust First-Pass Protocol for the Heck-Mizoroki Reaction. *Organic Process Research Development*, 17: 397-405.

MA D.Y., Zhang L.X., Rao X.Y., Wu T.L., Li D.H., Xie X.Q., Guo H.F., Qin, L. J. *Coord. Chem.*, (2013). Structures, luminescence, and antibacterial studies of two transition metal complexes involving Schiff bases. *Journal of Coordination Chemistry*, 66: 3261-3271.

MOLINA Sánchez, E. (2018) Síntesis de Paladaciclos derivados de ligantes tridentados [C,N,P] y su evaluación catalítica en el acoplamiento Suzuki-Miyaura. (Maestría). Universidad Nacional Autónoma de México.

NEGISHI Ei. (2002). *Handbook of Organopalladium Chemistry for Organic Synthesis* John Wiley, New York, USA.

- NOWAK F. M. (2011). *Sonochemistry: Theory, Reactions, Syntheses, and Applications*; Nova Science Publishers, New York.
- OESTREICHT, M. (2009). *The Mizoroki–Heck Reaction*; John Wiley & Sons. Chippenham.
- ORTEGA F., Domínguez F., Rosas A., Penieres G., López J. G., Ortega M. C. (2015). An expedient approach to enhance Mizoroki-Heck coupling reaction by infrared irradiation using palladacycle compounds. *Applied Organometallic Chemistry*, 29: 556-560.
- RAMÍREZ-RAVE, S., Morales-Morales, D., Grévy J-M. (2017). Microwave assisted Suzuki-Miyaura and Mizoroki-Heck cross-couplings catalyzed by non-symmetric Pd(II) CNS pincers supported by iminophosphorane ligands, *Inorganic Chemical Acta*. 462; 249-255.
- RITSUO I., Masahiko S. (2004). A Catalytic Asymmetric Synthesis of Chiral Glycidic Acid Derivatives through Chiral Dioxirane-Mediated Catalytic Asymmetric Epoxidation of Cinnamic Acid Derivatives. *Journal Organic Chemistry*, 69: 4216-4226.
- THE Chemistry of Pincer Compounds. (2007). Morales- Morales D., C. M. Jensen, C.M. (Ed). Elsevier Science, Amsterdam.
- TOMAŠIĆ T., Zidar, N., Šink, R., Kovač A., Blanot D., Contreras-Martel C., Dessen A., MüllerPremru M., Zega A., Gobec S., Kikelj D., Mašič L. P. (2011). Structure-Based Design of a New Series of d-Glutamic Acid Based Inhibitors of Bacterial UDP-N-acetylmuramoyl-l-alanine:d-glutamate Ligase (MurD), *Journal Medical Chemistry*, 54: 4600-4610.
- VAN der Boom, M. E., Milstein, D. (2003). Cyclometalated Phosphine-Based Pincer Complexes: Mechanistic Insight in Catalysis, Coordination, and Bond Activation. *Chemical. Reviews*, 103: 1759-1792.
- WLADIMIR, R. (2013). *Microreactors in Preparative Chemistry: Practical Aspects in Bioprocessing, Nanotechnology, Catalysis and More*, Wiley-VCH, Weinheim.

DESARROLLO Y VALIDACIÓN DEL MÉTODO ANALÍTICO PARA LA DETERMINACIÓN DE SUSTANCIAS RELACIONADAS EN CLORHIDRATO DE METFORMINA POR UHPLC



*Alan Chrystopher Jiménez Larroa, Alma Luisa Revilla Vázquez**

FES-Cuautitlán UNAM. Laboratorio de desarrollo de métodos analíticos. Correo: alan.j.larroa@gmail.com, almarv@unam.mx



Resumen

Debido a la creciente cantidad de personas con diabetes, existe una mayor demanda de medicamentos a nivel mundial, que obliga a la industria farmacéutica a innovar sus métodos de producción con la finalidad de asegurar la disponibilidad de estos. En este trabajo se desarrolla y valida una metodología para determinar sustancias relacionadas en clorhidrato de metformina ya que es uno de los productos con más demanda en el mercado. El desarrollo del método se basó en la implementación de un sistema cromatográfico modo HILIC utilizando una fase estacionaria amida y un sistema cromatográfico (UHPLC) para separar y analizar con éxito la metformina clorhidrato y sus principal impureza cianoguanidina así como las demás presentes en el API. De acuerdo a las capacidades de la fase estacionaria y el sistema UHPLC 1290 Infinity II se discuten los principales contribuyentes (pH, fuerza iónica, temperatura, etc.) a la separación exitosa de los analitos. Se realiza la validación del método para su uso en análisis de rutina y determinar la viabilidad del mismo. Los resultados proporcionaron información significativa en cuanto a la mejora del método analítico ya que acelera la velocidad de la separación, disminuye el consumo de fase móvil y tiempos de análisis lo que reduce costos y facilita de liberación del producto lo que coadyubará a aumentar la producción de este medicamento.

Antecedentes

La diabetes es una grave enfermedad crónica que se desencadena cuando el páncreas no produce suficiente insulina (una hormona que regula el nivel de azúcar, o glucosa, en la sangre), o cuando el organismo no puede utilizar con eficacia la insulina que produce.

La metformina, o el preparado comercial clorhidrato de metformina, es un fármaco antidiabético de aplicación oral del tipo biguanida. Se cree que su principal efecto en la diabetes de tipo 2 es la disminución de la gluconeogenesis hepática (Castro, 2014; VADEMECUM, 2020). Además, la metformina mejora la utilización de la glucosa en músculo esquelético y en tejido adiposo aumentando el transporte de la glucosa en la membrana celular.

Debido a la creciente enfermedad de la diabetes en la población se tiene una mayor demanda de este medicamento a nivel mundial, lo que obliga a la industria farmacéutica a innovar sus métodos de producción con la finalidad de asegurar la disponibilidad de estos en tiempo y forma.

Las metodologías farmacopeicas hoy mencionan a la cromatografía de líquidos de alta eficiencia, como la técnica a emplear para el control de impurezas para el clorhidrato de metformina, sin embargo, esta tecnología se ve rebasada

por las exigencias de la industria, por lo que se decidió desarrollar y validar una metodología para determinar sustancias relacionadas que permitiera tanto disminuir el tiempo de análisis, como el costo de este. Se optó por la técnica de cromatografía líquida de ultra alto rendimiento (UHPLC por sus siglas en inglés), debido a que es similar a la metodología aprobada por las autoridades reguladoras.

Los sistemas UHPLC aceleran la velocidad de las separaciones en cromatografía de líquidos en un menor tiempo de análisis, disminuyen el consumo de fase móvil reduciendo los costos y coadyuban a aumentar la productividad.

Objetivo

Desarrollar y validar una metodología empleando la técnica de UHPLC que permita la separación de metformina y sus impurezas a fin de disminuir costos y agilizar el análisis para aumentar la productividad en la industria farmacéutica.

Parte experimental

La tabla 1 muestra la estructura química del clorhidrato de metformina, así como algunas propiedades fisicoquímicas de interés para el desarrollo del método.

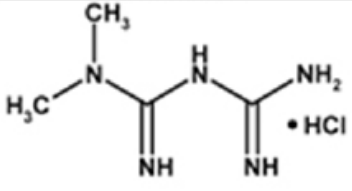
Estructura de Clorhidrato de Metformina	Propiedades (Ramírez, 2015)
	Fórmula empírica; $C_4H_{12}N_5Cl$. Peso molecular; 165.63 g/mol. pKa de 12.4 ⁸ pH 6.68 en agua Solubilidad agua; 0.285 mg/mL, 20°C

Tabla 1. Estructura y propiedades del analito

Esquema de desarrollo de intercambio hidrofílico (HILIC), ilustrado en la figura 1.

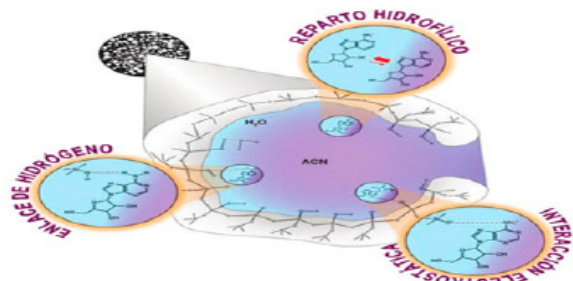


Fig. 1. Mecanismos de retención presentes en HILIC7

Equipo: UHPLC 1290 Infinity II

Columna: ACQUITY UPLC BEH Amina 130Å, 1.7 μ m, 2.1 mm X 150 mm

Solución buffer. Fosfato monobásico de potasio [20 mM], pH 2.2 ± 0.05 con ácido fosfórico.

Diluyente. Acetonitrilo: Agua (70:30)

Referencia (CRA). Compuesto relacionado A de metformina en diluyente a 0.001 mg/mL.

Solución muestra. Clorhidrato de Metformina, a una concentración de 5.0 mg/mL,

Muestra A (Muestra Diluida). Realizar una dilución de la muestra con diluyente a una concentración de 0.005 mg/mL de Clorhidrato de Metformina.

Preparación de Resolución. Preparar una Solución en diluyente que contenga 0.25 mg/mL de Clorhidrato de Metformina y 0.1 mg/mL de melamina. Transferir 1.0 mL de esta solución a un matraz volumétrico de 50 mL, diluir con diluyente y mezclar.

Criterio de Aceptación: El Clorhidrato de Metformina contiene no más de 0.02% de Compuesto Relacionado A (CRA), No más 0.10% de cualquier otra impureza individual y no más de 0.50% del total de impurezas.

Resultados y discusión

Se comenzó el desarrollo a partir de las condiciones generales descritas en el método farmacopeico (FEUM, 2014; USP 2015), y se fueron evaluando diferentes condiciones experimentales a fin de lograr la separación de la impureza A, así como de las 6 impurezas conocidas que pueden estar presentes en el clorhidrato de metformina. La primera separación donde se identifican se muestra en la figura 2.

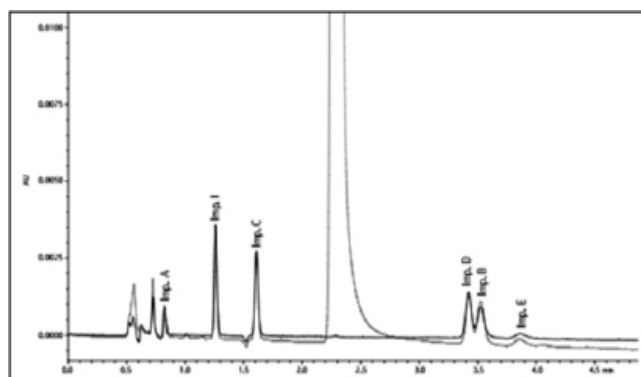


Fig. 2. Mezcla de estándares y muestra cargada. FM 80:20 ACN: buffer fosfato de sodio, 30mM flujo 0,4 mL/min. Temp. columna 25°C, vol. inyección 1,0 μ l.

Sin embargo, la separación de las impurezas B y D no fue adecuada, por lo que se procedió a modificar la composición del buffer, cambiando el catión de la sal empleada (figura 3).

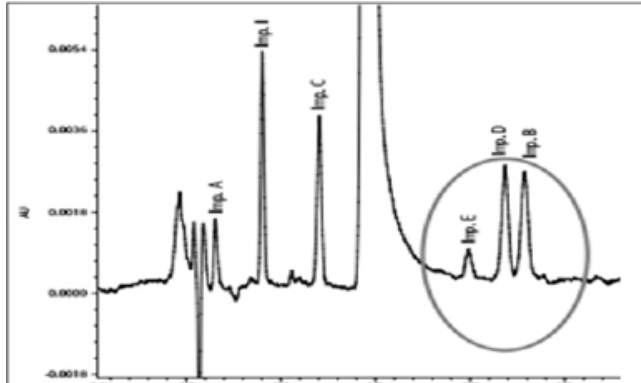


Fig. 3. Cambio del catión Na+ por K+. FM 80:20; ACN: buffer fosfato de potasio 30mM, pH 2.2, flujo 0,5 mL/min, temp. columna 40°C, vol. inyección 1,0 µl.

Se modificó, además, la concentración del buffer (figura 4), lo que ayudó a mejorar la resolución entre los picos obtenidos para dichas impurezas.

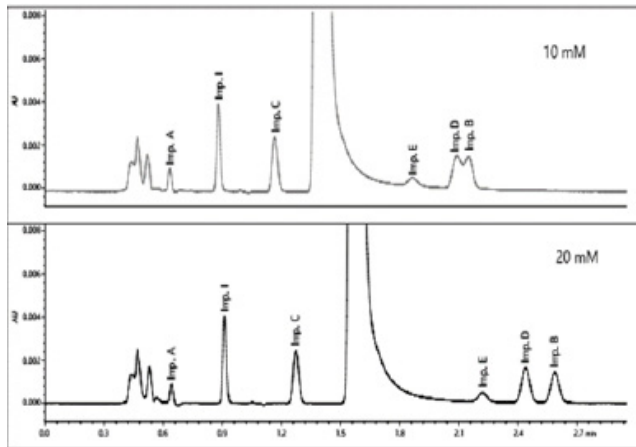


Fig. 4. Efecto de la concentración del buffer en la separación de las impurezas D y B.

Cabe resaltar que de la figura 2 a la figura 4, el tiempo de análisis disminuyó de 4 minutos a menos de 3 minutos, lo cual es muy valioso a fin de poder agilizar el análisis de control de calidad y agilizar la liberación del producto terminado al mercado.

Otro de los parámetros experimentales evaluados fue la temperatura de la columna de separación (figura 5). Se seleccionó como óptima la de 40°C porque presentaba un menor tiempo de análisis sin comprometer la resolución requerida entre los picos de las impurezas y la metformina.

Siendo que el pico de la metformina presentaba un coeol considerable, se continuó la optimización del método hasta obtener las mejores condiciones, que permitieron la adecuada resolución de los 7 picos correspondientes a los analitos de interés, además de mejorar la eficiencia de estos, aunque se regresará a un tiempo de análisis de 4 minutos (Figura 6).

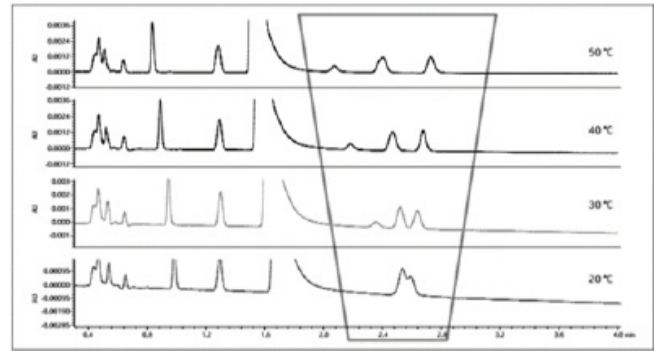


Fig. 5. Efecto de la temperatura sobre la resolución.

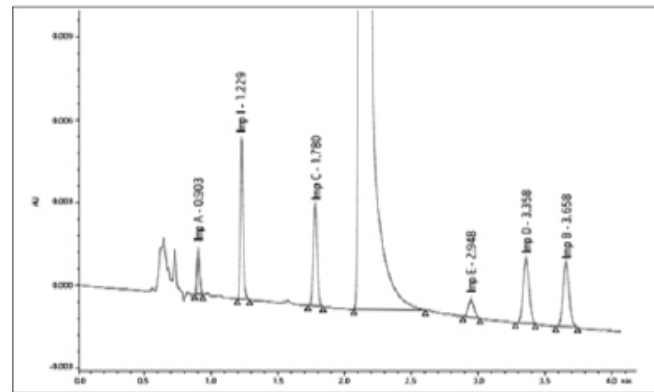


Fig. 6. Separación óptima obtenida para el clorhidrato de metformina y sus impurezas.

Longitud de Onda	UV 218 nm
Buffer	Fosfato de potasio [20 mM] pH 2.2
Fase móvil	(80:20) ACN: Buffer
Temp. columna	40 °C
Velocidad de Flujo	0.5mL/min
Vol. de Inyección	1.0 µL

Tabla 2. Condiciones óptimas de separación.

Una vez establecidas las condiciones óptimas de separación, se realizaron algunos experimentos para determinar si se obtenían resultados reproducibles y así planear y llevar a cabo la validación del método desarrollado.

Siendo que se obtuvieron resultados favorables, en los experimentos exploratorios, se procedió a llevar a cabo la validación, y en la tabla 3, se resumen lo obtenido.

Parámetro	Especificaciones	Resultados
Adecuabilidad del sistema	CV ≤ 2 % Resolución entre la metformina e impureza no es menor a 10.	CRA. CV= 0.49 % Metformina. CV= 0.67 % Melamina. CV= 0.53 % R=13.68
Especificidad	La respuesta se debe al analito	No hay respuesta Analítica
Precisión del sistema	CV ≤ 1.5 %	CRA. CV = 0.87 % Metformina. CV=1.02 %
Linealidad del sistema	r ² ≥ 0.98 IC de m: no debe incluir el 0	Metformina r ² = 0.9979 Lim Sup: 674413641 Lim Inf: 638689269
Exactitud y repetibilidad	El IC para la media de % recobro debe incluir el 100% o en el intervalo 98-102 % CV recobro < 2 %	Prom % recobro =99.52% Lim sup = 100.39 Lim Inf = 98.64 CV = 0.84 %

Linealidad del método	$r^2 \geq 0.98$	$r^2 = 0.9987$												
	IC para m: debe incluir el 1	LS = 1.0355 LI = 0.9944												
	IC para b: debe incluir el 0	LS = 0.00000 LI = -0.00002												
	$CV_{y/x} \leq 2.0\%$	$CV_{y/x} = 0.43\%$												
	$CV\ \% \text{ recobro} < 2\%$	$CV = 0.48\%$												
Precisión del método	CV $\leq 2.0\%$ para métodos cromatográficos.	CV = 1.12 %												
Estabilidad analítica de las muestras	Diferencia absoluta de la media aritmética de cada condición de almacenaje tiempo/temperatura respecto al análisis inicial di di $\leq 2.0\%$ T.A: Temperatura ambiente (25°C \pm 3°C) Ref: Refrigeración (5°C \pm 3°C)	<table border="1"> <thead> <tr> <th> di </th> <th>T.A.</th> <th>Ref.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>24 h</td> <td>0.20</td> <td>1.03</td> </tr> <tr> <td>48 h</td> <td>1.60</td> <td>5.02</td> </tr> <tr> <td>72 h</td> <td>5.09</td> <td>9.43</td> </tr> </tbody> </table>	di	T.A.	Ref.	24 h	0.20	1.03	48 h	1.60	5.02	72 h	5.09	9.43
		di	T.A.	Ref.										
24 h	0.20	1.03												
48 h	1.60	5.02												
72 h	5.09	9.43												
	La muestra mantiene su integridad a 24 horas													
Tolerancia	La diferencia absoluta debe ser di $\leq 2.0\%$	di = 0.10%												
Robustez	La diferencia absoluta debe ser di $\leq 2.0\%$	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Condición</th> <th> di </th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>C 1</td> <td>0.18</td> </tr> <tr> <td>C 2</td> <td>0.19</td> </tr> <tr> <td>C 3</td> <td>0.54</td> </tr> <tr> <td>C 4</td> <td>0.01</td> </tr> </tbody> </table>	Condición	di	C 1	0.18	C 2	0.19	C 3	0.54	C 4	0.01		
		Condición	di											
		C 1	0.18											
		C 2	0.19											
		C 3	0.54											
C 4	0.01													

Tabla 3. Parámetros de validación evaluados y resultados obtenidos (CNQFBs, 2002; ICH 2005).

Como se observa en la tabla 3, se cumple con los criterios de los parámetros estadísticos evaluados para la metodología desarrollada, por lo que el método es confiable para el objetivo para que fue diseñado.

A fin de tener claridad en cuanto a las ventajas económicas y técnicas de la metodología desarrollada, se realizó una comparación simple (tabla 4). De donde se observa que tanto el tiempo de análisis como el gasto de fase móvil se reduce considerablemente mediante el empleo de la UHPLC, en comparación con la HPLC.

Método	Farmacopeico	UHPLC	Diferencia
Tiempo: 6 análisis diarios	20 horas	4 horas	16 horas
Volumen fase móvil diario	2040 mL	120 mL	1920 mL
Gasto de reactivos al mes	\$2,494	\$1,554	\$940

Tabla 4. Comparación entre el método farmacopeico y el desarrollado.

Conclusiones

Se desarrolló y validó una metodología empleando la técnica de UHPLC que permitió la separación de la metformina y sus impurezas, agilizando el tiempo de análisis y reducir la generación de residuos y su costo de gestión. El método ayudará a aumentar la productividad en la industria farmacéutica al poder liberar el producto de manera más rápida con un método confiable.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la UNAM DGAPA por el apoyo otorgado al proyecto PAPIME PE208418 y a la FESC por el apoyo a la propuesta PIAP1812.

Referencias

- Guía de validación de métodos analíticos, editada por el Colegio Nacional de Químicos Farmacéuticos Biólogos México A.C. 2002.
- ICH Harmonized Tripartite Guideline. Validation of analytical procedures Q2, USA, 2005.
- FEUM Edición 10, Vol.1, 2014. Págs. 1182-1183.
- USP 40/NF 35, Vol.3, 2017. Págs. 546-558, 5553-5554.
- MAYELA Yenisey Ramírez Cabrales. Tesis de Maestría: Diseño y evaluación in vitro de un sistema de liberación de gastrorretención de clorhidrato de metformina para diabetes tipo 2. Universidad Autónoma de Nuevo León. 2015. <http://eprints.uanl.mx/11342/1/1080215475.pdf>
- VADEMECUM. Metformina. <https://www.iqb.es/cbasicas/farma/farma04/m025.htm> consultado el 27 junio 2020.
- MARÍA Guadalupe Castro-Martínez, Viviana Castillo-Anaya, Abraham Ochoa-Aguilar, Sergio A. Godínez-Gutiérrez. (2014). La metformina y sus aplicaciones actuales en la clínica. Med. Int. Mex. 30, 562-574.

EVALUACIÓN DE UN TRANSDUCTOR AMPEROMÉTRICO DE pH PARA EL DESARROLLO DE BIOSENSORES MONOENZIMÁTICOS DE TRIGLICÉRIDOS



*Zita Guadalupe Cruz Aburto, José Antonio Rodríguez Ávila, María Elena Páez Hernández,
Carlo Andrés Galán Vidal**

*Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería, Área Académica de Química, Universidad Autónoma
del Estado de Hidalgo, cr281917@uaeh.edu.mx, josear@uaeh.edu.mx, paezh@uaeh.edu.mx,
galanv@uaeh.edu.mx*



Resumen

Los triglicéridos forman parte de los lípidos simples, los seres humanos los obtenemos a partir de los alimentos ingeridos o por su síntesis en el hígado. Estos actúan en nuestro cuerpo como reserva de energía, agua y calor. No obstante, la relevancia de sus funciones en el organismo, tener niveles superiores a 150 mg·dL⁻¹ incrementan el riesgo de sufrir enfermedades como las cardiovasculares. Por esta razón, es importante determinarlos en fluidos biológicos y en alimentos, lo cual es un parámetro que nos ayuda a evaluar el estado de salud y nos proporciona información de un alimento. Los métodos convencionales para determinarlos presentan algunas desventajas y, en este sentido, es importante desarrollar nuevas metodologías analíticas que ayuden a superar algunas de estas. Los biosensores electroquímicos son dispositivos analíticos simples, rápidos, sensibles y de bajo costo que se pueden utilizar en la determinación de triglicéridos.

Palabras clave: Biosensor de Triglicéridos. Biosensor Monoenzimático. Biosensor Amperométrico. Triglicéridos. Verde malaquita.

Antecedentes

Los triglicéridos son moléculas orgánicas que constituyen parte de los lípidos simples, químicamente se obtienen mediante la reacción de esterificación entre los grupos hidroxilo del glicerol y tres moléculas de ácidos grasos (Rosli et al, 2016)

Los seres humanos utilizan las grasas que obtienen a partir de los alimentos ingeridos o las sintetizadas en el hígado a partir de la Acetil-CoA, como reserva de energía, reserva de agua y reserva de calor, ya que se encuentran menos oxidadas que los carbohidratos y aportan casi seis veces más energía que una masa de glucógeno hidratado almacenado (Díaz Portillo et al, 1997). Tener niveles superiores a 150 mg·dL⁻¹ de triglicéridos en el organismo incrementa el riesgo de sufrir diversas enfermedades como las cardiovasculares, Alzheimer, diabetes y pancreatitis, derivado del metabolismo anormal de las lipoproteínas. Por esta razón, es importante determinar los triglicéridos en fluidos biológicos y en alimentos, lo cual es un parámetro que ayuda a evaluar el estado de salud de un individuo y proporciona información nutricional de un alimento (Pundir y Narwal, 2013).

Los métodos convencionales para determinar triglicéridos, como los cromatográficos (Dhull et al, 2017) y espectrofotométricos basados en el uso de enzimas (Klotzsch y McNamara, 1990) presentan diversas desventajas como el costo del equipo, necesitan personal capacitado para operarlo o la muestra requiere de un extenso pretratamiento. El uso de biosensores electroquímicos supera estos inconvenientes, al ser dispositivos analíticos simples, rápidos, sensibles y de bajo costo que incorporan el uso de un elemento de reconocimiento biológico y un transductor, encargado de convertir una señal primaria en una señal medible (Eggins, 2002).

Los biosensores electroquímicos para cuantificar triglicéridos se clasifican con base en su principio de detección. Los biosensores electroquímicos que utilizan un transductor amperométrico se basan en el uso de las enzimas lipasa, glicerol quinasa y glicerol-3-fosfato oxidasa. Este dispositivo multienzimático encarece el costo de su fabricación, sin embargo, posee alta sensibilidad, rapidez y selectividad (Ibadullaeva et al, 2019. Yucel et al, 2016. Minakshi y Pundir, 2008. Narang et al, 2010). Por otra parte, los biosensores con un transductor potenciométrico siguen la hidrólisis del triglicérido catalizada por la enzima lipasa, produciendo glicerol y ácidos grasos libres. La producción de ácidos grasos genera un cambio en el pH de la solución en la que se encuentran, dicho cambio se mide con un sensor de pH o equivalente (Pundir y Narang, 2018. Escamilla-Mejía, 2015).

Algunos sensores potenciométricos de pH involucran especies ácido-base con propiedades redox, como la quinhidrona (Galster, 1991), por lo tanto, al imponer un potencial es posible medir la intensidad de corriente de la oxidación o reducción de la especie redox y, de esta manera se pueden medir los cambios de pH amperométricamente, por esta razón se pueden emplear especies ácido-base con características redox en los transductores para seguir los cambios de pH.

Objetivo

Evaluar un transductor amperométrico de pH como plataforma para el desarrollo de un biosensor monoenzimático de triglicéridos

Parte experimental

Reactivos y soluciones: NaOH 2.0 mol·L⁻¹, HNO₃ 1:1, CH₃COCH₃ 1:1, H₂SO₄ 0.1 mol·L⁻¹, solución amortiguadora Britton Robinson de pH= 2.0, 6.0 y 8.0 (H₃BO₃ 0.1 mol·L⁻¹, H₃PO₄ 0.1 mol·L⁻¹, CH₃CO₂H 0.1 mol·L⁻¹), solución amortiguadora de fosfatos (PBS) pH=7.0 (KH₂PO₄·3H₂O 1x10⁻³ mol·L⁻¹, KH₂PO₄ 1x10⁻³ mol·L⁻¹, KCl 0.1 mol·L⁻¹) C₂H₂5N₂·C₂H₄O₄·0.5C₂H₂O₄ 1x10⁻³ mol·L⁻¹ (VM), Nafion, HCl 4.4x10⁻² mol·L⁻¹.

Equipos: Potenciostato/Galvanostato Autolab PGSTAT302N, potenciómetro OAKTON, limpiador ultrasónico Branson, celda electroquímica: electrodo de carbón vítreo-BASi, electrodo auxiliar de Pt-BASi, Electrodo de referencia Ag/AgCl-BASi.

Metodología: El biosensor amperométrico monoenzimático, se basa en la detección de triglicéridos mediante el seguimiento de un esquema de detección potenciométrico. En la figura 1 se muestra la reacción de la hidrólisis enzimática de triglicéridos producida por la enzima lipasa generando glicerol y ácidos grasos, estos últimos disminuyen el pH de la solución en la que se encuentran y, por lo tanto, estos cambios se pueden medir amperométricamente mediante un sensor de pH o equivalente.

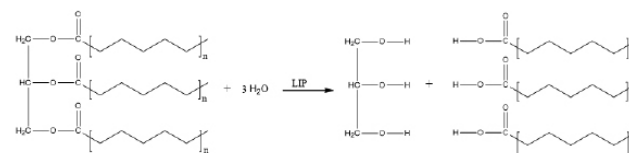


Fig. 1. Hidrólisis enzimática de triglicéridos.

El dispositivo está compuesto por un electrodo de trabajo de carbón vítreo sobre el cual se inmoviliza una especie redox sensible a los cambios de pH (transductor) y la enzima lipasa, para generar la hidrólisis de triglicéridos.

La metodología se divide en 3 etapas, en la primera se realiza un tratamiento previo del electrodo de trabajo, este consiste en pulir la superficie del electrodo con una solución de alúmina al 1%, la limpieza del electrodo en dispersión sónica con una serie de soluciones que incluyen NaOH, 2.0 mol·L⁻¹, HNO₃ 1:1 y CH₃COCH₃ 1:1 y, la activación del electrodo realizando barridos por voltametría cíclica en sentido anódico, en el intervalo de potencial de 1.2 a -1.2 V, velocidad de barrido de 100 mV·s⁻¹ en una solución de H₂SO₄ 0.1 mol·L⁻¹.

En la segunda etapa se evalúa el comportamiento electroquímico del verde malaquita en soluciones amortiguadoras de pH Britton Robinson 0.1 mol·L⁻¹ en diferentes valores de pH. En la tercera etapa, se electropolimeriza verde malaquita 1x10⁻³ mol·L⁻¹ en H₂SO₄ 0.1 mol·L⁻¹ sobre el electrodo de trabajo que contiene una membrana de Nafion, se realizan barridos consecutivos de voltametría cíclica en sentido anódico en el intervalo de potencial de 0.0 a 1. V y se utiliza una velocidad de barrido de 100 mV·s⁻¹ (Chen et al, 2007. Fang et al, 1999. Wan et al, 2006) y se evalúa el comportamiento del electrodo electropolimerizado en una solución amortiguadora de fosfatos.

Resultados y discusión

Evaluación de la respuesta electroquímica de verde malaquita en solución.

En la figura 2, se observa una clara dependencia de la respuesta voltamperométrica con respecto al pH, es decir, los picos de oxidación y reducción del verde malaquita en solución presentan un cambio en la intensidad de corriente y el potencial.

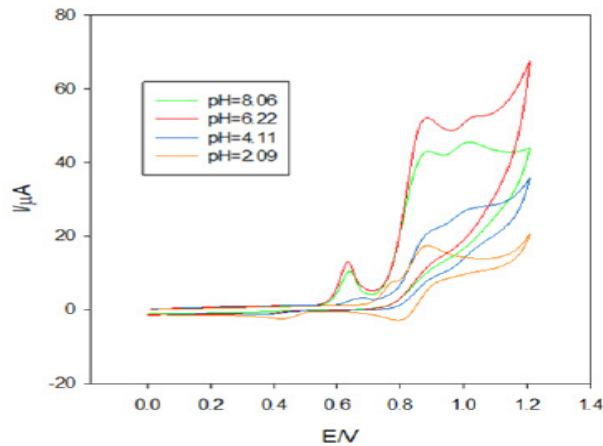


Fig. 2. Voltametría cíclica en sentido anódico de verde malaquita $1 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ en soluciones amortiguadoras Britton Robinson $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ de diferentes valores de pH. *Tratamiento del electrodo entre cada medición.

A partir de los registros de voltametría de la figura 2, se obtuvieron las curvas de calibración realizando cortes a diferentes potenciales para obtener los parámetros analíticos que se muestran en la tabla 1.

E (V)	m ($\mu\text{A} \cdot \text{pH}^{-1}$)	r^2	IRL (pH)
0.2	0.08	1.00	2.09 – 6.22
0.4	0.10	0.93	2.09 – 6.22
0.6	1.45	0.79	2.09 – 6.22
0.8	3.83	0.71	2.09 – 6.22
1.0	0.90	0.97	2.09 – 6.22
1.2	11.41	0.97	2.09 – 6.22

Tabla 1. Parámetros analíticos obtenidos de la curva de calibración.

Hay que tener en cuenta que la mayor sensibilidad se encuentra en el potencial de 1.2V; sin embargo, sería preferible trabajar a 0.6V, ya que existe una menor posibilidad de oxidar especies interferentes que pueda contener una muestra.

Estudio del comportamiento electroquímico de la polimerización de verde malaquita sobre carbón vítreo.

La figura 3 muestra en la línea de color negro el pico I corresponde a la oxidación de verde malaquita en solución, el pico II corresponde a la reducción del verde malaquita en solución y el pico III se asocia a la reducción del poli (verde malaquita). En el segundo barrido (línea roja) se observa la aparición de un pico IV referente a la oxidación del poli (verde malaquita). La intensidad de corriente del pico I disminuye al

consumirse el VM de la solución, mientras que los picos III y IV se incrementan al aumentar el número de ciclos (línea azul), lo que confirma la formación del polímero de verde malaquita sobre el electrodo de trabajo.

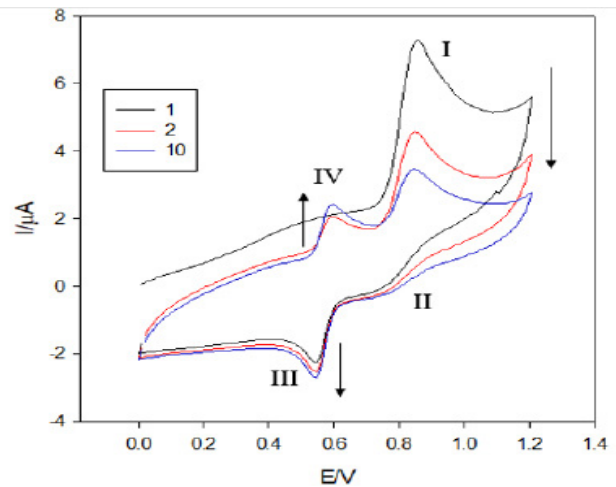


Fig. 3. Voltametría cíclica en sentido anódico de verde malaquita $1 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ en H_2SO_4 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

Evaluación del intervalo de potencial de trabajo para la electropolimerización de verde malaquita.

Con la finalidad de encontrar el mejor intervalo de potencial para electropolimerizar la especie redox sobre el electrodo de trabajo, se amplió el potencial máximo hasta 1.3 V. En la figura 4, se observan los picos de oxidación y reducción del verde malaquita en solución y la reducción del poli (verde malaquita) evaluados en diferentes potenciales.

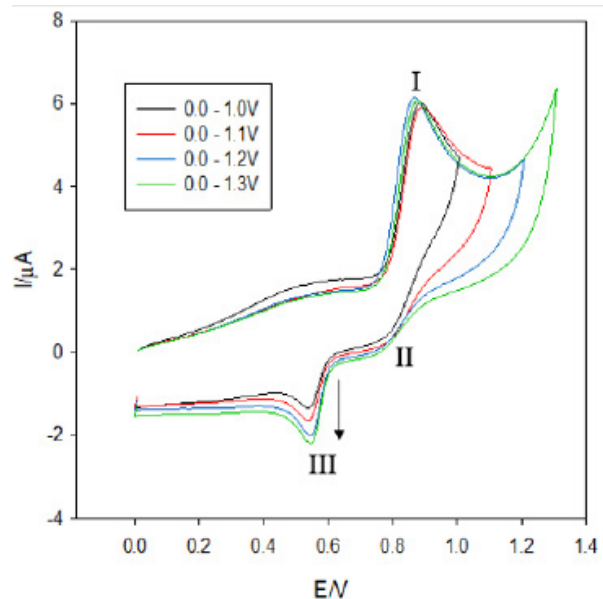


Fig. 4. Barrido 1 de voltametría cíclica en sentido anódico de verde malaquita $1 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ en H_2SO_4 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ evaluado en diferentes intervalos de potencial.

En la figura 5, se observa en la línea verde que en un mayor intervalo de potencial (0.0 a 1.3 V) se favorece la polimerización del verde malaquita sobre el electrodo de trabajo. Esto se puede observar en el aumento de la intensidad de corriente del pico III de reducción del poli (verde malaquita). Debido a que el electrodo de trabajo que se utiliza en el desarrollo del biosensor es de carbón vítreo, para evitar fracturas de su superficie, el intervalo de potencial de trabajo utilizado en la electropolimerización de verde malaquita fue de 0.0 a 1.2V.

A pesar de que se logró electropolimerizar la especie redox sobre el electrodo de trabajo, la película obtenida es frágil y se desprende con facilidad. Por esta razón, se propuso emplear una membrana de Nafion sobre el electrodo de trabajo para electropolimerizar el VM, basándose en el reporte de (Chen et al, 2007. Fnag et al, 1999. Wan et al, 2006).

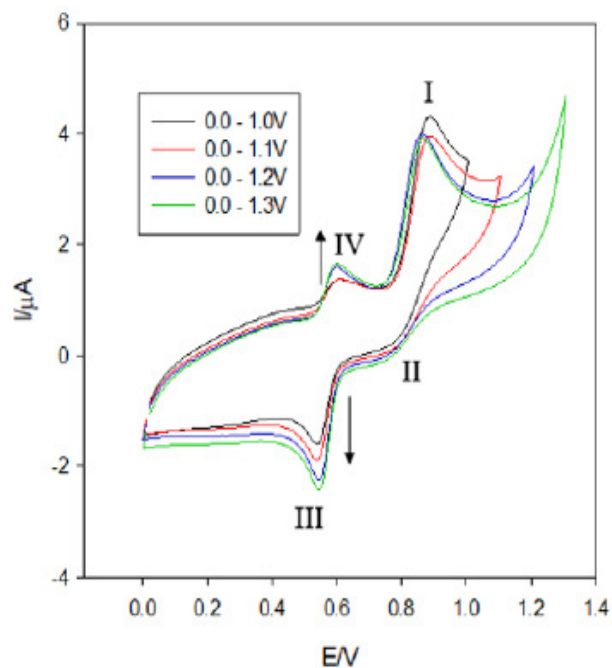


Fig. 5. Barrido 2 de voltametría cíclica en sentido anódico de verde malaquita $1 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ en H_2SO_4 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ evaluado en diferentes intervalos de potencial.

Electropolimerización de verde malaquita en medio ácido sobre una membrana de Nafion

La figura 6 muestra en la línea de color negro, el blanco de Nafion, de igual manera en el primer barrido los picos I y II referentes a la oxidación del verde malaquita en solución, el pico III la reducción del poli (verde malaquita) y en el segundo barrido la combinación de los picos I+IV de poli (verde malaquita). De igual manera, al incrementar el número de ciclos la intensidad de corriente de los picos I+IV y III se incrementa, lo que sugiere la formación de la película del polímero sobre el electrodo de trabajo.

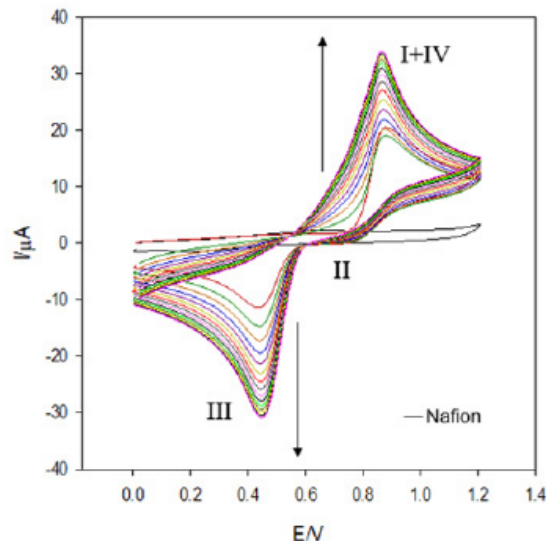


Fig. 6. Electropolimerización de verde malaquita $1 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ en medio ácido H_2SO_4 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ sobre una película de Nafion.

Cabe destacar que, en este caso, al enjuagar el electrodo de trabajo para retirar los monómeros de verde malaquita sin reaccionar, la película obtenida es estable y no se desprende de la superficie del electrodo.

Posterior a la formación del polímero, se evaluó su respuesta en soluciones amortiguadoras. En la figura 7 se muestra que la intensidad de corriente de los picos de oxidación y reducción cambia respecto al pH.

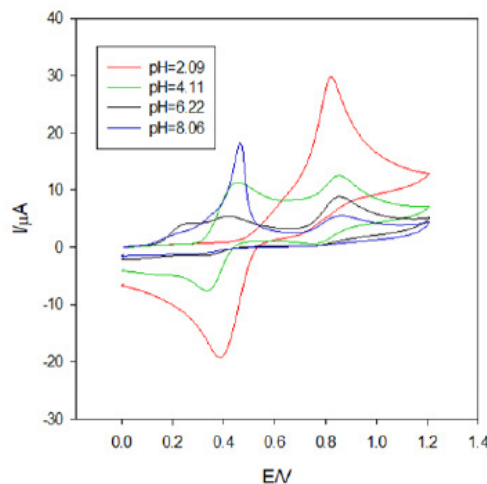
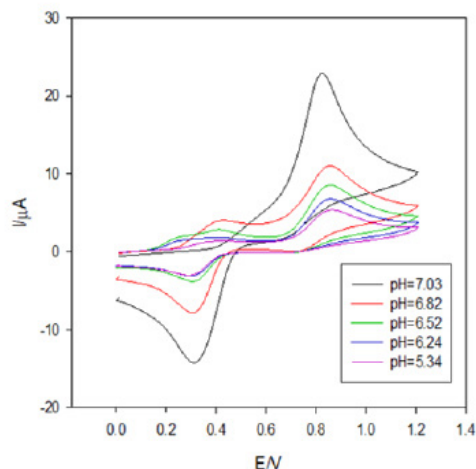


Fig. 7. Voltametría cíclica en sentido anódico en soluciones amortiguadoras Britton Robinson de diferente pH.

Evaluación del comportamiento electroquímico del electrodo electropolimerizado.

Se evaluó la respuesta del electrodo electropolimerizado en una solución de PBS $\text{pH}=7.0$, sobre la cual se realizaron

adiciones sucesivas de HCl 4.4×10^{-2} mol·L⁻¹, con la finalidad de monitorear los cambios de intensidad de corriente en diferentes valores de potenciales, como se muestra en la figura 8.



A partir de estos registros se realizaron curvas de calibración haciendo cortes a diferentes potenciales y se obtuvieron los parámetros analíticos que se muestran en la tabla 2. Bajo estas condiciones, se observa una mayor sensibilidad en el potencial de 0.6V y el intervalo de pH de 6.24-6.82.

E (V)	m ($\mu\text{A} \cdot \text{pH}^{-1}$)	r^2	IRL (pH)
0.2	0.76	0.98	5.34 - 6.52
0.4	3.53	1.00	6.24 - 6.82
0.6	4.00	0.92	6.24 - 6.82
0.8	3.23	0.83	5.34 - 6.82
1.0	2.35	0.82	5.34 - 6.82
1.2	1.68	0.80	5.34 - 6.82

Tabla 2. Parámetros analíticos obtenidos de la curva de calibración.

Conclusiones

Al evaluar el comportamiento de la especie verde malaquita en soluciones amortiguadoras, este muestra una respuesta en el cambio del potencial y de la intensidad de corriente respecto al cambio del pH, demostrando ser una especie que puede ser utilizada en el desarrollo del biosensor.

Se logró inmovilizar con éxito la especie redox verde malaquita concentrada, en medio ácido sobre el electrodo de trabajo con ayuda de una membrana de Nafion, sirviendo como base para el desarrollo del biosensor amperométrico monoenzimático para determinar triglicéridos.

Al evaluar el comportamiento del electrodo electropolimerizado en soluciones amortiguadoras de pH, este responde de la manera esperada; es decir, su intensidad de corriente cambia con respecto a los cambios de pH.

Perspectivas

En el presente trabajo se plantea inmovilizar la enzima lipasa para desarrollar el biosensor amperométrico monoenzimático para determinar triglicéridos.

Agradecimientos

Los autores agradecen el financiamiento PRODEP y CONACyT (Ref. 242677), CAGV, JARA y MEPH agradecen al SNI-CONACyT la distinción otorgada. ZGCA agradece la beca de posgrado otorgada (No. de beca 734642) y a la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

Referencias

- CHEN, S. M., Chen, J. Y. y Thangamuthu, R. (2007). Electrochemical preparation of poly(malachite green) film modified Nafion-coated glassy carbon electrode and its electrocatalytic behavior towards NADH, dopamine and ascorbic acid. *Electroanalysis*, 19(14), 1531–1538. Doi: 10.1002/elan.200703861
- DÍAZ Portillo, J., Fernández del Barrio, M. T., y Parede Salido, F. (1997). Aspectos básicos de bioquímica clínica. Díaz de Santos, S. A, España.
- DHULL, R., Dhull, V., Rathee, K. & Singh, S. (2017). A Review on Evolution in Triglyceride Determination. *Der Pharma Chemica*, 9(2), 30–36.
- EGGINS, B. E. (2002). *Chemical sensors and biosensors*. John Wiley y Sons Ltd. Inglaterra.
- ESCAMILLA-MEJÍA, J. C., Rodríguez, J. A., Álvarez-Romero, G. A. y Galán-Vidal, C. A. (2015). Monoenzymatic lipase potentiometric biosensor for the food analysis based on a pH sensitive graphite-epoxy composite as transducer. *Journal of the Mexican Chemical Society*. 59(1), 19–23.
- FANG, C., Tang, X. y Zhou, X. (1999). Preparation of poly(malachite green) modified electrode and the determination of dopamine and ascorbic acid. *Analytical Sciences*. 15, 41–46.
- GALSTER. (1991). *pH Measurement. Fundamentals, Methods, Applications, Instrumentation*.
- IBADULLAEVA, S. Z., Appazov, N. O., Tarahovsky Y. U., Zamyatina E. Z., Fomikina M. G. y Kim Y. A. (2019). Amperometric Multi-Enzyme Biosensors: Development and Application, a Short Review. *Biophysics*. 64(5), 696–707. Doi: 10.1134/S0006350919050063
- KLOTZSCH, S. G. y McNamara, J. R. (1990). Triglyceride measurements: A review of methods and interferences. *Clinical Chemistry*. 36(9), 1605–1613.
- MINAKSHI y Pundir, C. S. (2008). Construction of an amperometric enzymic sensor for triglyceride determination. *Sensors Actuators B: Chemical*. 133, 251–255. Doi: 10.1016/j.snb.2008.02.036
- NARANG, J., Minakshi, Bhambi, M. y Pundir, C. S. (2010). Fabrication of an amperometric triglyceride biosensor based on PVC membrane. *Analytical Letters*. 43, 1–11. Doi: 10.1080/00032710802586913

- PUNDIR, C. S. y Narwal, V. (2018). Biosensing methods for determination of triglycerides: A review. *Biosensors and Bioelectronics*. 100, 214–227. Doi: 10.1016/j.bios.2017.09.008
- PUNDIR, C. S. y Narang, J. (2013) Determination of triglycerides with special emphasis on biosensors: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*. 61, 379–389. Doi: 10.1016/j.ijbiomac.2013.07.026
- ROSLI, N. H., Zain, Z. M. y Ahmad, N. M. (2016). Lipase Based Biosensors for Triglyceride Determination. *MATEC Web of Conferences*. 12, 10–13. Doi: 10.1051/mateconf/20165901012
- WAN, Q., Wang, X., Wang, X. y Yang, N. (2006). Poly(malachite green) film: Electrosynthesis, characterization, and sensor application. *Polymer*. 47, 7684–7692. Doi: 10.1016/j.polymer.2006.09.002
- YÜCEL, A., Özcan, H. M. y Sagiroglu, A. (2016). A new multienzyme-type biosensor for triglyceride determination. *Preparative Biochemistry and Biotechnology*. 46, 78–84. Doi: 10.1080/10826068.2014.985833

CARACTERIZACIÓN FITOQUÍMICA DE LACTONAS SESQUITERPÉNICAS PRESENTES EN FLORES DE *Ratibida columnifera* Y SU POSIBLE EFECTO ANTIINFLAMATORIO



Elideth Vidales Valenzuela*¹, Leticia Bautista Montes¹

¹Unidad Académica Multidisciplinaria Reynosa-Aztlán, Universidad Autónoma de Tamaulipas, elideth_4951@hotmail.com*, diferencial2000@yahoo.com.mx



Resumen

La inflamación es una respuesta de defensa inespecífica del cuerpo ante una lesión tisular, la cual puede conducir desde una infección hasta un cáncer. El tratamiento farmacológico es el uso de analgésicos y antiinflamatorios que han producido efectos adversos gastrointestinales, insuficiencia renal y hepática. *Ratibida columnifera*, se ha empleado en la medicina tradicional como fuente alternativa para combatir el dolor e inflamación. El objetivo es caracterizar fitoquímicos como las lactonas sesquiterpénicas a partir de las flores de *Ratibida columnifera*, con posible efecto antiinflamatorio. Para este estudio se realizó una extracción por soxhlet utilizando alcohol etílico y acetato de etilo empleando flores de *Ratibida columnifera*. Caracterizando la molécula por ensayos de espectrofotometría UV-vis e FT-IR. Como resultado en espectrofotometría UV-vis se detectaron señales de absorción características de las lactonas sesquiterpénicas. En espectrofotometría FT-IR se detectó la presencia de dos lactona sesquiterpénica Mexicanina I y Ratibinólido I, con bandas significativas en un grupo γ -lactona, entre otras. Las lactonas sesquiterpénicas presentes en las flores de *Ratibida columnifera*, podrían ser potente precursor para la obtención de nuevas moléculas con efectos analgésicos y antiinflamatorios.

Palabras clave: Inflamación, Sesquiterpenlactonas, Flores, *Ratibida columnifera*, Antiinflamatorio.

Antecedentes

La inflamación que afecta al sistema inmunológico innato y adaptativo es una respuesta normal a la infección. Sin embargo, cuando se permite que continúe sin control, la inflamación puede resultar en trastornos autoinmunes o autoinflamatorios, enfermedad neurodegenerativa o cáncer (Dinarelli, 2010).

La inflamación puede ser aguda (efectos a corto plazo que contribuye a combatir la infección, seguidos por curación), se caracteriza por la exudación de líquido y proteínas plasmáticas (edema) y la migración de neutrófilos, o puede ser crónica (a largo plazo, no resueltas) la cual se caracteriza por la presencia de linfocitos, macrófagos, proliferación vascular, fibrosis y destrucción tisular, y contribuir a enfermedades como artritis, enfermedad inflamatoria intestinal, enfermedad cardiovascular y diabetes tipo 2. La inflamación termina cuando se elimina el agente responsable del daño (Chen et al. 2018; Amado et al. 2020).

Eventualmente se han utilizado tratamientos farmacológicos para contrarrestar el dolor y combatir la inflamación en diversas patologías, con el uso de analgésicos y antiinflamatorios, como son los Antiinflamatorios No Esteroidales (AINE's) (Olivera et al. 2019).

Los AINE's se han estudiado por ser uno de los grupos farmacológicos más vendidos y usados por la población, los cuales han presentado efectos secundarios siendo el más frecuente originado a nivel gastrointestinal, llegando a desarrollar complicaciones como hemorragias o ulceraciones, y en algunos casos insuficiencia renal y hepática (Marcen et al. 2016; Schmeltzer, 2019; Barton et al. 2020).

Los productos naturales ofrecen una gran diversidad química de complejidad estructural y potencial biológico. La incorporación y utilización de las plantas medicinales en el tratamiento de diversas enfermedades inflamatorias, son prácticas comunes en la medicina tradicional. Es evidente que el interés por las fitoquímicos antiinflamatorios de origen vegetal va en aumento, porque ofrecen en algunos casos ventajas en relación a los AINEs, como es la baja incidencia de efectos secundarios (Ramírez et al. 2020).

Ratibida columnifera, es un género de plantas fanerógamas perteneciente a la familia Asteraceae, nativa y originaria de Norteamérica conocida como: sombrero mexicano, empleada en la medicina tradicional como fuente para combatir el dolor e inflamación (Richards, 1968; Moerman, 2010; Eason, 2018).

En su composición química la hispidulina (6-metoxi-5,7,4'-trihidroxi-flavona) de *Ratibida columnifera* fue primero compuesto químico reportado en 1972 (Carman et al. 1972). Las partes aéreas de *Ratibida columnifera* fueron estudiados químicamente en 1985, obteniendo la presencia de lactonas sesquiterpénicas, junto con otros compuestos (Herz et al. 1985). En 1987, 10 xantanolidos, un nerolidol derivado, un fenilpropanoide y un tetraeno tioenol, como análogos de las partes aéreas de *Ratibida columnifera* y *Ratibida peduncularis* (Ellmauer et al. 1987). En 1999, informaron la caracterización, aislamiento y estructura de seis nuevos constituyentes, 5 xantanolidos y un derivado de nerolidol, junto con 3 xantanolidos conocidos e hispidulina, compuestos aislados de las flores y hojas de *Ratibida columnifera*, respectivamente (Cui et al. 1999).

Objetivo

El objetivo de este trabajo es caracterizar fitoquímicos como las lactonas sesquiterpénicas a partir de las flores de *Ratibida columnifera*, con posible efecto antiinflamatorio.

Metodología

Materia vegetal

La especie *Ratibida columnifera* (Figura 1) fue el objeto de estudio para esta investigación. La planta silvestre, se localizó en la colonia 1era de Mayo de la Cd. Río Bravo, Tamaulipas, México, de la cual se recolectó la materia vegetal en su caso flores (Figura 2). La planta se encuentra

ubicada a una altitud 25° 58' 54.4" de latitud norte y a los 98° 06' 41.3" de longitud oeste a una altura de 30 msnm, en un área de 1 km a la redonda a orillas del canal Anzalduas, la planta fue recolectada y enviada al Instituto de Ecología Aplicada de la Universidad Autónoma de Tamaulipas para su clasificación botánica.



Fig. 1. *Ratibida columnifera*.



Fig. 2. Flor *Ratibida columnifera*.

Extracción

Para la se empleó el método de extracción por soxhlet empleando un equipo soxhlet, colocando en un dedal de papel filtro, 25 gr de la materia vegetal (flor), previamente pesada en una balanza analítica (Denver Instrument Company A-200DS), empleando dos solventes de extracción: 1) la primera extracción en 250 mL de alcohol etílico al 96% y 2) la segunda extracción en 250 mL de acetato de etilo, por un periodo de 3 hr.

Una vez obtenido lo extractos se procedió a utilizar un rota vapor (BUCHI modelo R-205 con Heating Bath B-490), a una temperatura de 70 °C a 50 rpm para el extracto que se empleó como solvente alcohol etílico al 96% y a una temperatura de 60 °C a 50 rpm para el extracto con acetato de etilo, con el propósito de separar el solvente de cada uno de los extractos de *Ratibida columnifera*.

Identificación fitoquímica

Los extractos de *Ratibida columnifera* fueron sometidos a diversos ensayos cualitativos colorimétricos para la identificación del metabolitos secundarios como lactonas sesquiterpénicas entre los que se utilizaron: Baljet, Legal e Hidroximato Férrico.

Cromatografía en capa fina y columna

Para el desarrollo de la cromatografía en capa fina para lactonas sesquiterpénicas se empleó como fase móvil una mezcla de solventes de cloroformo:metanol en proporción de 9:1 y como fase estacionaria cromatofolios TLC de sílice gel con indicador fluorescente F254.

La cromatografía en columna se llevó a cabo en micro columnas en pipetas Pasteur de 14.6 cm x 0.8 cm, utilizando un tapón de algodón seguido de 1.5 gr de sílice gel para columna (Whatman, Purasil 60A 230-400 Mesh ASTM) como fase estacionaria y como fase móvil una mezcla de solventes cloroformo:metanol (9:1).

Espectrofotometría UV-vis

El análisis por espectrofotometría UV-vis se realizó a partir de las fracciones seleccionadas obtenidas en la cromatografía en columna, para ello se pesaron 2 mg de extracto seco de cada una de las muestras se disolvieron en alcohol etílico al 96% aforando en un matraz volumétrico de 20 mL, colocando en Celdas-UV macro de 12.5 x 12.5 x 4 mm, (BRAND), para obtener un espectro de absorción en un Espectrofotómetro UV-vis (JENWAY 6715), en un rango de longitud de onda de 200 a 1000.

Espectrofotometría FT-IR

El análisis por espectrofotometría FT-IR se realizó en el Laboratorio Ambiental del Centro de Proyectos Tamaulipas (CEPROTAM, A.C.), ubicado dentro de las instalaciones de Unidad Académica Multidisciplinaria Reynosa-Rodhe, a partir de las fracciones seleccionadas obtenidas en la cromatografía en columna, para ello se pesaron 2 mg de extracto seco de cada una de las muestras se disolvieron en alcohol etílico al 96% aforando en un matraz volumétrico de 20 mL, en Celdas PerkinElmer para UV-vis 10 mm (B0631009), para obtener un espectro de absorción en un Espectrofotómetro FT-IR (PerkinElmer Spectrum Two), en un rango de longitud de onda de 450 a 4000 cm^{-1} , empleando el programa ACD/Labs Spectrus Processor 2019.1.3. (Versión S05S41), para su interpretación.

Resultados y discusión

En los resultados obtenido, se determinó el rendimiento de cada extracto de *Ratibida columnifera*, se calculó en base al peso del extracto seco y el peso de material vegetal seco obtenido de la filtración de cada extracción (Tabla 1).

En el análisis de la identificación fitoquímica se realizaron los ensayos confirmatorios para lactonas sesquiterpénicas, como fueron: Baljet (observando coloraciones naranja o rojo, para resultado positivo), Legal (observando coloraciones

Extracto	Rendimiento
EtOH	46.95%
AcEtO	38.29%

Tabla 1. Análisis de % de rendimiento de los extractos de *Ratibida columnifera*.

rojo, para resultado positivo) e Hidroximato Férrico (observando coloraciones violácea, para resultado positivo), en donde se realizó a cada una de las fracciones obtenidas en la cromatografía en columna, confirmando el aislamiento de la lactona sesquiterpénica presente en la fracción 2 de ambos extractos.

En el análisis por espectrofotometría UV-vis se detectaron señales de absorción que pertenecen a las lactonas sesquiterpénicas 214 nm (α,β -insaturadas 205-225 nm) y 229 nm (eudesmanólidos, 214-230 nm) en el extracto de alcohol etílico y para el extracto en acetato de etilo señales de absorción 215 nm (α,β -insaturadas 205-225 nm) y 224 nm (eudesmanólidos, 214-230 nm).

El análisis que se realizó por espectrofotometría FT-IR, con el propósito de observar la presencia de los diferentes grupos funcionales pertenecientes las lactonas sesquiterpénicas, obteniendo las lecturas correspondientes realizadas a la fracción 2 obtenida en la cromatografía en columna, semejando una γ -lactona sesquiterpénica, la fracción empleada a partir del extracto en alcohol etílico se detectó la presencia de una lactona sesquiterpénica (Mexicanina I; Figura 2), con bandas significativas en un grupo lactona (1178 cm^{-1}), cicloheptanol (1022 cm^{-1}), alqueno (1581 cm^{-1}), cetona (1652 cm^{-1}), éster (1705 cm^{-1}) y alcohol secundario saturado (1393 cm^{-1}) (Figura 3), entre otras.

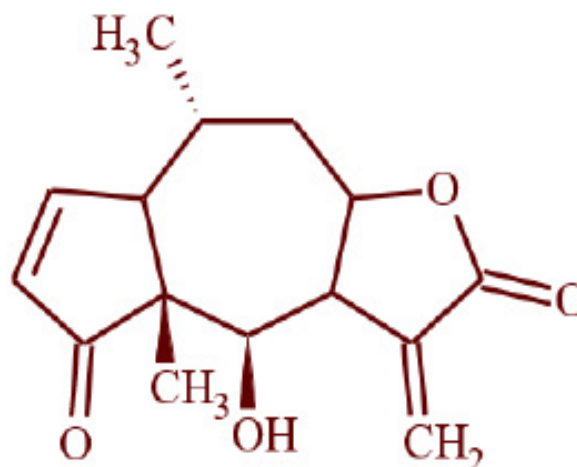


Fig. 2. Estructura química Mexicanina I.

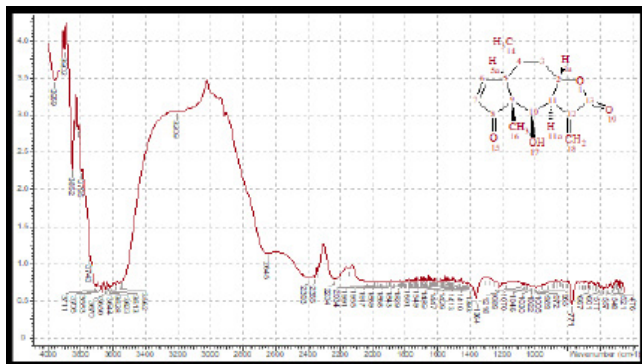


Fig. 3. Espectro de absorción FT-IR Mexicanina I.

En la fracción utilizada a partir del extracto en acetato de etilo se encontró la presencia de una lactona sesquiterpénica (Ratibinólido I; Figura 4), con bandas significativas en un grupo lactona (1161 cm^{-1}), ciclohexano (1464 cm^{-1}), metil alfa saturado (1398 cm^{-1}), cetona saturada (1710 cm^{-1}), ciclopropano (1032 cm^{-1}) y ciclopentanona (1739 cm^{-1}) (Figura 5), entre otras.

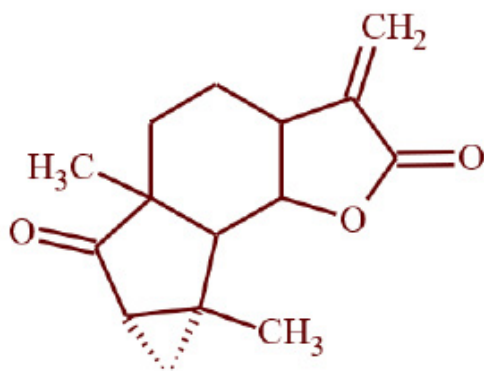


Fig. 4. Estructura química de Ratibinólido I.

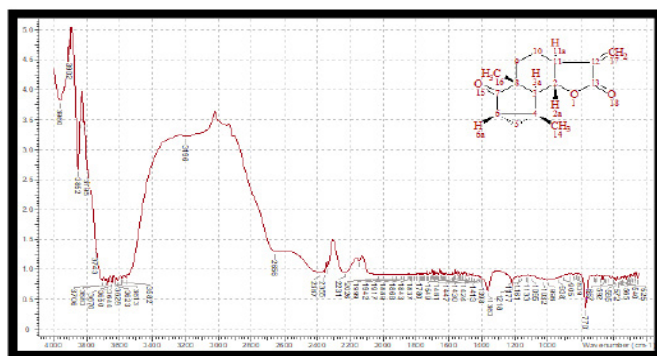


Fig. 5. Espectro de absorción FT-IR Ratibinólido I.

Las plantas poseen una gran variedad fitoquímicos que son provechosos en tratamientos como la inflamación y tienen un número menor de efectos secundarios (Ramírez et al. 2020).

Las diferentes especies de plantas que presentan en su composición química lactonas sesquiterpénicas que se caracte-

rizan por poseer diversas actividades farmacológicas como son analgésicas y antiinflamatorias (Morales et al. 2019).

La perspectiva futura de esta investigación basada en la literatura publicada podría ser una guía para los programas de descubrimiento de fármacos antiinflamatorios y anticancerígenos para los próximos investigadores.

Conclusiones

El estudio de *Ratibida columnifera*, radica en investigación de plantas de origen norteamericano, y su evaluación química estructural en la búsqueda de nuevos compuestos bioactivos que ofrezcan una gran diversidad química con potencial biológico y terapéutico. Las lactonas sesquiterpénicas presentes en las flores de *Ratibida columnifera*, podrían ser potente precursor para la obtención de nuevas moléculas con efectos analgésicos y antiinflamatorios.

Agradecimientos

Agradecemos al Laboratorio Ambiental del Centro de Proyectos Tamaulipas (CEPROTAM, A.C.), por su apoyo para la realización de los análisis por espectrofotometría IR.

Referencias

- DINARELLO C. A. (2010). Anti-inflammatory Agents: Present and Future. *Cell*, 140(6), 935–950. doi: 10.1016/j.cell.2010.02.043
- CHEN, L.; Deng, H.; Cui, H.; Fang, J.; Zuo, Z.; Deng, J.; Li, Y.; Wang, X. & Zhao, L. (2018). Inflammatory responses and inflammation-associated diseases in organs. *Oncotarget*. 9(6); 7204-7218.
- AMADO, M.; Atusparia, G.; Huamán, M.; Méndez, A.; Prado, E.; Jurupe, H. & Herencia, V. (2020). Actividad antiinflamatoria del extracto etanólico de las hojas de *Manihot esculenta* Crantz (Yuca) en un modelo experimental de inflamación aguda. *Rev. Fac. Med. Hum.* 20(1); 94-98.
- OLIVERA, M.; Silva, M.; Lara, T.; Couto, V.; Coelho, Y. & Nunes, C. (2019). The chronic use of non-steroid anti-inflammatory and their adverse effects. *Revista Caderno de Medicina*. 2(2); 90-100.
- MARCÉN, B.; Sostres, C. & Lanás, A. (2016). AINEs y riesgo digestivo. *Atención Primaria*. 48(2); 73-76.
- SCHMELTZER, P. (2019). Drug-induced liver injury due to non-steroidal anti-inflammatory drugs. *Current Hepatology Reports*. 18; 294-299.
- BARTON, A.; Vassalotti, J.; Fox, C.; Carroll, J.; Pulver, G.; Dickinson, L. & Pace, W. (2020). Association between NSAID exposure and kidney function decline in primary care patient. *American Society of Nephrology*. 1-9. doi: 10.34067/KID.0001102019
- RAMÍREZ, M.; Dranguet, D. & Morales, J. (2020). Actividad antiinflamatoria de plantas medicinales. *Revista Granmense de Desarrollo Local*. 16; 320-332.
- RICHARDS, E. (1968). A Monograph of the Genus *Ratibida*. *Rhodora*, 70(783), 348-393.
- MOERMAN, D. (2010). *Native American Food Plants: An Ethnobotanical Dictionary*. Estados Unidos: Timber Press.
- EASON, M. (2018). *Wildflowers of Texas*. Estados Unidos: Timber Press.

- CARMAN, N. J.; Watson, T.; Bierner, M. W.; Averett, J.; Sanderson, S.; Seaman, F. C. & Mabri, T. J. (1972). 6-Methoxyapigenin from Thirty-Four Species of Compositae. *Phytochemistry*, 11, 3271-3272.
- HERZ, W.; Kulanthaivel, P. & Goedken, V. (1984). Structures of the Raibnolides, Sesquiterpene Lactones with a New Carbon Skeleton, and Unusual Xanthanolides from *Ratibida columnifera*. *Journal Organic Chemistry*, 50, 610-617.
- ELLMAUERER, E.; Pathak, V. P.; Jakupovic, J.; Bohlmann, F.; Dominguez, X. A.; King, R. M. & Robinson, H. (1987). 6 β -Lactonized Xanthanolides from *Ratibida* Species. *Phytochemistry*. 26 (1), 159-163.
- CUI, B.; Lee, Y. H.; Chai, H.; Tucker, J. C.; Fairchild, C. R.; Raventos, C.; Long, B.; Lane, K. E.; Menendez, A. T.; Beecher, C. W.; Cordell, G. A.; Pezzuto, J. M. & Kinghorn, A. D. (1999). Cytotoxic Sesquiterpenoids from *Ratibida columnifera*. *Journal Natural Product*, 62, 1545-1550.
- RAMÍREZ, M.; Dranguet, D. & Morales, J. (2020). Actividad antiinflamatoria de plantas medicinales. *Revista Granmense de Desarrollo Local*. 16; 320-332.
- MORALES, J. A.; González, A.; Peña, D.; Guardia, Y. & Torres, E. (2018). In vitro anti-inflammatory activity of aqueous, ethanolic and ethereal extracts of rhizomes, leaves and stems of *Anredera vesicaria*. *J. Anal. Pharm. Res.*, 7(4): 459-461.

CAPACIDAD CALORÍFICA Y COMPENSACIÓN ENTRÓPICA-ENTÁL- PICA DE LA UNIÓN DE INDOMETACI- NA CON CICLODEXTRINAS



Adrián Ricardo Hipólito Nájera*¹, Rosario Moya Hernández¹, Norma Rodríguez Laguna¹,
Luis I. Reyes-García¹, Alberto Rojas Hernández², Rodolfo Gómez Balderas¹

¹Laboratorio de Físicoquímica Analítica, Unidad de Investigación Multidisciplinaria, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México, Cuautitlán Izcalli, C.P. 54700, Edo. Méx., México, a.ricardohipolito.n@gmail.com

²Departamento de Química, Área de Química Analítica, UAM-Iztapalapa, Apdo. Postal 55-534, 09340 Iztapalapa, Cd. Méx., México



Resumen

La indometacina (IMC) es un antiinflamatorio no esteroideo (AINE) de uso terapéutico, poco soluble, lo que impide su estudio en solución acuosa. Para aumentar la solubilidad de la IMC se proponen ciclodextrinas (CDs). Los complejos de inclusión de IMC con CDs son poco estudiados, así como su estudio termodinámico; útil para entender estabilidad y biodisponibilidad. Este trabajo busca estudiar la capacidad calorífica (ΔC_p) y la relación entálpica-entrópica a partir de datos termodinámicos, $\log K_{1:1}$, ΔH , ΔG y $T\Delta S$, de la inclusión a diferentes temperaturas de IMC con 5 diferentes ciclodextrinas; α -, β -, γ -, HP- β - and HP- γ -CD. Se usó calorimetría de titulación isotérmica (ITC). Se logró entender por qué la HP- β -CD es la que mejor incluye a la IMC debido a mejor estabilidad. Encontrando al tamaño de la CD como determinante en los valores de ΔH y $T\Delta S$. Además del rol de las interacciones hidrofóbicas y la deshidratación en el fenómeno de inclusión.

Palabras clave: AINEs, ciclodextrinas, calorimetría de titulación isotérmica, capacidad calorífica, inclusión.

Antecedentes

La indometacina (IMC) es un fármaco antiinflamatorio, analgésico y antipirético. Con fórmula molecular $C_{19}H_{16}ClNO_4$ y de nombre ácido 2-[1-(4 chlorobenzoyl)-5-metoxi-2-metilindol-3-il] acético (Fig. 1). Como fármaco antiinflamatorio no esteroideo (AINE) es un miembro de la familia de los ácidos arilalcanoicos. Se prescribe para artritis reumatoide, osteoartritis, gota, bursitis, etc. (Valentovic, 2007). Es muy poco soluble en agua ($<0.01\text{mg/ml}$).

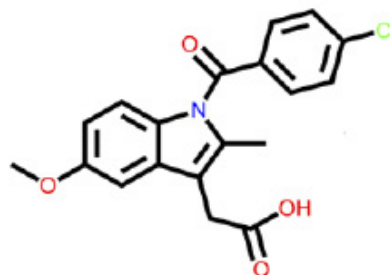


Fig. 1. Estructura de la IMC.

Ya que el uso terapéutico de la IMC es extensivo, y la distribución del fármaco en el cuerpo depende de sus propiedades fisicoquímicas (Bernardi, 2009), el estudio termodinámico de la IMC en solución acuosa es fundamental (Ruidiaz, 2010).

Debido a su baja solubilidad en agua, existe poca información fisicoquímica de la IMC en solución (Ruidiaz, 2010).

Un método común, para incrementar la solubilidad de fármacos insolubles, es el uso de ciclodextrinas (CDs). Las CDs son moléculas solubles en agua con un centro no polar, que permite la inclusión de moléculas no polares o poco solubles, como la IMC (Fig 2) (Crini, 2014).

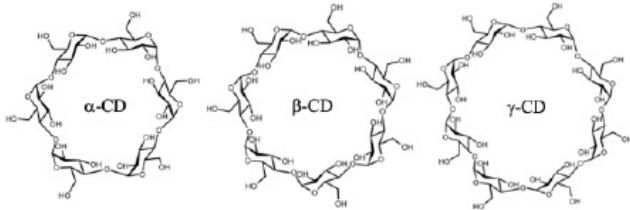


Fig. 2. Estructura de las CDs nativas. α -, β -, y γ -CD.

Debido a que las CDs son un producto de la degradación del almidón, son poco tóxicas y seguras para su uso en diferentes industrias como la alimentaria y la farmacéutica (Szejtli, 1988). Su nombre, el tamaño de las CDs, así como la apertura de la cavidad dependen del número de unidades glucopiranosas que forman a las CDs. La α -CD tiene 6 unidades glucopiranosas y es la más pequeña, la β -CD tiene 7 unidades y la γ -CD tiene 8, siendo ésta última, una de las CDs más grandes. A pesar de que existen CDs aún más grandes, las tres anteriores son las más comunes (nativas) (Crini, 2014). Existen CDs sustituidas que permiten modificar diferentes propiedades, como la solubilidad o la capacidad de incluir. Uno de los sustituyentes más comunes es el 2-hidroxiopropilo (HP), que permite incrementar la solubilidad y mejorar la capacidad de inclusión de la CD nativa (Hipólito-Najera, 2019).

Muchos reportes, del incremento de solubilidad de la IMC, se han descrito y publicado (Jambhekar, 2004), pero la información de los parámetros termodinámicos con cambios en temperatura no ha sido estudiada hasta el momento. Lo anterior ayudaría a estudiar la capacidad calorífica (ΔC_p) y las contribuciones entrálpicas-entrópicas.

La capacidad calorífica, como consecuencia o dependencia de la contribución entrálpica con la temperatura, permite una comparación más detallada entre la transferencia de moléculas hidrofóbicas de un medio polar a uno apolar o el rol de las moléculas de agua en las interacciones moleculares (Basu, 2018). La relación entrópica-entrálpica ha sido usada para comprender cambios conformacionales y de desolvatación, es usada en sistemas donde las interacciones no covalentes dominan (Cooper, 2001).

Objetivo(s)

Este trabajo busca estudiar la capacidad calorífica (ΔC_p) y la relación entrálpica-entrópica a partir de datos termodinámicos de la inclusión a diferentes temperaturas de IMC con 5 diferentes ciclodextrinas; α -, β -, γ -, HP- β - and HP- γ -CD, usando calorimetría de titulación isotérmica (ITC, por sus siglas en inglés), para entender la formación, la estabilidad del ensamblado molecular, así como el rol de las interacciones hidrofóbicas en el fenómeno de inclusión.

Parte experimental

Reactivos

Indometacina de sodio (NaIMC) 97% PM 379.8g/mol. α -CD \geq 98% (HPLC) PM 972.86 g/mol, Fluka. β -CD \geq 97% PM 1134.98 g/mol, Sigma-Aldrich. γ -CD PM 1297.1 g/mol, Sigma-Aldrich. 2-HP- β -CD (HP- β -CD) MS 0.6 PM 1541.54 g/mol, Sigma-Aldrich. 2-HP- γ -CD (HP- γ -CD) MS 0.6 PM 1761.8 g/mol, Sigma-Aldrich. Fosfato de sodio dibásico anhidro \geq 99.7% PM 141.96 g/mol, Fermont.

Equipos.

Microcalorímetro VP-ITC de GE, Balanza analítica, Pioneer Ohaus \pm 0.0002g. Parrilla de agitación, StableTemp, Cole-Parmer. Material de vidrio.

Metodologías

Una solución de NaIMC fue preparada a 5.5×10^{-4} M en buffer de fosfato 0.1 M pH 7. Cada solución de α -, β -, γ -, HP- β - ó HP- γ -CD fue preparada alrededor de 1.7×10^{-2} M en buffer de fosfatos 0.1 M a pH 7.

Experimentos de titulación. Una solución de 5.5×10^{-4} M de NaIMC en buffer de fosfatos de 0.1 M a pH 7 fue vertida en la celda de reacción de 1.4 mL. La jeringa fue llenada con aproximadamente 280 μ L 1.7×10^{-2} M de solución de CD en buffer de fosfatos 0.1 M a pH 7. El experimento de titulación fue realizado con 35 adiciones de 8 μ L por 16 s cada adición, el equilibrio entre adiciones fue establecido a 360 s, y la velocidad de agitación fue de 351 rpm a 293.15, 298.15, 303.15 o 305.15 K. La celda de referencia fue llenada con agua desionizada 18 M Ω -cm.

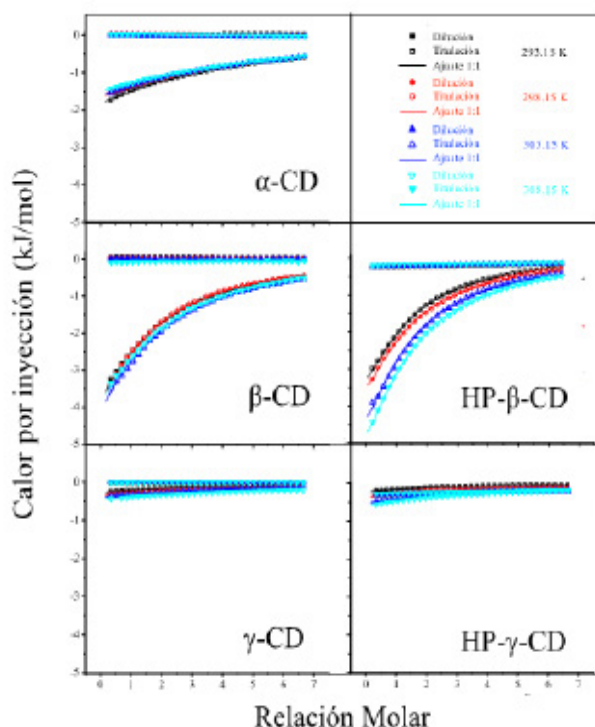
Experimentos de dilución. Una solución de buffer de fosfatos 0.1 M a pH 7 fue vertido en la celda de reacción. La jeringa fue llenada con aproximadamente 280 μ L de 1.7×10^{-2} M de solución de CD en buffer de fosfatos 0.1 M a pH 7. Se realizaron 35 adiciones, de 8 μ L cada adición los cuales se adicionaron en 16 s y se dejaron 360 s entre adición, con una agitación de 351 rpm a 293.15, 298.15, 303.15 o 305.15 K. La celda de referencia fue llenada con agua desionizada 18 M Ω -cm.

Para cada CD, las metodologías para titulación y dilución fue la misma. Ambos resultados de los experimentos de dilución y titulación fueron analizados por el software AFFINImeter. Resultados y discusión

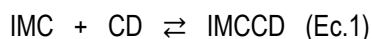
La calorimetría de titulación isotérmica (ITC, por sus siglas en inglés) es de gran ayuda para estudiar interacciones débiles como lo son las interacciones de IMC con CDs, ya que las fuerzas que predominan son principalmente de van der Waals e interacciones hidrofóbicas.

Los resultados de la interacción de IMC con CDs por ITC se muestran en la Fig 3.

Fig. 3. Isothermas de titulación de IMC con CDs.



Los resultados de la Fig. 3 fueron ajustados a un modelo de interacción 1:1 (Ec. 1).



Del ajuste al modelo, se lograron obtener los parámetros de $\log K_{1:1}$, ΔG , ΔH y $T\Delta S$ los cuales pueden observarse en la Tabla 1.

En la Tabla 1 se aprecia que independientemente de la temperatura y la CD, todas las interacciones son estables ($\log K_{1:1} > 0$), espontáneas ($\Delta G < 0$) y exotérmicas ($\Delta H < 0$). Los valores de $\log K_{1:1}$ y ΔG son diferentes para cada CD. $\log K_{1:1}$ sigue el siguiente orden de estabilidad $\text{HP-}\beta\text{-CD} >$

$\beta\text{-CD} > \text{HP-}\gamma\text{-CD} > \gamma\text{-CD} > \alpha\text{-CD}$, mientras que los valores de ΔG incrementan en el siguiente orden $\text{HP-}\beta\text{-CD} < \beta\text{-CD} < \text{HP-}\gamma\text{-CD} < \gamma\text{-CD} < \alpha\text{-CD}$. El sustituyente HP favorecen a $\log K_{1:1}$ y ΔG . Sin embargo, el cambio de $\log K_{1:1}$ y ΔG con la temperatura no tiene mucho cambio.

Como se observa en la Tabla 1, todos los procesos de inclusión son exotérmicos, el orden de exotermicidad es el siguiente $\alpha\text{-CD} > \beta\text{-CD} > \text{HP-}\beta\text{-CD} > \gamma\text{-CD} > \text{HP-}\gamma\text{-CD}$. Se aprecia que la cavidad de la CD tiene un impacto en ΔH . Con la temperatura el ΔH se hace más exotérmico, para todas las CDs (Fig. 4).

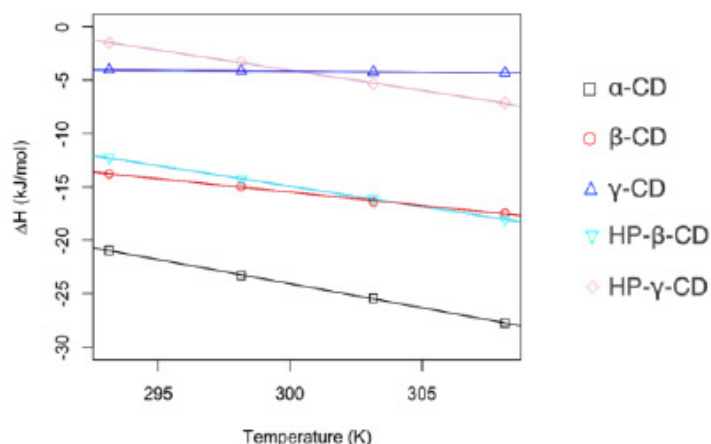


Fig. 4. ΔH vs. Temperatura.

El comportamiento de ΔH se explica por mayor interacción entre la IMC y la CD. Debido a un menor tamaño la $\alpha\text{-CD}$ tiene una mayor interacción y debido al incremento de la cavidad el contacto se disminuye, de igual manera, los grupos HP de la CD parecen no incrementar estas interacciones.

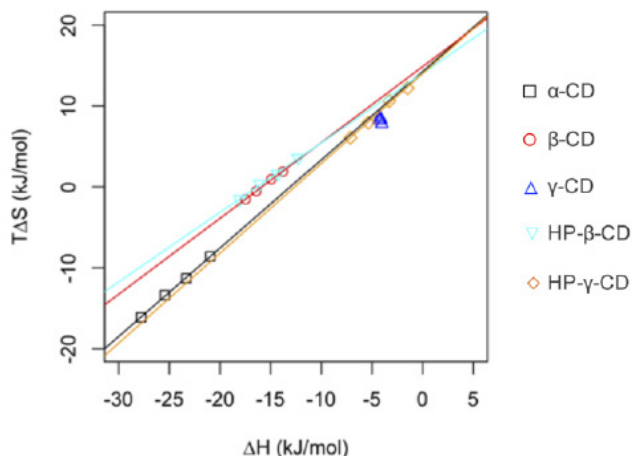
La disminución del ΔH al incrementar la temperatura es ligeramente más drástico cuando las CDs están sustituidas. Las pendientes de las curvas de la Fig. 4 se relacionan a la capacidad calorífica (ΔC_p) de la interacción de IMC con CDs (Weber, 1995). Los valores de ΔC_p se observan en Tabla 1. Todos los valores de ΔC_p son negativos, que sean negativos indica que las interacciones incrementan con la temperatura, lo que es indicio de que la IMC no polar está entrando a la cavidad no polar (Weber, 1995). El orden de valores de ΔC_p sigue el orden: $\alpha\text{-CD} > \beta\text{-CD} > \text{HP-}\beta\text{-CD} > \text{HP-}\gamma\text{-CD} > \gamma\text{-CD}$. Como puede observarse, aunque el incremento de la temperatura favorece las interacciones, principalmente hidrofóbicas, no parecen favorecer, en general, a la estabilidad del complejo de inclusión. Para estudiar mejor el equilibrio que permita explicar la mejora de la estabilidad de unas CDs respecto de otras se realizará un análisis de la compensación entrópica-entálpica.

La Fig. 5 muestra la relación entre los valores de ΔH y de $T\Delta S$.

T (K)	logK _{1:1}	ΔG (kJ/mol)	ΔH (kJ/mol)	TΔS (kJ/mol)	ΔC _p (J/molK)
α-CD					
293.15	2.20 ± (5.71×10 ⁻⁴)	-12.36 ± (2.59×10 ⁻⁴)	-20.95 ± 0.02	-8.58 ± 0.03	
298.15	2.11 ± (1.62×10 ⁻³)	-12.02 ± (7.66×10 ⁻⁴)	-23.31 ± 0.06	-11.29 ± 0.04	
303.15	2.08 ± (1.03×10 ⁻³)	-12.08 ± (4.96×10 ⁻⁴)	-25.44 ± 0.04	-13.37 ± 0.04	
308.15	1.98 ± (1.27×10 ⁻³)	-11.67 ± (6.42×10 ⁻⁴)	-27.78 ± 0.06	-16.11 ± 0.05	
					-425.75 ± 27.25
β-CD					
293.15	2.79 ± (3.24×10 ⁻⁴)	-15.67 ± (1.22×10 ⁻⁴)	-13.77 ± 0.005	1.899 ± 0.006	
298.15	2.78 ± (8.72×10 ⁻⁴)	-15.88 ± (3.13×10 ⁻⁴)	-14.93 ± 0.01	0.947 ± 0.003	
303.15	2.74 ± (5.84×10 ⁻⁴)	-15.88 ± (2.13×10 ⁻⁴)	-16.411 ± 0.007	-0.528 ± 0.002	
308.15	2.70 ± (5.61×10 ⁻⁴)	-15.93 ± (2.08×10 ⁻⁴)	-17.459 ± 0.009	-1.527 ± 0.005	
					-251.06 ± 48.22
γ-CD					
293.15	2.11 ± (1.32×10 ⁻³)	-11.83 ± (6.27×10 ⁻⁴)	-4.04 ± 0.01	7.79 ± 0.03	
298.15	2.17 ± (1.49×10 ⁻³)	-12.39 ± (6.86×10 ⁻⁴)	-4.13 ± 0.01	8.26 ± 0.03	
303.15	2.21 ± (2.44×10 ⁻³)	-12.80 ± (1.10×10 ⁻³)	-4.23 ± 0.02	8.57 ± 0.03	
308.15	2.13 ± (3.94×10 ⁻³)	-12.58 ± (1.85×10 ⁻³)	-4.30 ± 0.03	8.28 ± 0.03	
					-17.68 ± 3.61
HP-β-CD					
293.15	2.82 ± (1.41×10 ⁻³)	-15.84 ± (4.99×10 ⁻⁴)	-12.26 ± 0.02	3.57 ± 0.01	
298.15	2.78 ± (6.11×10 ⁻⁴)	-15.88 ± (2.19×10 ⁻⁴)	-14.29 ± 0.01	1.59 ± 0.01	
303.15	2.84 ± (4.70×10 ⁻⁴)	-16.47 ± (1.65×10 ⁻⁴)	-16.07 ± 0.01	0.400 ± 0.001	
308.15	2.80 ± (5.76×10 ⁻⁴)	-16.54 ± (2.05×10 ⁻⁴)	-18.06 ± 0.01	-1.52 ± 0.01	
					-383.44 ± 28.84
HP-γ-CD					
293.15	2.439 ± 0.005	-13.69 ± (2.22×10 ⁻³)	-1.49 ± 0.01	12.20 ± 0.04	
298.15	2.439 ± 0.002	-13.92 ± (6.36×10 ⁻⁴)	-3.30 ± 0.01	10.62 ± 0.04	
303.15	2.292 ± 0.001	-13.30 ± (4.55×10 ⁻⁴)	-5.36 ± 0.01	7.94 ± 0.03	
308.15	2.239 ± 0.001	-13.21 ± (4.55×10 ⁻⁴)	-7.13 ± 0.01	6.08 ± 0.02	
					-379.76 ± 33.92

Table 1. Resultados termodinámicos de las interacción IMC con CDs a diferentes temperaturas.

Fig. 5. Curvas de la compensación entálpica entrópica ΔH vs. Temperatura.



Esta relación nos permite observar qué contribución tiene más peso en la estabilidad de los complejos. Se puede observar en la Fig. 5 que hay cierta agrupación o zonas en las cuales la estructura de las CDs tiene valores parecidos. Se observa que a valores muy negativos de ΔH y $T\Delta S$ predominara la estructura de α -CD, y a valores cercanos a $T\Delta S = 0$ se encuentran los experimentos con β -CD, y a $T\Delta S$ positivos los experimentos con estructuras del tipo γ -CD. En la tabla 2 se muestran los resultados de un ajuste de mínimos cuadrados para obtener la pendiente de las curvas de la Fig. 5.

Tabla 2. Valores de pendiente, $T\Delta S_0$ y ΔH_0 de las curvas de la Fig. 5.

CD	pendiente	$T\Delta S_0$ (kJ/mol)	ΔH_0 (kJ/mol)
α	1.09 ± 0.11	14.24 ± 2.71	-13.06 ± 2.71
β	0.94 ± 0.11	14.85 ± 1.75	-15.85 ± 1.75
HP- β	0.86 ± 0.18	14.07 ± 2.71	-16.35 ± 2.71
HP- γ	1.11 ± 0.24	14.00 ± 1.17	-12.62 ± 1.19

Esta pendiente nos indica el grado de correlación lineal entre ΔH y $T\Delta S$. α -CD y HP- γ -CD tienen valores mayores de 1, señal de que el valor de $T\Delta S$ tiene mayor impacto. Por otra parte, para β -CD y HP- β -CD, los valores son menores de 1, prueba de que ΔH tiene mayor impacto en la compensación. La γ -CD no mostró comportamiento lineal. De este análisis es posible determinar el valor de $T\Delta S_0$ que nos indica el valor de $T\Delta S$ cuando $\Delta H = 0$ y ver el grado de desorden que estabilizarían el complejo, que se puede asignar a la liberación de moléculas de agua dentro de la cavidad. Los valores son muy parecidos entre sí, pero los más grandes son con la β - y α -CD, mientras que los más bajos son con la HP- β -CD y la HP- γ -CD. Estos valores indicarían que, sin interacciones, el complejo que mejor se estabilizaría sería IMC- β -CD. Se observa que los sustituyentes HP son los que dictarían las

interacciones lo que explicaría sus valores tan parecidos.

Otro parámetro que se puede obtener, fue el ΔH_0 el cual es un valor que supone que no hay aportación debido a $T\Delta S$ ($T\Delta S = 0$). Los valores más grandes los tienen la HP- β - y la β -CD, mientras que con α - y HP- γ -CD los valores son los más pequeños. Estos valores indican que para estabilizar al complejo existen interacciones que en la α - y HP- γ -CD es posible que no se den. A pesar de que la relación entre ΔH y $T\Delta S$ son las que indicarán la manera de interactuar, el análisis anterior nos permite diseccionar estas componentes de una manera más directa para poder compararlas.

Por lo tanto, las razones que permiten entender que la HP- β - y la β -CD sean las que mejor incluyen a la IMC son: el acercamiento de la IMC a la cavidad, el equilibrio entre las interacciones hidrófobas, así como el tamaño que permite esta interacción sean más efectivas ya que se observa que con la α -, γ -CD y HP- γ -CD, no se crean las condiciones más efectivas para incluir a la IMC.

Conclusiones

Se logró estudiar la capacidad calorífica (ΔC_p) y la relación entálpica-entrópica a partir de datos termodinámicos de la inclusión a diferentes temperaturas de IMC con 5 diferentes ciclodextrinas; α -, β -, γ -, HP- β - and HP- γ -CD, usando calorimetría de titulación isotérmica (ITC).

Fue posible entender que se forma un complejo de inclusión entre la IMC y cada una de las CDs, logrando comprobar que esto se lleva a cabo por el desplazamiento de la IMC de un medio polar a uno no polar.

La estabilidad del complejo dependerá de la relación entre ΔH y $T\Delta S$, pero el tamaño tendrá gran implicación para que las interacciones hidrófobas, así como la salida de moléculas de agua de la cavidad se lleven a cabo.

De lo anterior es posible indicar que la HP- β -CD y la β -, son más estables debido a un tamaño más efectivo para que se lleven a cabo las interacciones hidrófobas entre la IMC y la CDs, además de que en este caso los grupos HP, tienen un efecto positivo en la inclusión.

Agradecimientos

A.R.H.N agradece al CONACYT por la beca de doctorado con número 300687.

Los autores agradecen a:

UNAM-PAPIIT IN218118 "Complejos de Cu(II) y Zn(II) con fármacos antiinflamatorios".

UNAM-FESC-PIAPI 1846: “Complejos de inclusión de ciclodextrinas con moléculas orgánicas de interés biológico”.
LANCAD-UNAM-DGTIC-058: “Complejación de fármacos antiinflamatorios no esteroidales con iones Cu(II) y Zn(II)”.

Referencias

- VALENTOVIC, M. (2007). Indomethacin. In *xPharm: The Comprehensive Pharmacology Reference*, 1–5. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-008055232-3.61929-4>
- RUIDIAZ, M. A., Delgado, D. R., Martínez, F., & Marcus, Y. (2010). Solubility and preferential solvation of indomethacin in 1,4-dioxane+water solvent mixtures. *Fluid Phase Equilibria*, 299(2), 259–265. <https://doi.org/10.1016/j.fluid.2010.09.027>
- BERNARDI, A., Braganhol, E., Jäger, E., Figueiró, F., Edelweiss, M. I., Pohlmann, A. R., Guterres, S. S., & Battastini, A. M. O. (2009). Indomethacin-loaded nanocapsules treatment reduces in vivo glioblastoma growth in a rat glioma model. *Cancer Letters*, 281(1), 53–63. <https://doi.org/10.1016/j.canlet.2009.02.018>
- CRINI, G. (2014). Review: A History of Cyclodextrins. *Chemical Reviews*, 114(21), 10940–10975. <https://doi.org/10.1021/cr500081p>
- SZEJTLI, J. (1988). *Cyclodextrin Technology* (Vol. 1). Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/978-94-015-7797-7>
- HIPÓLITO-NÁJERA, A. R., del Rosario Moya-Hernández, M., Rojas-Hernández, A., & Gómez-Balderas, R. (2019). Interaction of indomethacin–cyclodextrins in water by UV–Vis and ITC. *Journal of Inclusion Phenomena and Macrocyclic Chemistry*, 95(1–2), 55–62. <https://doi.org/10.1007/s10847-019-00915-9>
- JAMBHEKAR, S., Casella, R., & Maher, T. (2004). The physicochemical characteristics and bioavailability of indomethacin from β -cyclodextrin, hydroxyethyl- β -cyclodextrin, and hydroxypropyl- β -cyclodextrin complexes. *International Journal of Pharmaceutics*, 270(1–2), 149–166. <https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2003.10.012>
- AFFINIMETER- The software for molecular interactions [Internet]. [cited 2020 Jan 21]. Available from: <https://www.affinimeter.com/site/>
- BASU, A., & Suresh Kumar, G. (2018). Thermodynamic analysis of the complexation of quinacrine with tRNAPhe. *The Journal of Chemical Thermodynamics*, 120, 27–32. <https://doi.org/10.1016/j.jct.2018.01.002>
- COOPER, A., Johnson, C. M., Lakey, J. H., & Nöllmann, M. (2001). Heat does not come in different colours: entropy–enthalpy compensation, free energy windows, quantum confinement, pressure perturbation calorimetry, solvation and the multiple causes of heat capacity effects in biomolecular interactions. *Biophysical Chemistry*, 93(2–3), 215–230. [https://doi.org/10.1016/S0301-4622\(01\)00222-8](https://doi.org/10.1016/S0301-4622(01)00222-8)
- WEBER, G. (1995). Van't Hoff revisited: Enthalpy of association of protein subunits. *Journal of Physical Chemistry*, 99(3), 1052–1059. <https://doi.org/10.1021/j100003a031>



**CIENCIAS
BIOLÓGICAS**

ENCAPSULACIÓN DE LOS ANTIOXIDANTES RESVERATROL, CURCUMINA Y PIPERINA EN ACARREADORES LIPÍDICOS NANOESTRUCTURADOS PARA SU APLICACIÓN EN PIEL



*Alegre Angélica Flores Pérez, Flora Adriana Ganem Rondero**

*FES-Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México
alegreflores@gmail.com, ganemq@hotmail.com*



Antecedentes

Resumen

La producción excesiva de especies reactivas de oxígeno tiene efectos negativos sobre el ser humano, como el envejecimiento y el cáncer cutáneo. Para prevenir dichos efectos, se ha recurrido a productos antioxidantes de origen natural, como la curcumina y el resveratrol. Estos fitoquímicos son compuestos fotosensibles, químicamente inestables y tienen poca solubilidad acuosa, por lo que su aplicación terapéutica se ve limitada. Los acarreadores lipídicos nanoestructurados (NLC por sus siglas en inglés) son sistemas atractivos para la encapsulación de este tipo de compuestos. En el presente trabajo se han diseñado NLC cargados con curcumina y resveratrol, empleando piperina como promotor de absorción percutánea. El tamaño de partícula de los NLC fabricados con Geleol® y Labrasol® fue menor a 50 nm, con un índice de polidispersión de alrededor de 0.200. Los NLCs obtenidos se plantean como sistemas de suministro tópico de la curcumina-piperina y del resveratrol-piperina con potencial aplicación antioxidante.

Palabras clave: antioxidantes, fitoquímicos, diseño y caracterización de NLC.

Las especies reactivas de oxígeno (ERO) son productos de reacciones de óxido-reducción que suceden en el ser humano de manera natural, dinámica y continua (San-Miguel & Martín-Gil, 2009). Factores exógenos como la exposición a la radiación UV, contaminantes ambientales y productos del metabolismo de medicamentos incrementan su formación (Neha, Haider, Pathak & Yar, 2019). En exceso, las ERO pueden oxidar y dañar componentes celulares como proteínas, lípidos de membrana y DNA, favoreciendo así procesos naturales y patológicos, como el envejecimiento de la piel y la carcinogénesis cutánea, respectivamente (Baumann, 2009; Narendhirakannan & Hannah, 2013). Las células de nuestro organismo responden espontáneamente a los incrementos en los niveles de ERO a través de moléculas y enzimas antioxidantes, sin embargo, esta respuesta puede ser insuficiente (Jager, Cockrell & Du Plessis, 2017). Por ello, se ha recurrido a productos antioxidantes de origen natural para prevenir los efectos dañinos de la producción excesiva y constante de las ERO.

El resveratrol y la curcumina son ejemplos de fitoquímicos con propiedades antioxidantes (Narendhirakannan & Hannah,

2013). El resveratrol es un polifenol que está presente en las uvas, vino, arándanos y cacahuates. Se ha reportado que la aplicación tópica de este polifenol en ratones sin pelo SKH-1 disminuye significativamente la generación de ERO y retrasa el inicio de la carcinogénesis cutánea en ratones expuestos a radiación UV (Afaq, Adhami & Ahmad, 2003; Aziz, Afaq & Ahmad, 2005; Narendhirakannan & Hannah, 2013).

La curcumina es un polifenol amarillo aislado del rizoma de la cúrcuma. Este fitoquímico ha sido identificado como un potente removedor de ERO. Adicionalmente, se ha demostrado que la curcumina modula negativamente la activación de los factores de transcripción NF- κ B y AP-1, ambos reguladores de genes antioxidantes (Baumann, 2009).

A pesar del efecto benéfico antioxidante del resveratrol y de la curcumina, su aplicación terapéutica es limitada debido a que son compuestos fotosensibles, químicamente inestables y tienen poca solubilidad acuosa (Sandhir, Yadav, Sunkaria & Singhal, 2015). Para resolver este problema, se han desarrollado sistemas de suministro de fármacos que mejoran su biodisponibilidad y estabilidad, por ejemplo, nanoacarreadores poliméricos y lipídicos (Santos, Pereira, Pereira-Silva, Ferreira, Caldas, Magalhães, Figueiras, Ribeiro & Veiga, 2019; Mohanty, Das & Sahoo, 2012). Dentro de este último grupo se encuentran los acarreadores lipídicos nanoestructurados (NLC, por sus siglas en inglés), los cuales consisten en una mezcla binaria de un lípido líquido y un lípido sólido a temperatura ambiente. Los NLC ofrecen varios privilegios: protección del fármaco contra la degradación provocada por la luz o el pH, son biodegradables y biocompatibles, internalización celular rápida e incremento de la solubilidad acuosa de compuestos lipofílicos, entre otros (Garzón-Serra & García-Fernández, 2009; Mehanny, Hathout, Geneidi & Mansour, 2016). En el desarrollo de suministro de fármacos se han utilizado potenciadores de la absorción para mejorar la biodisponibilidad de los activos. La piperina, además de poseer propiedades antioxidantes (Verma, Kushwaha, Srivastava, Srivastava, Jamal, Srivastava & Ray, 2017), es el potenciador más eficiente empleado a la fecha (aumentando la biodisponibilidad de varios fármacos) pues inhibe a la proteína de membrana celular P-gp, una bomba transportadora de moléculas capaz de expulsar sustancias al espacio extracelular (Baspinar, Ustundas, Bayraktar & Sezgin, 2018; Shaikh, Ankola, Beniwal, Singh & Kumar, 2009).

Los datos anteriores nos llevaron a proponer la inclusión del resveratrol y de la curcumina en NLCs, empleando piperina como promotor de absorción. Se seleccionaron los excipientes de la fase lipídica con base en la solubilidad del resveratrol, curcumina y piperina en diferentes lípidos sólidos y lípidos líquidos. Los NLCs se prepararon mediante el método de homogenización de alta cizalla empleando diferentes surfactantes. El tamaño de partícula de los nanoacarreadores más estables cargados con curcumina-piperina

y resveratrol-piperina fue de 40 ± 0.57 nm y 45 ± 2 nm, respectivamente; mientras que el índice de polidispersión (IPD) de dichos sistemas fue de 0.193 ± 0.011 y 0.186 ± 0.002 , respectivamente. Los NLCs desarrollados en el presente trabajo se plantean como sistemas de suministro tópico de la curcumina-piperina y del resveratrol-piperina con potencial aplicación antioxidante.

Objetivo

Preparar y caracterizar NLCs cargados con resveratrol-piperina y curcumina-piperina mediante el método de homogenización de alta cizalla, empleando los lípidos donde se observó la mayor solubilidad de los activos.

Materiales y métodos

Materiales. El etanol anhidro se adquirió de J. T. Baker (EE. UU.). El ácido esteárico, el aceite de sésamo, los triglicéridos cáprico/caprílicos y el aceite de almendras dulces se adquirieron en Droguería Cosmopolita (México). Compritol® 888 ATO, Precirol® ATO, Labrasol® y Geleol® fueron amablemente proporcionados por Gattefossé (Francia). Tween® 80, Span® 60, Pluronic™ F-127, Pluronic™ F-68, Brij® 58, ácido oleico, curcumina (C1386-10G) y piperina (P49007-5G) fueron todos suministrados por Sigma-Aldrich (EE. UU.). El resveratrol (sc-200808) se adquirió de Santa Cruz Biotechnology (EE.UU.). Kolliphor EL lo proporcionó BASF (Alemania). El agua se obtuvo de un sistema Milli-Q® (Millipore® Corp., MA; EE. UU.).

Selección de lípidos. Se agregaron cantidades crecientes de lípidos sólidos (ácido esteárico, Geleol®, Precirol® ATO y Compritol® 888 ATO) y lípidos líquidos (vitamina E, ácido oleico, Labrasol®, Peceol® y Maisine® CC) al fitoquímico resveratrol, curcumina, piperina, resveratrol-piperina y curcumina-piperina (5 mg de cada uno), y se agitaron a 700 rpm a una temperatura de 70°C. Aquellos lípidos donde se formó una solución homogénea transparente en ausencia de cristales fueron seleccionados.

Preparación de los NLCs. Los NLCs se prepararon mediante el método de homogenización de alta cizalla empleando diferentes estabilizadores (Tween® 80, Span® 60, Pluronic™ F-127, Pluronic™ F-68 y Brij® 58) y concentraciones (1-5%). Brevemente, se pesaron los excipientes de la fase oleosa en un tubo de ensayo (38X200 mm) y se mezclaron a 70°C; cuando la mezcla anterior se tornó homogénea transparente se agregó el activo (resveratrol, curcumina, resveratrol-piperina o curcumina-piperina, 5 mg de cada uno) y se agitó por 10 minutos a la misma temperatura. Posteriormente, se adicionó la solución acuosa (previamente calentada a 70°C) la cual contenía el estabilizador a evaluar y se homogenizó con Ultra-Turrax® (IKA Works INC., NC, USA), a una velocidad de 15000 rpm por 5 minutos a 70°C.

Finalmente, la dispersión obtenida se dejó enfriar en un baño de agua a 2°C durante 15 min.

Caracterización de los NLCs. De los sistemas preparados se seleccionó el más estable y se evaluó tamaño de partícula (TP) e índice de polidispersión (IPD) mediante dispersión de luz dinámica, empleando un Zetasizer Nano ZS90 (Worcestershire, UK).

Resultados y discusión

Selección de la fase oleosa. Las pruebas de solubilidad se iniciaron con el fitoquímico piperina, ya que este compuesto se incorporaría en los NLCs junto con resveratrol o curcumina. En las Figuras 1 y 2 se muestran los resultados obtenidos en las pruebas de solubilidad de la piperina en diferentes lípidos. De los lípidos líquidos empleados se seleccionó al Labrasol®, al linoleato de glicerilo, al ácido oléico, al oleato de glicerilo y a la vitamina E para pruebas subsecuentes, dado que se requirió de una menor cantidad de lípido para la completa disolución de la piperina. Otro criterio de selección fue la ausencia de formación de cristales 24 h después de haber realizado las pruebas de solubilidad. Con respecto a los lípidos sólidos, la piperina resultó ser más soluble en ácido esteárico y Geleol® (monoestereato de glicerilo), con respecto al Precirol® ATO 5 y al Compritol® 888 ATO. Es importante mencionar que los datos obtenidos en las pruebas de solubilidad con piperina y lípidos sólidos son similares a los reportados por Bhalekar y colaboradores (2017), donde la mayor solubilidad se da con ácido esteárico y monoestearato de glicerilo, seguido de Precirol® ATO y Compritol® 888 ATO.



Fig. 1. Solubilidad de la piperina en diferentes lípidos líquidos. * Formación de cristales.

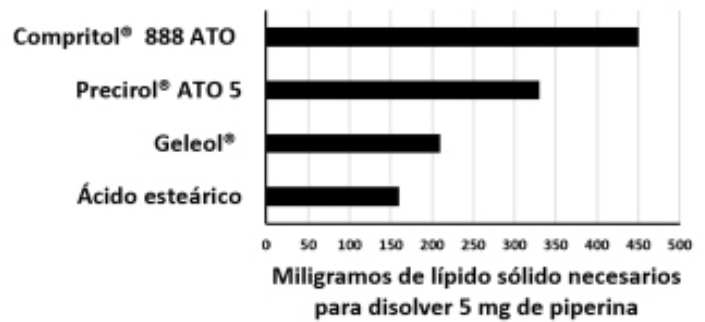


Fig. 2. Solubilidad de la piperina en diferentes lípidos sólidos.

En las pruebas de solubilidad con curcumina y resveratrol se observó que, al igual que con piperina, se necesitaba una menor cantidad de Labrasol® para disolverlos por completo (Figuras 3 y 4), con respecto a los demás lípidos líquidos (Maisine® CC, Peceol®, vitamina E y ácido oleico). De los lípidos anteriores, sólo el Labrasol® tiene ésteres de polietilenglicol (PEG) y ácidos cápricos/caprílicos (Strickley, 2004). Sethhacheewakul y colaboradores (2010) reportaron que la curcumina era más soluble en polietilenglicol (PEG) y en excipientes que también contenían este polímero en su composición (i. e., Cremophor RH40®, Cremophor EI® y Labrasol®) en comparación con excipientes que no lo contenían (i. e., ácido oléico, aceite de maíz, oleato de etilo, entre otros). Se ha reportado que los polifenoles son capaces de formar puentes de hidrógeno con el PEG a través de sus grupos hidroxilo fenólicos (Zhao, Gu, Jia, Guan & Zhang, 2016). Por lo tanto, es razonable que la solubilidad de la curcumina y del resveratrol (ambos polifenoles) en el Labrasol® se deba probablemente a la interacción de los fenoles y del PEG por medio de puentes de hidrógeno.

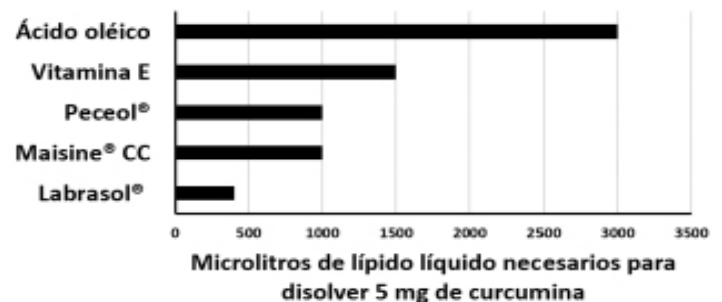


Fig. 3. Solubilidad de la curcumina en diferentes lípidos líquidos.

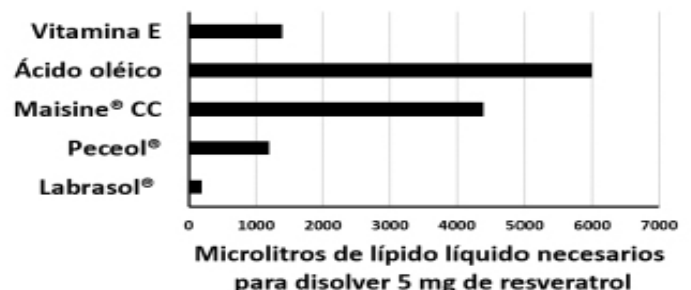


Fig. 4. Solubilidad del resveratrol en diferentes lípidos líquidos.

Por otro lado, la solubilidad de la curcumina y del resveratrol fue mayor con Geleol®, Precirol®, Compritol® 888 ATO y ácido esteárico, en ese orden (Figuras 5 y 6). Según el proveedor (Gattefosse), el Geleol® es una mezcla de mono y diglicéridos. El Precirol® y el Compritol® 888 ATO son mono- di- y triésteres de ácidos carboxílicos. Sin embargo, en el Precirol® y en el Compritol® 888 ATO predomina la fracción diéster, lo que significa que su fracción monoéster es menor con respecto a la del Geleol®. Generalmente, los glicéridos parcialmente esterificados poseen un mayor potencial de solubilizar que los totalmente esterificados debido a los grupos hidroxilo remanentes (Kang, Kim, Sohn, Kim, Park, Lee & Kim, 2018), lo que explica la mayor solubilidad del resveratrol y de la curcumina en el Geleol® (principalmente mono- y diglicéridos) con respecto al Precirol® y al Compritol® 888 ATO (principalmente diglicéridos).

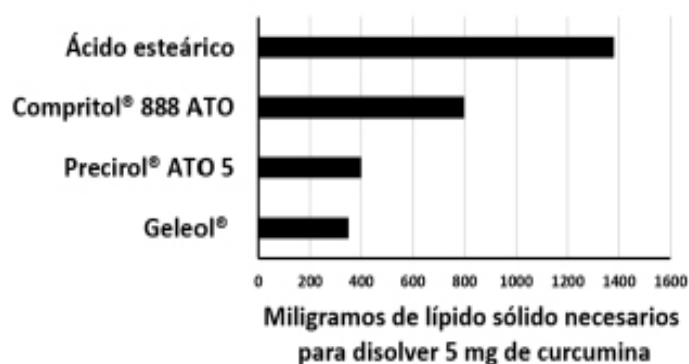


Fig. 5. Solubilidad de la curcumina en diferentes lípidos sólidos.

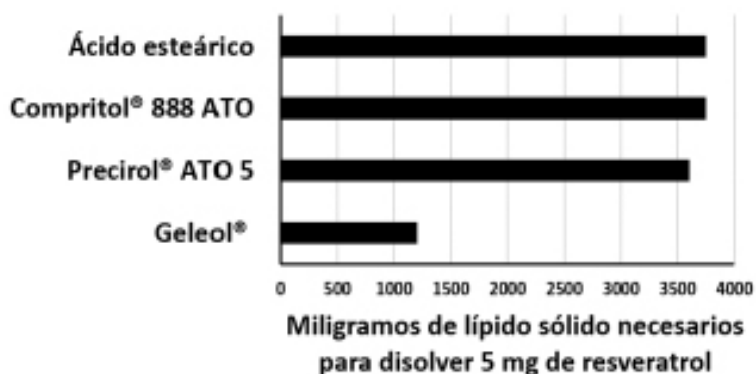


Fig. 6. Solubilidad del resveratrol en diferentes lípidos sólidos.

Por lo anterior los componentes de la fase oleosa seleccionados para la formulación de los NLCs fueron Labrasol® y Geleol® como lípido líquido y lípido sólido, respectivamente.

Preparación de los NLCs. Una vez que se definieron los componentes de la fase oleosa se prosiguió con la fabricación de los NLCs considerando las variables de la tabla 1. Se probaron dos proporciones de lípido sólido y lípido líquido, así como diferentes tipos de estabilizadores y concentraciones.

Condiciones	Constantes	Variables
Velocidad de Ultra-Turrax®	15 000 rpm	-
Tiempo	5 min.	-
[Lípidos totales]	2 %	-
Proporción de lípidos (sólido:líquido)	-	95:05, 70:30
Tipo de estabilizador	-	Tween® 80, Span® 80, Tween® 80-Span® 80, Pluronic™ F-127, Pluronic™ F-68, Brij® 58, Kolliphor EL, Brij® 020
[Estabilizador %]	-	1-5 %

Tabla 1. Condiciones evaluadas en la preparación de los NLC placebos empleando Geleol®:Labrasol®

En general, los sistemas obtenidos eran estables de 1-24 horas, pues las formulaciones tenían una apariencia semisólida después de enfriarse. Este fenómeno podría deberse al alto contenido de monoglicéridos que posee el Geleol®, los cuales pueden interactuar con las moléculas de agua formando puentes de hidrógeno y por lo tanto causando hinchamiento (Abdel-Salam, Elkheshen, Mahmoud & Ammar, 2016).

Los sistemas preparados con Brij® 58 (3%) fueron los más estables (alrededor de 15 días), razón por la cual se profundizó más en el diseño de los NLCs empleando Brij® 58 (3%) como estabilizante. Para ello se evaluaron diferentes concentraciones de lípidos totales así como una proporción más de lípido sólido:lípido líquido (Tabla 2). Finalmente, la concentración de lípidos totales de 2% y la proporción 95:05 (lípido sólido:lípido líquido) fueron seleccionadas para la preparación de los NLCs. Es importante mencionar que la estabilidad de los sistemas incrementaba a medida que la concentración del lípido sólido aumentaba. Lo anterior podría ser resultado de las propiedades surfactantes de los monoglicéridos contenidos en el Geleol® (Sanad & Abdel-Bar, 2017).

Condiciones	Constantes	Variables
Velocidad de Ultra-Turrax®	15 000 rpm	-
Tiempo	5 min	-
[Lípidos totales]	-	1-2%
Proporción de lípidos (sólido:liquido)	-	95:05, 85:15, 70:30

Tabla 2. Condiciones evaluadas en la preparación de los NLC placebos empleando Brij® 58 al 3%

Con base en lo anterior, el siguiente paso fue incorporar los activos (resveratrol, curcumina, resveratrol-piperina y curcumina-piperina) en los NLCs. En la tabla 3 se muestra el TP e IPD de los sistemas obtenidos, donde se puede apreciar que los valores prácticamente se mantienen a lo largo de 15 días.

	Día 1		Día 8		Día 15	
	TP (µm)	IPD (µm)	TP (µm)	IPD (µm)	TP (µm)	IPD (µm)
NLC	42 ± 1.52	0.18 ± 0.00	44 ± 0.77	0 ± 0.00	39 ± 2.64	0.19 ± 0.01
NLC -R	48 ± 1.15	0.20 ± 0.00	49 ± 1.52	0.19 ± 0.01	49 ± 1.75	0.20 ± 0.01
NLC -C	43 ± 0.57	0.18 ± 0.01	42 ± 2.08	0.19 ± 0.00	41 ± 1.2	0.21 ± 0.00
NLC -R-P	43 ± 2.0	0.18 ± 0.00	43 ± 1.52	0.20 ± 0.00	42 ± 2.9	0.19 ± 0.01
NLC -C-P	48 ± 0.57	0.19 ± 0.00	40 ± 1.15	0.19 ± 0.00	41 ± 1.8	0.19 ± 0.00

Tabla 3. TP e IPD de los NLC placebos y cargados con resveratrol (R), curcumina (C) y piperina (P)

Conclusiones

La formulación de NLC más estable se logró con Geleol® y Labrasol® (proporción de 95:05, respectivamente) al 2% de lípidos totales, y empleando Brij® 58 al 3 % como surfactante.

El TP y el IPD en los NLC cargados con resveratrol, curcumina, resveratrol-piperina y curcumina-piperina no presentan diferencias significativas con respecto a los NLC placebos.

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo de PAPIIT (IN226119), PIA-PI2021 y al programa de becas posdoctorales de la DGAPA, todos de la UNAM.

Referencias

- ABDEL-SALAM, F. S., Elkheshen, S. A., Mahmoud, A. A. & Ammar, H. O. (2016). Diflucortolone valerate loaded solid lipid nanoparticles as a semisolid topical delivery system. *Bulletin of Faculty of Pharmacy, Cairo University*, 54(1), 1-7. doi: 10.1016/j.bfopcu.2015.11.002
- AFAQ, F., Adhami, V. M., & Ahmad, N. (2003). Prevention of short-term ultraviolet B radiation-mediated damages by resveratrol in SKH-1 hairless mice. *Toxicol Appl Pharmacol*, 186(1), 28-37. doi: 10.1016/s0041-008x(02)00014-5
- AZIZ, M. H., Afaq, F., & Ahmad, N. (2005). Prevention of ultraviolet-B radiation damage by resveratrol in mouse skin is mediated via modulation in survivin. *Photochem Photobiol*, 81(1), 25-31. doi: 10.1562/2004-08-13-RA-274
- BASPINAR, Y., Ustundas, M., Bayraktar, O. & Sezgin, C. (2018). Curcumin and piperine loaded zein-chitosan nanoparticles: Development and in-vitro characterisation. *Saudi Pharm J*, 26(3), 323-334. doi: 10.1016/j.jsps.2018.01.010
- BAUMANN, L. (2009). *Cosmetic dermatology, principles and practice* (2nd ed.). McGrawHill.
- BHALEKAR, M. R., Madgulkar, A. R., Desale, P. S. & Marium, G. (2017). Formulation of piperine solid lipid nanoparticles (SLN) for treatment of rheumatoid arthritis. *Drug Dev Ind Pharm*, 43(6), 1003-1010. doi: 10.1080/03639045.2017.1291666
- GARZÓN-SERRA, M. L. & García-Fernandez, B. (2009). Las nanopartículas sólidas lipídicas y los acarreadores lipídicos nanoestructurados en usos terapéuticos. *Razón y Palabra*, 1-14.
- JAGER, T. L., Cockrell, A. E., & Du Plessis, S. S. (2017). Ultraviolet Light Induced Generation of Reactive Oxygen Species. En S. I. Ahmad (Ed.), *Ultraviolet Light in Human Health, Diseases and Environment* (pp.15-23). Springer. doi:10.1007/978-3-319-56017-5
- KANG, N. W., Kim, M. H., Sohn, S. Y., Kim, K. T., Park, J. H., Lee, S. Y., Lee, J.Y. & Kim, D. D. (2018). Curcumin-loaded lipid-hybridized cellulose nanofiber film ameliorates imiquimod-induced psoriasis-like dermatitis in mice. *Biomaterials*, 182, 245-258. doi: 10.1016/j.biomaterials.2018.08.030
- MEHANNY, M., Hathout, R. M., Geneidi, A. S. & Mansour, S. (2016). Exploring the use of nanocarrier systems to deliver the magical molecule; Curcumin and its derivatives. *J Control Release*, 225, 1-30. doi: 10.1016/j.jconrel.2016.01.018
- MOHANTY, C., Das, M. & Sahoo, S. K. (2012). Emerging role of nanocarriers to increase the solubility and bioavailability of curcumin. *Expert Opin Drug Deliv*, 9(11), 1347-1364. doi: 10.1517/17425247.2012.724676
- NARENDHIRAKANNAN, R. T., & Hannah, M. A. (2013). Oxidative stress and skin cancer: an overview. *Indian J Clin Biochem*, 28(2), 110-115. doi: 10.1007/s12291-012-0278-8
- NEHA, K., Haider, M. R., Pathak, A., & Yar, M. S. (2019). Medicinal prospects of antioxidants: A review. *Eur J Med Chem*, 178, 687-704. doi: 10.1016/j.ejmech.2019.06.010.
- SANAD, R. A., & Abdel-Bar, H. M. (2017). Chitosan-hyaluronic acid composite sponge scaffold enriched with Andrographolide-loaded lipid nanoparticles for enhanced wound healing. *Carbohydr Polym*, 173, 441-450. doi: 10.1016/j.carbpol.2017.05.098
- SANDHIR, R., Yadav, A., Sunkaria, A., & Singhal, N. (2015). Nano-antioxidants: An emerging strategy for intervention against neurodegenerative conditions. *Neurochem Int*, 89, 209-226. doi: 10.1016/j.neuint.2015.08.011
- SAN-MIGUEL, A., & Martin-Gill, F. J. (2009). Importancia de las especies reactivas al oxígeno (radicales libres) y los antioxidantes en clínica. *Gaceta Médica de Bilbao*, 106(3), 106-113. doi: 10.1016/S0304-4858(09)74661-X
- SANTOS, A. C., Pereira, I., Pereira-Silva, M., Ferreira, L., Caldas, M., Magalhães, M., Figueiras, A., Ribeiro, A. J. & Veiga, F. (2019). Nanocarriers for resveratrol delivery: Impact on stability and solubility concerns. *Trends in Food Science & Technology*, 91, 483-497. doi: 10.1016/j.tifs.2019.07.048
- SETTHACHEEWAKUL, S., Mahattanadul, S., Phadoongsombut, N., Pichayakorn, W., & Wiwattanapatapee, R. (2010). Development and evaluation of self-microemulsifying liquid and pellet formulations of curcumin, and absorption studies in rats. *Eur J Pharm Biopharm*, 76(3), 475-485. doi: 10.1016/j.ejpb.2010.07.011
- SHAIKH, J., Ankola, D. D., Beniwal, V., Singh, D., & Kumar, M. N. (2009). Nanoparticle encapsulation improves oral bioavailability of curcumin by at least 9-fold when compared to curcumin administered with piperine as absorption enhancer. *Eur J Pharm Sci*, 37(3-4), 223-230. doi: 10.1016/j.ejps.2009.02.019
- STRICKLEY, R. G. (2004). Solubilizing excipients in oral and injectable formulations. *Pharm Res*, 21, 201-230. doi: 10.1023/B:PHAM.0000016235.32639.23
- VERMA, A., Kushwaha, H. N., Srivastava, A. K., Srivastava, S., Jamal, N., Srivastava, K & Ray R. S. (2017). Piperine attenuates UV-R induced cell damage in human keratinocytes via NF-κB, Bax/Bcl-2 pathway: An application for photoprotection. *J Photochem Photobiol B*, 172, 139-148. doi: 10.1016/j.jphotobiol.2017.05.018.
- ZHAO, Y. N., Gu, J., Jia, S., Guan, Y. & Zhang, Y. (2016). Zero-order release of polyphenolic drugs from dynamic, hydrogen-bonded LBL films. *Soft Matter*, 12(4), 1085-1092. doi: 10.1039/c5sm02186c

ESTANDARIZACIÓN DE UNA TÉCNICA DE PCR ANIDADO PARA LA AMPLIFICACIÓN DE LA ORF 2 (VP1) PARCIAL DEL PARVOVIRUS PORCINO 5 A PARTIR DE SANGRE DE CERDAS PRIMERIZAS



Roberto Iván Hernández Trejo^{1}, Lucía Angélica García Camacho², Alejandro Vargas Ruiz³, Ernesto Marín Flamand⁴, Francisco Rodolfo González Díaz⁵*

¹Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, roberto_ivan_ht@hotmail.com

²luciangie30@hotmail.com

³patologiavargas30@gmail.com

⁴marflamvz@comunidad.unam.mx

⁵folodro2013@gmail.com



Resumen

Con el fin de demostrar la presencia del PPV5 en México, se estandarizó una técnica de PCR anidado, se diseñaron primer inéditos utilizando secuencias disponibles del PPV5 en el Genbank, para buscar el caso positivo se obtuvo el ADN de linfonodos embebidos en parafina de lechones afectados por el Síndrome multisistémico de emaciación post destete (PMWS), dado que no se conoce el órgano blanco del PPV5, diversos trabajos han reportado una alta tasa de infección con el Circovirus porcino tipo 2 (PCV2) en particular en casos clínicos de PMWS. Se obtuvo un producto de 196 pb con las siguientes condiciones de amplificación: Tm de 58°C, 2.0 mM de MgCl₂, 50 pM de cada iniciador y 50 ng de templado. Para evaluar la especificidad de la prueba dos amplicones se secuenciaron en el Instituto de Fisiología Celular (UNAM), mostrando una identidad del 99% con secuencias reportadas en el Genbank (BLAST).

Palabras clave: PCVAD, PCV-2, PMWS, PPV5, ICTV, parvovirus porcino

Antecedentes

La industria porcina en México es una de las principales actividades económicas del sector pecuario del país, en los últimos años dicha industria ha enfrentado problemas significativos, generando variaciones en la producción (Reyes, A. E. I., et al., 2017). No fue hasta finales del siglo XX que México tomó la decisión de importar razas mejoradas genéticamente, teniendo, así como resultado un alta en la producción de carne, siendo esta la segunda fuente de abastecimiento cárnico del país en la década de los 70's (INAES, 2018). En los próximos años la producción de carne de cerdo continuará expandiéndose gracias a la ayuda de la tecnificación de los sistemas porcícolas del país. Teniendo un crecimiento de 3.1% entre los años 2012 y 2017 (SAGARPA, 2018).

Hoy en día la batalla en contra de las enfermedades reproductivas que afectan al ganado porcino son muy variadas y pueden clasificarse en dos: Ambientales (temperatura, humedad, alimentación, mal manejo) y en enfermedades

infecciosas (parvovirus, Circovirus porcino tipo 2, PRRS, etc.) (González Garzón, s/a; Straw, E. B., et. al., 2000).

De igual manera las pérdidas embrionarias o fetos en las primeras etapas de gestación se pueden dividir en: aberraciones cromosómicas, insuficiencia de desarrollo luteal, insuficiente espacio uterino y el efecto inhibitorio que tienen los embriones más desarrollados sobre los menos desarrollados (Pope y First 1985).

En general cualquier proceso febril ocasionado por virus o bacterias como *E. rhusiopathiae*, *Pseudomonas* spp., *Listeria monocitogenes*, *Salmonella* spp., *Brucella suis* etc. (Straw, E. B., et. al., 2000). Así como celos irregulares deben de considerarse día a día en la industria porcina.

La familia Parvoviridae está compuesta por dos subfamilias: Parvovirinae que infecta a los vertebrados, y Densovirinae, que infecta a los artrópodos. Algunos miembros de la familia Parvoviridae infecta a una gran variedad de hospedadores, tanto insectos como primates (Walker P. J. et. al., 2020). Dentro del género Protoparvovirus se encuentran las especies Ungulate protoparvovirus 1 (PPV1) dentro del género Tetraparvovirus Ungulate tetraparvovirus 2 (PPV3), dentro del género Copiparvovirus Ungulate copiparvovirus 2 (PPV4), Ungulate copiparvovirus 4 (PPV6) y mientras que el PPV5 permanece sin clasificar por el ICTV (Walker P. J. et. al., 2020).

Aunque no se ha establecido la clasificación taxonómica de estos nuevos parvovirus porcinos, los cerdos parecen estar infectados con una variedad de éste. Los datos epidemiológicos de estos virus son limitados y el impacto de estos parvovirus recientemente reconocidos en cerdos es en gran parte desconocido (J. Cui, et. al., 2017).

La parvovirus porcina es una enfermedad infectocontagiosa cuya acción patógena se ejerce únicamente sobre el embrión y/o feto, no provocando enfermedad cuadros clínicos en los adultos, aunque se ha aislado el virus en cerdos diarreicos y cerdos con enfermedad exudativa cutánea (Murillo, J. M. S. et. al., 1993). Por ello es de suma importancia conocer la transmisión y patogenia de las nuevas especies de parvovirus.

En nuestro país fueron encontrados anticuerpos en contra de PPV en suero en el año de 1974, se demostró la presencia de este virus a partir de fetos momificados provenientes del rastro de Cuautitlán de Romero Rubio en el Estado de México, en el cual tuvo un porcentaje de 5.9% En granjas de Texcoco y en Teoloyucan se detectó el virus en un 39.3% (Guadalupe, 1992, Lopez et. al., 1988, Martinez, 1987, Taylor, 1987).

Recientemente, el PPV ha ganado importancia como agente capaz de aumentar los efectos de la infección por circovirus porcino tipo 2 (PCV2) en el curso clínico del síndrome de

desgaste multisistémico post-destete, una enfermedad económicamente significativa en todo el mundo y como patógeno emergente debido a la variabilidad genética y la nueva variante generada puede tener consecuencias importantes en la epidemiología y la patogenicidad de la infección por PPV, así como la eficacia de la vacunación contra la PPV (de Arce et. al., 2009).

Objetivo General

1.-Estandarizar la técnica de PCR anidado para la amplificación de la ORF2 (VP1) parcial del parvovirus porcino 5 (PPV5) a partir de sangre de cerdas.

Objetivo(s) particular(es)

1.-Diseñar iniciadores para la amplificación de la ORF2 (VP1) del PPV5.

2.-Determinar la temperatura óptima de hibridación de los iniciadores, así como la concentración óptima de MgCl₂, concentración óptima de templado y la concentración óptima de los iniciadores, para la amplificación de la ORF2 (VP1) del PPV5.

3.- Para determinar la especificidad se secuenciarán 2 amplificaciones positivas de la PCR anidada.

Metodología

1.- Selección de casos

Se utilizaron dos casos del archivo de muestras del Laboratorio A: Patología Molecular Veterinaria correspondiente a linfonodos proveniente de cerdos afectados por PMWS, los cuales presentaron signología compatible con la enfermedad (adelgazamiento progresivo, linfadenopatía generalizada), lesiones histopatológicas características (depleción linfoide e infiltrado de macrófagos y formación de sincitios) y un patrón de hibridación in situ positivo a Circovirus porcino tipo 2.

2.- Diseño de iniciadores

Para el diseño de los iniciadores de la reacción 1 y de los anidados se usó el programa informático Primer3 input V.0.4.0 (Untergasser et. al., 2012) y fueron editados y alineados con el programa informático BioEdit V7.2.5 (Hall et. al., 1999). Se compararon 10 secuencias del parvovirus porcino 5 de distintos países: 4 de Polonia (KX273436, KX352455, KX352457, KX352455) 2 Chinas (KF661535, KU745628) y 4 de EUA (JX896318, JX896322, JX896319, JX896320) disponibles en el GenBank (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank>). para evaluar las regiones más conservadas del ORF2 (VP1). Los iniciadores fueron sintetizados comercialmente (T4OLIGO, Irapuato, Gto.).

3.- PCR anidada

Se utilizó el termociclador Master Cycler Gradient (Eppendorf, Hamburg, Germany). La amplificación se realizó en reacciones de 25 μ l en microtubos cónicos de 0.2 ml. conteniendo 12.5 μ l de Master Mix (1x MyTaq Mix MgCl₂ 1.5 mM, 0.2 mM de cada dNTP, BioLine, USA), 100 pM de cada iniciador y 50 ng de templado, se utilizaron las siguientes condiciones de amplificación: desnaturalización inicial (94° C durante 5 minutos), se realizaron 40 ciclos de desnaturalización a 94° C durante 1 minuto, alineación a 58° C durante 1 minuto y elongación a 72° C durante 1 minuto. Posteriormente, se realizó una elongación final de 10 minutos a 72° C.

Adicionalmente, se buscó amplificar el gen constitutivo HPRT. (muestras negativas) Utilizando los iniciadores forward 5'-TTGCTGACCTGCTGGATTAC-3' y reverse 5'-CTGACCAGGGAAAGCAAAGT-3': Se realizaron 35 ciclos a temperaturas de 94° (desnaturalización), 50°C (alineación) y 72 ° C (Elongación).

4.- Visualización de los productos amplificados

La visualización de los productos amplificados se realizó por medio de electroforesis en un gel de agarosa, el cual tenía una concentración de 1.5% con solución amortiguadora Tris 1M, ácido bórico anhidro 1M, Na₂ EDTA, 2H₂O (TBE, Promega Corp. Madison, WI, USA). teñido con 2.5 μ l de bromuro de etidio (Promega Corp. Madison, WI, USA). Para el llenado de los pozos se utilizaron 8 μ l del producto de la PCR con 4 μ l de Buffer de corrida (Glycerol 50% v/v, Na₂ EDTA 2H₂O 100Mm, duodecil sulfato de sodio 1% w/v, azul de bromofenol 0.1% w/v). se utilizó un marcador de peso molecular (HyperLadder 1,000 bp, BIOLINE, EUA). La electroforesis se realizó a 90 volts durante 90 minutos y los productos obtenidos se observaron en un transiluminador de luz UV (Apollo, Instrumentation, Claremont CA, USA).

5.- Recuperación de productos amplificados

Se realizó la recuperación de los productos amplificados, a partir de la recuperación de las bandas del gel de agarosa al 1.5% teñido con bromuro de etidio, para dicha extracción se utilizó un kit comercial (EZ10 spin column Gel Extraction Minipreps, Bio Basic, EUA).

En condiciones de esterilidad, se hizo la disección del gel de agarosa con ayuda de una navaja de bisturí estéril y esta se colocó en un tubo Eppendorf de 1.5 ml para pesarla. Posteriormente se le agregó 400 μ l de Buffer II (por cada 100 mg de peso se agregan 400 μ l. de Buffer II) y se incubó a 60° C por 10 minutos y se agitó ocasionalmente hasta que la agarosa estuvo totalmente disuelta. Posteriormente se añadió la mezcla anterior a la columna EZ-10 y se dejó reposando 2 minutos y se centrifugó a 10,000 rpm x 2 minutos para que posteriormente

eliminar el filtrado. Se añadió 750 mcl. de solución de lavado y se centrifugó nuevamente a 10,000 rpm x 1 minuto, posterior a la centrifugación se eliminó la mayor cantidad de solución de lavado. Se volvió a centrifugar a 10,000rpm x 1 minuto con el fin de remover cualquier residuo de la solución de lavado. Después se pasó la columna EZ-10 a un tubo estéril de 1.5 ml. y se le adicionó 50 μ l. de Buffer de elución directamente en la membrana del tubo, se incubó a temperatura ambiente por 2 minutos, se centrifugó a 10,000 rpm x 2 minutos y el filtrado obtenido se almacenó a -20° C hasta su uso.

6.- Secuenciación

La secuenciación se realizó a los dos casos de PMWS usados en la estandarización, por medio de estuches que contienen enzimas de alta fidelidad, posesividad y especificidad requeridas en secuenciación y clonación molecular. La secuenciación se realizó en una dirección con el iniciador forward anidado, utilizando un juego de reactivos comercial (Big Dye Terminator v3.1, Applied Biosystems, Foster City, CA). Las muestras se secuenciaron (Applied Biosystems, Foster City, CA.) mediante el método de Sanger en el instituto de Fisiología Celular (UNAM, Ciudad Universitaria, Coyoacán, México).

7.-Análisis de datos

La alineación, edición y la determinación de la matriz de identidad de las secuencias de nucleótidos se realizaron con el programa Bioedit (Bioedit V7.2.5, Ibis Bioscience, Carlsbad, CA). Para conocer la especificidad de la secuencia del ADN viral se usará el programa informático BLAST 8600 Rockville Pike, Bethesda MD, 20894 USA). Los árboles filogenéticos se generaron utilizando el programa MEGA (Tamura et al., 2013), con el modelo de Kimura 2-parametro y para validar los árboles se utilizó Bootstrap, valores mayores a 65 (650) fueron considerados altamente similares.

Resultados

El gradiente de temperatura mostró bandas positivas en todas las temperaturas implementadas (54° C, 56° C, 58° C, 60° C), sin embargo, a los 58° C se observó la banda mejor definida e intensa (figura 1). Así mismo, el gradiente de iniciadores, la banda mejor definida e intensa fue a una concentración de 25 pmol (figura 2). Posteriormente, en el gradiente de MgCl₂, la banda más intensa y definida fue a una concentración de 2.2 mM (figura 3) y para finalizar, el gradiente de templado mostró bandas positivas y de buena definición en las diferentes concentraciones utilizadas (150 ng; 100ng; 50ng; 25 ng. 12.5 ng y 6.25 ng) se determinó que la concentración mínima de detección es de 12.5 ng (figura 4).

En la implementación de la técnica de PCR anidado en la población experimental se obtuvo como resultado un 83% (25/30)

de muestras que dieron positivo al PPV5 y el 17% (5/30) negativas, las cuales se señalan en las siguientes figuras.

Las muestras negativas (5/30) amplificaron el Hipoxantina-guanín fosforil transferasa 1, mostrando bandas del tamaño estimado (229 pb) (figura 5).

Los productos secuenciados mostraron una similitud del 100% con secuencias ya establecidas en el GenBank correspondientes al PPV5. La secuencia obtenida mostró una identidad del 100% con secuencias del GenBank (MK378349, MK378347, MK378346, MK378345, MK378344, MK378343, MK378342, MK378341, MK378338, MK378337, MK378336, MK378332, MK378331, MK378326, MK378309, MK378307, MK378306, MK378305, MK378295, MK378223, MK378291).

Las secuencias obtenidas en el presente trabajo fueron depositadas en el Genbank y se asignaron los números de acceso MH717893 y MH717894.

La topología del árbol reveló que las secuencias se agruparon en 6 ramas bien definidas, correspondiente a cada uno de los PPVs (1-6), adicionalmente, las secuencias obtenidas en el presente trabajo (MH717883 y MH717884) comparten la misma rama que las secuencias correspondientes al PPV5 obtenidas en el Genbank, el cual es comprobado con un valor del 99 de bootstrap (figura 6).

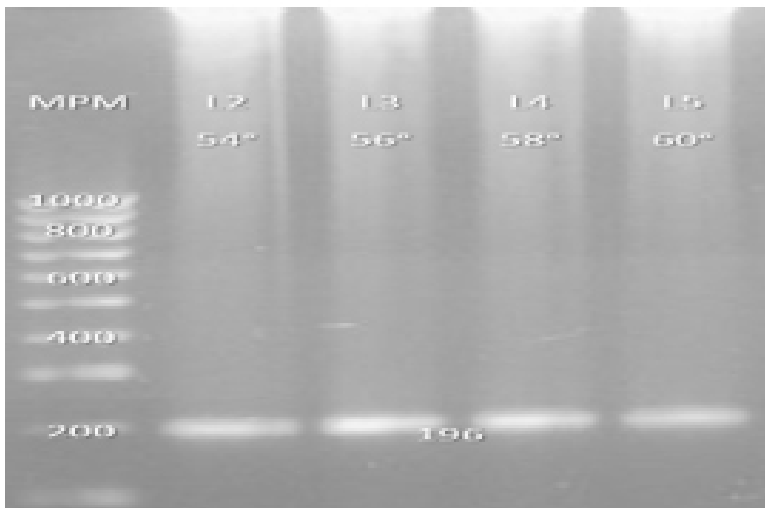


Fig. 1. Gradiente de temperatura de PPV5. Línea 1 Marcador de pares de bases (MPM). Líneas 2-5 producto de PCR anidada positivos a PPV5 a temperaturas Tm 54°, 56°, 58° y 60°. En un gel de agarosa al 1.5%.

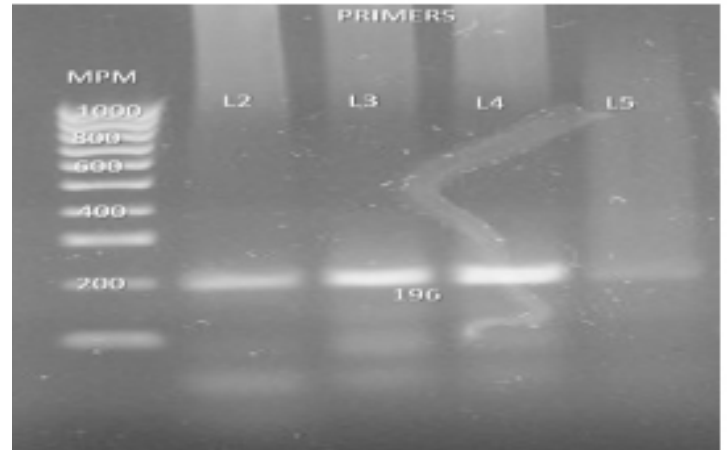


Fig. 2. Gradiente de iniciadores para PPV5. Línea 1 marcador de pares de bases (MPM). PCR anidada de un caso positivos de PPV5, donde se muestra que el mejor producto se obtuvo de la línea 2 a la línea 4. En un gel de agarosa al 1.5%.

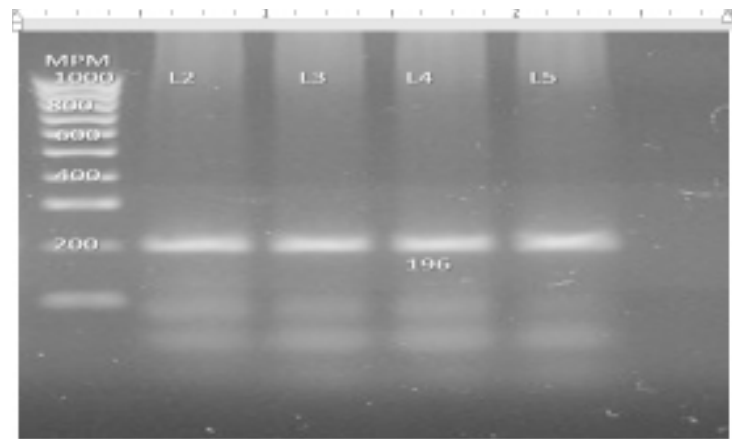


Fig. 3 Gradiente de MgCl₂ para PPV5. Línea 1 marcador de pares de bases (MPM). PCR anidada de un caso positivo a PPV5, se muestra que el mejor producto se obtuvo de la línea 3 correspondiente a la concentración de 2.0mM. En un gel de agarosa al 1.5%.

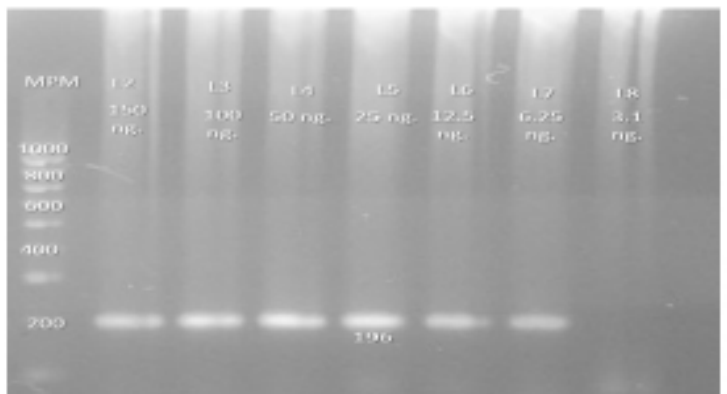


Fig. 4. Gradiente de templado de PPV5. Línea 1 marcador de pares de bases (MPM) PCR anidada de un caso positivo a PPV5, se observa que el mejor producto se obtuvo en la línea 6. En un gel de agarosa al 1.5 %.

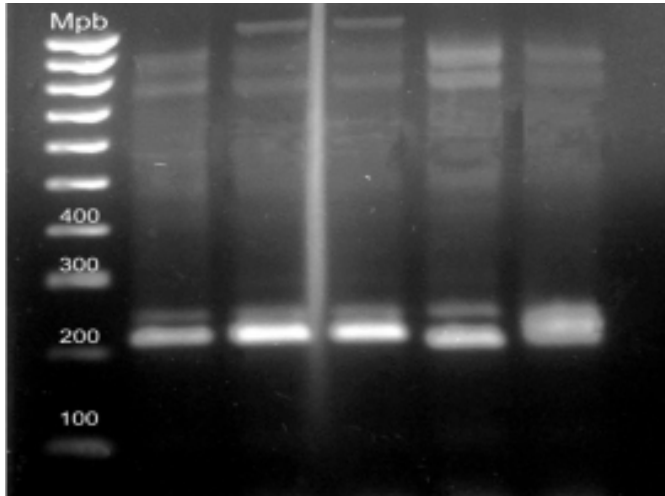


Fig. 5. Gen constitutivo a la Hipoxantín-guanín fosforibosil transferasa 1 (HPRT1). Se observa un producto de 229 pb presente en las cinco columnas correspondientes a las muestras negativas.

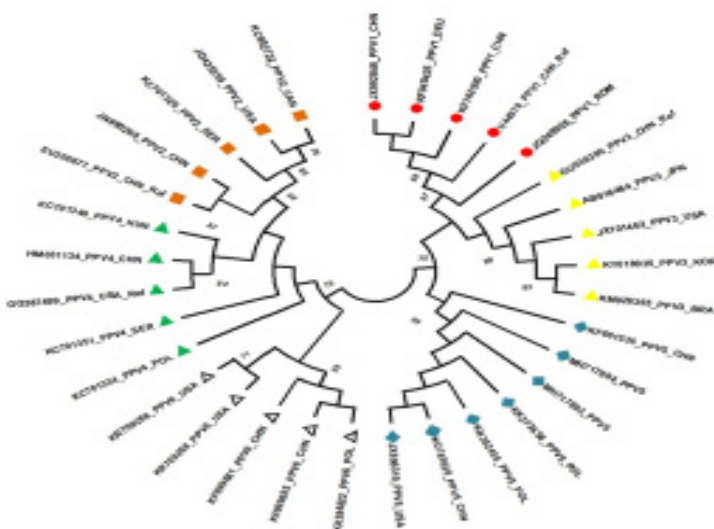


Fig. 6. Árbol filogenético del PPV5, que incluye las secuencias reportadas en este trabajo (MH717893 y MH717894).

Discusión

Los nuevos parvovirus porcinos emergentes están ampliamente distribuidos a lo largo de todo el mundo, hasta el momento no se sabe con especificidad si estos tengan alguna relación con desarrollar o provocar enfermedad. Se sabe poco de la relación que estos tienen con PCVAD y sus variantes, por ello este estudio intenta aclarar la situación de estas nuevas especies emergentes, en especial del PPV5, demostrando la presencia de este en México.

Como se ha mencionado, estas nuevas especies de parvovirus porcino tiene una sinergia significativa con casos de PMWS, se ha llegado a encontrar que en cerdos con 8-11 semanas de edad hay un importante protagonismo entre el

PPV5 y PMWS siendo el resultado de 40% (28/70) mientras, la sinergia que hay entre PCV-2 y PPV5 es de 52% (26/50) (García-Camacho et. al., 2020). en este estudio se trató de hallar la mayor cantidad de partículas virales, por ello nos basamos en los resultados anteriores para poder tener cantidad y calidad de material genético viral, y así fue como se escogieron cerdas primerizas con más de 18 semanas de edad y los resultados obtenidos fueron: que la prevalencia es más elevada en cerdos adultos: 83% (25/30).

Varios estudios nos revelan el sinergismo que tiene PMWS con estas nuevas especies de parvovirus porcino, de los cuales se han encontrado en cantidades importantes en tejidos afectados, para este caso, en 50 linfonodos de cerdos de 8-11 semanas de edad, teniendo como resultados para el PPV5 un 52% (26/50) mientras que en otros PPV's se encontró una gran cantidad de partículas virales en los tejidos y con mayor relevancia que en el PPV5, teniendo como resultados PPV2 74% (37/50) PPV3 84.0% (42/50) PPV6 100% (50/50) (García-Camacho et al., 2020) mientras que en este estudio se obtuvo un resultado para el PPV5 83% (25/30) a diferencia del resultado del 52% (26/50) (García-Camacho et. al., 2020) estos resultados pueden variar por la edad del animal al que se le tomó la muestra o por el tipo de muestra ya que en este estudio se usó sangre proveniente de cerdas primerizas con una edad mayor a las 18 semanas.

Mientras que en muestras provenientes de casos positivos a PCVAD se tuvo un registro para PPV5 de 41.5% (44/106) siendo del de mayor relevancia el PPV2 con 86.6% (92/106) y 80.2 % (85/106) (García-Camacho et. al., 2020).

Mientras que las frecuencias globales con respecto al PPV5 son reportados en Polonia 6.1% siendo más frecuente en cerdos con 12 semanas de edad y en cerdos de finalización (30%-50% de encontrarlo en muestras de suero sanguíneo) (J Cui et. al., 2017) Por otro lado en EUA comparte un rango de 9.3% en donde podemos encontrar con mayor frecuencia a este virus en cerdos de finalización 7.4% en muestras de tejido pulmonar, también lo podemos encontrar en suero sanguíneo y fluidos torácicos en un 0.5% (Xiao C.T. et. al.,2013) contrastando con el resultado obtenido en Polonia.

Conclusiones

El parvovirus porcino tipo 5 se encuentra presente en nuestro país

El parvovirus porcino tipo 5 se encontró en sangre de cerdas primerizas, por lo tanto, esta muestra es muy factible para poder detectarlo

Agradecimientos

PIAPI2022, "Patología morfológica y molecular veterinaria: Determinación de mecanismos etiopatogénicos de enfermedad".

Referencias

- CUI, J., Biernacka, K., Fan, J., Gerber, P. F., Stadejek, T., & Opriessnig, T. (2017). Circulation of porcine parvovirus types 1 through 6 in serum samples obtained from six commercial polish pig farms. *Transboundary and emerging diseases*, 64(6), 1945-1952.
- DE Arce, H. D., Pérez, L. J., Castell, S., Percedo, M. I., Domínguez, P., & Frías, M. T. (2014). Porcine parvovirus infections in Cuba. *Revista de Salud Animal*, 31(3), 176
- GARCÍA CAMACHO, L. A., Vargas Ruiz, A., Marín Fláman, E., Ramírez Álvarez, H., & Brown, C. (2020). A retrospective study of DNA prevalence of porcine parvoviruses in Mexico and its relationship with porcine circovirus associated disease. *Microbiology and Immunology*
- GONZÁLEZ Garzón, G. Trastornos reproductivos en cerdos (Síndrome sme-di). ICA-Infoma (Colombia). 21 (1), 23-26. ISSN 0046-9920
- GUADALUPE, A. R. M. (1992). Frecuencia de anticuerpos específicos de parvovirus porcino en cerdos sacrificados en el rastro municipal de Guadalajara Jalisco (Tesis de licenciatura) Universidad de Guadalajara, Jalisco.
- HALL, T. A. (1999, January). BioEdit: a user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for Windows 95/98/NT. In *Nucleic acids symposium series* (Vol. 41, No. 41, pp. 95-98). [London]: Information Retrieval Ltd., c1979-c2000.
- INSTITUTO Nacional de Economía Social (INAES) (2018) La historia de la porcicultura en México y el mundo. Obtenido de: <https://www.gob.mx/inaes/es/articulos/porcicultura-una-actividad-milenaria?idiom=es>
- LOPEZ C. D, López M, Becerril A, Haro T, Gonzalez F, Stephano H. (1988) Efecto de un brote de parvovirus porcino sobre los parámetros productivos. I.P.V.S 10th Congres 233
- MARTINEZ A (1987) Parvovirus porcino, Avances en Medicina Veterinaria. 36: 266-274 Universidad de Guadalajara, Jalisco
- MURILLO, J. M. S., Aznar, M. G., & Mira, G. B. (1993). Parvovirus porcino. *Mundo Ganadero*, 11, 65
- POPE, W. F., & First, N. L. (1985). Factors affecting the survival of pig embryos. *Theriogenology*, 23(1), 91-105.
- REYES, A. E. I., Muñiz, A. R. O., Mosqueda, M. D. L. J., González, J. A. G., & Izquierdo, A. C. (2017) Comportamiento de la porcicultura mexicana de los años 1970 a 2017. Una revisión documental sobre su desempeño.
- SECRETARÍO de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) (2018) Atlas Agroalimentario 2012-2018, Primera edición.
- STRAW, B. E., DAllaire, S., Mengeling, W. L., & Taylor, D. J. (2000). *Enfermedades del cerdo*. Inter-Médica
- TAMURA K, Stecher G, Peterson D, Filipski A, Kumar S. MEGA7: molecular evolutionary genetics analysis version 7.0. *Mol Biol Evol*. 2013;30:2725-9.
- TAYLOR D.J. (1987) *Parvovirus porcino*. *Enfermedades del Cerdo*, 1ra Edición Manual Moderno. México D.F. p16-
- UNTERGASSER, A., Cutcutache, I., Koressaar, T., Ye, J., Faircloth, B. C., Remm, M., & Rozen, S. G. (2012). Primer3—new capabilities and interfaces. *Nucleic acids research*, 40(15)
- WALKER PJ, Siddell SG, Lefkowitz EJ, Mushegian AR, Adriaenssens EM, Dempsey DM, Dutilh BE, Harrach B, Harrison RL, Hendrickson RC, Junglen S, Knowles NJ, Kropinski AM, Krupovic M, Kuhn JH, Nibert M, Orton 11.-RJ, Rubino L, Sabanadzovic S, Simmonds P, Smith DB, Varsani A, Zerbini FM, Davison AJ. 2020 *Arch Virol*. 165(11):2737-2748. PMID: 32816125.
- XIAO, C. T., Gimenez-Lirola, L. G., Jiang, Y. H., Halbur, P. G., & Opriessnig, T. (2013). Characterization of a novel porcine parvovirus tentatively designated PPV5. *PLoS One*, 8(6), e65312.

ESTRÉS VISUAL OCASIONADO POR EL USO EXCESIVO DE DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS Y ALGUNAS MEDIDAS PARA SU PREVENCIÓN



**Gabriel Angel Acosta Yañez*

*Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México,
gabrielmcrday3@gmail.com*



Resumen

La vista es uno de los sentidos más importantes que presenta el ser humano debido a su alta dependencia que tiene la mayoría de las personas y que en la actualidad es sumamente necesaria para poder utilizar una computadora, alguna tableta y/o un teléfono celular. Se sabe que la era digital y los aparatos electrónicos han revolucionado al mundo, debido a que su uso ha facilitado muchas actividades laborales y sociales. Estudios realizados en el 2005 revelaron que el uso de dispositivos electrónicos era de entre 9 y 10 horas al día, si a esto le sumamos que gracias a la pandemia por el SARS-COV2 el uso de estos aparatos se elevó considerablemente, se tiene como consecuencia que los problemas de visión, como lo es el estrés visual o astenopia, incrementaron de la misma manera. El objetivo de este trabajo es mediante un análisis cualitativo en diversas bases de datos y fuentes bibliográficas realizar una recopilación de información sobre cuáles son las principales características de la astenopia y las medidas preventivas que se deben tomar en cuenta para prevenir y/o disminuir el estrés visual. Llegando a la conclusión de que el uso de filtros, la alimentación rica en vitamina A, el uso de gotas artificiales y ciertas consideraciones de posicionamiento de la computadora ayudan descansar la vista.

Palabras clave: astenopia, estrés visual, vista, cuidado ocular, equipos electrónicos

Introducción

Las diversas especies se han adaptado al medio en el que habitan debido a que procesan, comprenden y reaccionan ante la información que perciben. La percepción del mundo se da mediante mecanismos fisiológicos en el organismo en diversos receptores, que al agruparse en ciertos sitios anatómicos reciben el nombre de sentidos. Los sentidos que comúnmente se conocen son aquellos con los que conocemos el mundo exterior, los cuales son: la vista, el gusto, el olfato, el oído y el tacto; sin embargo también existen aquellos sentidos que nos permiten captar el medio interno como lo son: el cenestésico que controla el equilibrio y el movimiento, el vestibular el cual precisa el movimiento hacia arriba o abajo, el propioceptor que posiciona a los miembros, entre otros (Guyton & Hall, 2011).

De los sentidos externos, el ser humano se ha adaptado más a la vista. Ya que a que gracias a ella se puede distinguir el tamaño de las cosas, la distancia a la que se encuentra, el movimiento, los colores y si es que presenta algún daño que atente contra nuestra salud.

El sentido de la vista está constituido por el globo ocular, formado por tres túnicas y sus estructuras transparentes, además de los órganos accesorios. La túnica exterior es fibrosa, constituida por la córnea y la esclerótica, la túnica media está formada por el iris, la pupila, el cuerpo ciliar y

la coroides, la túnica interior o retina es la capa nerviosa, donde se localizan las células fotorreceptoras llamadas conos y bastones, donde los primeros nos permiten ver los colores y los segundos los contrastes blancos y negros (Higashida, 2013).

Tanto los conos como los bastones contienen productos químicos que se descomponen por acción de la luz, dando lugar a excitación de las fibras del nervio óptico. Esta substancia se llama rodopsina y es una combinación de una proteína llamada escotopsina con el retinal. Cuando la rodopsina absorbe energía luminosa, empieza inmediatamente a desdoblarse pasando de 11-cis-retinal a 11-trans-retinal (forma activa del retinal) (1), a consecuencia del cambio conformacional los sitios activos de la escotopsina se desactivan y se forma la batorrodopsina (2) que se transforma en lumirodopsina (3), el cual es un compuesto inestable y se transforma en metarrodopsina I (4), sucesivamente se forma la metarrodopsina II (5), ingresa GTP que es convertido en GMPc que actúa como señal para el sistema nervioso central (6), la metarrodopsinas se fosforilan con ATP formando fosforrodopsina (7), lo que atrae una molécula de arrestina y libera al 11-trans-retinal (8) donde la retinal isomerasa lo formara en 11-cis-retinal (9) el cual desplazara a la arrestina y volverá a formar rodopsina. (10) (Guyton & Hall, 2011). Dicho proceso se observa en la figura 1.

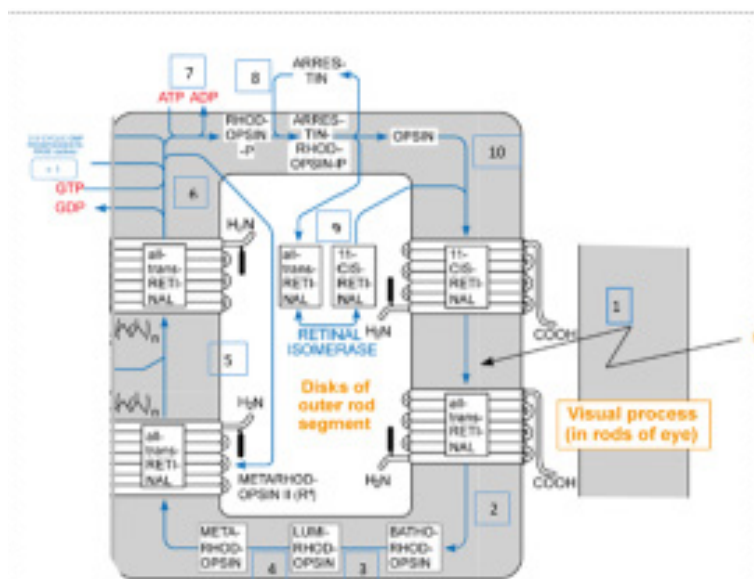


Fig. 1. Metabolismo de la rodopsina. Recuperado y modificado el 13 de noviembre del 202 de <http://biochemical-pathways.com/#/map/2>

En la actualidad se han desarrollado diversos aparatos electrónicos que han mejorado notoriamente los problemas que se tenían en los trabajos, ya que los procesos que se realizaban anteriormente requerían de mucho tiempo y esfuerzo, algo que ahora no ocurre de esa forma dado a que los problemas lo resuelven los diversos algoritmos

con los que cuentan las computadoras, las tabletas o los teléfonos celulares. Sin embargo, el avance tecnológico también ha traído una serie de problemas como lo son los problemas de posición, daños oculares y distanciamiento social. Reportes demuestran las personas menores a 30 años que pasan aproximadamente 10.5 horas delante de una pantalla (ya sea TV, ordenador, Smartphone o tableta), mientras que 9 horas pasan personas entre 30 a 60 años (Blehm, Vishnu, Khattak, et all, 2005). Si a esta situación, donde los humanos ya pasan bastante tiempo frente a una pantalla, le sumamos que la pandemia por el nuevo coronavirus SARS-COV2 ha obligado a las diversas naciones del mundo a realizar trabajos desde su hogar mediante el uso de algún aparato electrónico, se tiene como resultado un incremento en los problemas de salud como es el caso del estrés visual o astenopia, el cual se trata de un problema que afecta a más del 80% de las personas que permanecen delante de una pantalla (ordenador, portátil, tableta, móvil) durante largos período de tiempo a lo largo del día (Jaiswal, Asper, Long, et. all, 2019).

La astenopia se define como un conjunto de síntomas que van desde las molestias oculares (picor, ardor, sequedad, lagrimeo, parpadeo, dolor ocular), trastornos visuales (visión borrosa, visión fragmentada y diplopía) y síntomas extra oculares (cefalea, vértigo, molestias cervicales, náuseas) (Prado, Morales & Molle, 2017). Según estudios realizados en Europa y Estados Unidos, existe un estimado que entre el 50 y el 90 % de los usuarios habituales de computadoras sufren fatiga ocular, ojos rojos, irritados y secos, lagrimeo, sensación de quemazón, visión borrosa, dificultad para enfocar objetos lejanos, tensión y pesadez de párpados (Pérez, Acuña & Rúa, 2008). Lo mismo que las posturas corporales inadecuadas generan tensión muscular que se traduce en cefaleas, cervicalgias y sacrolumbalgias; también la aparición de síntomas como la visión doble y fotofobia son características de esta patología.

De acuerdo a un estudio realizado por Rosenfield en 2011, se determinaron que existían dos categorías de sintomatología de la astenopia: El primer grupo, denominado síntomas externos, incluía ardor, irritación, sequedad ocular y lagrimeo, y estaba relacionado con el ojo seco. El segundo grupo, denominado síntomas internos, incluía fatiga visual, dolor de cabeza, dolor ocular, diplopía y borrosidad (Rosenfield, 2011). Los síntomas de visión borrosa, ardor y lagrimeo ocular estaban más relacionados con una frecuencia de uso de más de 4 horas diarias de aparatos electrónicos, mientras que los dolores de cabeza y la visión doble fueron más prevalentes en los estudiantes que realizaban menos de 4 horas al día (Nunes, Nunes, Oliveira, et all, 2018).

La astenopia puede tener un impacto significativo no solo en la comodidad visual sino también en la productividad ocupacional, debido a que genera restricciones laborales, sociales

y psicológicas, así como una disminución de la capacidad de aprendizaje. Esto se ve reflejado en los estudios realizados por Nunes en el 2018, donde los universitarios que presentaron calificaciones bajas y tenían alteración visual sumaron el 31,4% del total de astenópicos, mientras que los universitarios con puntajes bajos y sin síntomas astenópicos representaron solo el 18,5% (Nunes, Nunes, Oliveira, et. all, 2018). Mostrando que los problemas visuales producen una disminución en el rendimiento escolar, sin embargo, el problema no solo se limita al ambiente escolar, también se puede presentar en ambientes laborales.

Debido a que el trabajo en computadora a menudo requiere concentración intensa, los descansos frecuentes son necesarios. Ya que los ojos no están diseñados para utilizarse a una distancia tan cercana durante un largo periodo, por lo que cada 20 minutos, aparta la vista y toma 20 segundos para ver un objeto a 20 pies (6 metros) de distancia es una forma de relajar los músculos que controlan al globo ocular. De igual forma, el sistema visual está diseñado para adaptarse a su entorno. Frente a la computadora, el ojo se enfoca a una distancia próxima lo que hace que se comporte como miope. Esto se acentúa si se trabaja en posiciones incorrectas, por lo que se recomienda una distancia de trabajo entre el monitor y los ojos de 45 a 55 cm con un máximo de 70 cm de distancia de la pantalla (Pérez, Acuña & Rúa, 2008).

Otra de las razones por las cuales se produce la astenopia es por la disminución en el ritmo del movimiento de los párpados. Normalmente, los humanos parpadeamos unas 15 veces por minuto. Sin embargo, los estudios muestran que sólo parpadeamos 5 o 7 veces por minuto cuando usamos la computadora u otra pantalla digital (Hernández, Castro, Pons, et all, 2019). Parpadear es la forma como el ojo tiene la humedad que requiere en su superficie. El uso de lágrimas artificiales para refrescar sus ojos cuando los sienta secos. También ayuda a que la sintomatología de la astenopia disminuya.

El problema ocular relacionado con el uso excesivo de dispositivos electrónicos está relacionado no solo con el uso prologando de los equipos, también con la iluminación del dispositivo, siendo así que las lámparas halógenas metálicas que son muy utilizadas en la composición de sus pantallas. Estas lámparas emiten luz azul que, en exceso, puede provocar lesiones potencialmente graves en los tejidos biológicos de los ojos como la conjuntiva, la córnea y, especialmente, la retina, donde provoca la degeneración macular (Nunes, Nunes, Oliveira, et. all, 2018). El cual se puede reducir utilizando filtros espectrales, siempre que la gama de color y la transparencia se seleccione con precisión para adaptarse a cada individuo (Wilkins & Evans, 2010). Lo anterior se basa en la diferente demanda metabólica que existe entre los individuo. La vitamina A y los carotenos son nutrientes necesarios para la vista, ya que actúan como una

reserva de retinal y en situaciones de deficiencia o de alto esfuerzo pueden incorporarse al metabolismo de la rodopsina, así como se puede observar en la Figura 2. Cuando falta vitamina A, las estructuras epiteliales del cuerpo tienden a volverse estratificadas y queratinizadas. Por lo tanto la carencia de vitamina A se manifiesta por": (Hernández, 2019).

- 1) Descamación de la piel
- 2) Falta de crecimiento en jóvenes
- 3) Falta de reproducción, viéndose interrumpido el ciclo sexual femenino
- 4) Queratinización de la corneas, que puede causar opacidad de la misma

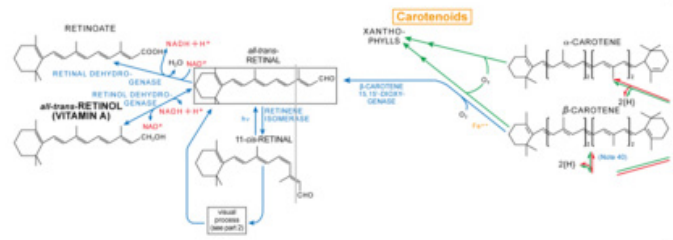


Fig. 2. Metabolismo de los carotenos y la vitamina A. Recuperado y modificado el 13 de noviembre del 2020 de <http://biochemical-pathways.com/#/map/1>

El problema respecto al uso de los filtros es el costo que pueda tener, por lo que algunas recomendaciones más simples para disminuir el daño provocado por la inadecuada iluminación del equipo electrónico es regular el brillo de dicho aparato ya que los ojos tendrán que esforzarse más por ver si el brillo es muy bajo, en caso contrario si el brillo es muy elevado puede ser demasiada exposición a tal punto de reseca los globos oculares (Hernández, Castro, Pons, et all, 2019). Además de que el monitor no debe exponerse frente a la luz porque la reflejaría sobre los ojos, pero tampoco debe estar detrás de está dado a que se podría eclipsar la luz ambiental y provocar un mayor daño. Siendo así que se recomienda que este en una posición perpendicular a la entrada de luz.

Referencias

1. BLEHM, C., Vishnu, S., Khattak, A., Mitra, S., Yee, R.W., (2005). Computer vision syndrome: a review. *Surv Ophthalmol.* 50(3): 253-62. doi: 10.1016/j.survophthal.2005.02.008.
2. GUYTON, C. A., & Hall, J. E. (2011). *Tratado de fisiología médica*. DF. México: Elsevier Health Science. 12va ed.
3. HERNÁNDEZ, S. L., Castro., P. P., Pons, C. L., Méndez, S. T., Naranjo, F. R. & Lora D. K. (2019, 01, septiembre). Terapia visual: ¿En qué consiste y cuándo indicarla?. *Revista Cubana de Oftalmología*, 32(3), http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-21762019000300010&lng=es&tng=es.
4. HIGASHIDA, H. B. (2013). *Ciencias de la Salud*. Edo de México. Mexico: McGraw-Hill Interamericana. 7ma ed.
5. JAISWAL, S., Asper, L., Long, J., Lee, A., Harrison, K., & Golebiowski, B., (2019, septiembre). Ocular and visual discomfort associated with smartphones, tablets and computers: what we do and do not know. *Clin Exp Optom.* 102(5): 463-477. doi: 10.1111/cxo.12851.
6. NUNES, F. M., Nunes, P. O., Oliveira, G. de Sá, & F., & Schmidt, D. (2018). Asthenopic symptoms prevalence in undergraduate students. *Revista Brasileira de Oftalmologia*, 77(6), 334-337. <https://doi.org/10.5935/0034-7280.20180072>
7. PÉREZ, T. A., Acuña, P. A., & Rúa M. R., (2008). Repercusión visual del uso de las computadoras sobre la salud. *Revista Cubana de Salud Pública*, 34(4) http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-34662008000400012&lng=es&tng=es.
8. PRADO, M. A., Morales, C. A., & Molle, C. J., (2017). Síndrome de Fatiga ocular y su relación con el medio laboral. *Medicina y Seguridad del Trabajo*, 63(249), 345-361. http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0465-546X2017000400345&lng=es&tng=es.
9. ROSENFELD M. (2011, sep). Computer vision syndrome: a review of ocular causes and potential treatments. *Ophthalmic Physiol Opt.* 31(5), 502-15. doi: 10.1111/j.1475-1313.2011.00834.x. Epub 2011 Apr 12. PMID: 21480937.
10. WILKINS, A.J., Evans, B.J. (2010, Julio). Visual stress, its treatment with spectral filters, and its relationship to visually induced motion sickness. *Applied Ergonomics.* 41(4):509-15. doi: 10.1016/j.apergo.2009.01.011

DETECCIÓN DE LA PRESENCIA DE AUTO-ANTICUERPOS ESPECÍFICOS CONTRA CITOCINAS EN MUESTRAS SÉRICAS DE HUMANOS



Paulina Cortes Acevedo¹, Lourdes Cerón Gutiérrez², Rainer Döffinger³, Gabriela Barcenas Morales^{*4}

¹Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán UNAM, pau_corace@hotmail.com

^{2,3}Department of Immunology, Addenbrooke's Hospital, Cambridge, UK.

^{*4}Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán UNAM, gbarcenas2019@gmail.com



Resumen

Actualmente se han identificado altos niveles de autoanticuerpos, funcionalmente neutralizantes hacia citocinas, asociados con inmunodeficiencia caracterizada por susceptibilidad a diversos patógenos, el desarrollo de estos autoanticuerpos podría causar diferentes enfermedades que amenazan la vida del individuo. Sin embargo, la presencia de autoanticuerpos anti-citocinas no es comúnmente considerada en la patogénesis de las enfermedades infecciosas, por lo que resulta interesante dar continuidad al análisis de la detección de autoanticuerpos anti-citocinas en muestras séricas de pacientes con diversas enfermedades. Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo fue analizar la presencia de autoanticuerpos anti-citocinas en muestras séricas de humanos que padecían enfermedades infecciosas, autoinmunes o ambas, empleando la técnica Luminex. Se detectaron autoanticuerpos contra al menos una citocina en 78 de 150 muestras de pacientes. La agrupación jerárquica permitió establecer seis diferentes patrones de reactividad contra citocinas que fueron reconocidos por los autoanticuerpos presentes en los diversos grupos de pacientes analizados.

Palabras clave: Autoanticuerpos, Citocinas, Inmunodeficiencia Secundaria, Autoinmunidad, Enfermedades infecciosas.

Antecedentes

Las enfermedades infecciosas pueden ser consideradas como eventos normales en la vida de cualquier organismo, en la mayoría de los casos, son eventos transitorios. Sin embargo, si los organismos oportunistas causan una enfermedad, que generalmente no se considera altamente patógena y/o el paciente experimenta infecciones recurrentes o crónicas, entonces un deterioro subyacente de la defensa inmune debe ser considerada (Barcenas-Morales et al., 2019). Este estado de inmunodeficiencias son un conjunto de entidades causadas por alteraciones cualitativas y cuantitativas de uno o más componentes específicos o inespecíficos del sistema inmune, y pueden clasificarse en dos grandes grupos: inmunodeficiencias primarias o congénitas, cuyo origen es un defecto genético intrínseco del sistema inmunitario, y secundarias o adquiridas, las cuales aparecen como consecuencia a una gran variedad de condiciones patológicas como neoplasias, infecciones, malnutrición, entre otras (Lahera, 2010; Gupta y Fernandes, 2003).

En años recientes se ha reportado la presencia de autoanticuerpos contra citocinas en muestras séricas de humanos como una causa de inmunodeficiencias secundarias, ya que dichos autoanticuerpos pueden neutralizar las citocinas

e interrumpir la función inmune afectando las actividades celulares y por lo tanto la eliminación de los patógenos, donde finalmente predispone al hospedador a enfermedades infecciosas (Browne, 2014; Chruewkamlow et al., 2016; Knight et al., 2016; Barcenas-Morales et al., 2019). Sus manifestaciones son diversas e incluyen proteinosis alveolar pulmonar debido a autoanticuerpos anti-GM-CSF, susceptibilidad adquirida a infecciones micobacterianas por la presencia de autoanticuerpos contra IFN- γ , autoanticuerpos anti-IL-6 en pacientes con abscesos subcutáneos y celulitis estafilococal recurrente; así mismo, autoanticuerpos neutralizantes contra citocinas IL-12, IL-17A, IL-17F e IL-22 han sido reportados en pacientes con candidiasis mucocutánea crónica y/o con síndrome poli-endócrino autoinmune-1, timoma y miastenia gravis (Meager et al., 2003; Doffinger et al., 2004; Hoflich et al., 2004; Kisand et al., 2010; Puel et al., 2010). Por lo tanto, es importante dar continuidad a estudios de detección de autoanticuerpos contra citocinas en muestras séricas humanas donde éstos pudieran estar implicados en la susceptibilidad a enfermedades infecciosas.

Objetivo(s)

Analizar la presencia de autoanticuerpos contra citocinas en muestras séricas humanas de pacientes con diversas enfermedades mediante la técnica multiplexing Luminex.

Metodología

Se trabajó con un total de 200 muestras séricas de humanos de las cuales 150 correspondían a pacientes y 50 a individuos clínicamente sanos (C Neg). Las muestras de pacientes se clasificaron en cuatro grupos de acuerdo al padecimiento que presentaban: Enfermedades Autoinmunes (AID), Enfermedades Infecciosas (IF), Enfermedades Autoinmunes e Infecciosas (AID/ID) y Otras Enfermedades (OD). Todas las muestras se analizaron por medio del sistema multiplexing Luminex. Brevemente, consistió en incubar 1 h a 37°C y en oscuridad, los sistemas citocina-microesfera con 50 μ l de las muestras diluidas 1/200, empleando microplacas con filtro de 96 pozos (Multiscreen® HTS, Millipore, Cat. No. MSBVN1210). Se lavaron las microplacas (3X) y se agregaron 50 μ l/pozo del anticuerpo anti-IgG-Humana-Fc-PE (1/50) (Leinco/Biotrend, Germany). Posteriormente se incubaron 30 min con agitación constante a 37°C y se lavaron (3X) con agitación a TA durante 3 min. Finalmente, se adicionaron 120 μ l de PBS-T/pozo y se agitaban las placas por 3 min para realizar la lectura en el Lector Luminex 100 utilizando el software Bio-Plex manager V 3.0. El análisis de resultados se realizó mediante una agrupación jerárquica entre las citocinas evaluadas y las muestras analizadas utilizando el programa Multiple Experiment Viewer (MeV 4_9_0® for Windows 7) para la determinación de grupos de reactividad.

Resultados y discusión

Los resultados de la detección de autoanticuerpos contra citocinas mostraron que 78 de 150 (52%) sueros pacientes presentaron valores promedio de intensidad de fluorescencia (MFI) $\geq 15,000$ a autoanticuerpos contra al menos una citocina, mientras que en ninguna de las muestras séricas del grupo de individuos clínicamente sanos se detectaron estos autoanticuerpos. En la Figura 1, A) se presentan los resultados de la presencia de autoanticuerpos contra siete interferones, donde se pueden observar valores altos de MFI (≥ 15000) para autoanticuerpos contra IFN α , IFN γ y contra IL-28A principalmente en el grupo de pacientes con enfermedades infecciosas y para autoanticuerpos contra IFN α , IFN β e IL-28B en pacientes con enfermedades autoinmunes. Por otra parte, de las cuatro citocinas producidas por los linfocitos Th17 o relacionadas a estas células, se observó que los autoanticuerpos contra la IL-23 fueron los que tuvieron mayores valores de MFI, principalmente en los grupos de pacientes con Enfermedades Autoinmunes (Fig. 1, B)). Se pueden observar niveles altos de autoanticuerpos contra IL-6 en pacientes con Enfermedades Infecciosas, contra IL-6, IL-6Ra y BAFF en pacientes con Enfermedades Autoinmunes; mientras que en el grupo de Otras Enfermedades se detectaron autoanticuerpos contra BAFF y GM-CSF (Fig. 1, C)).

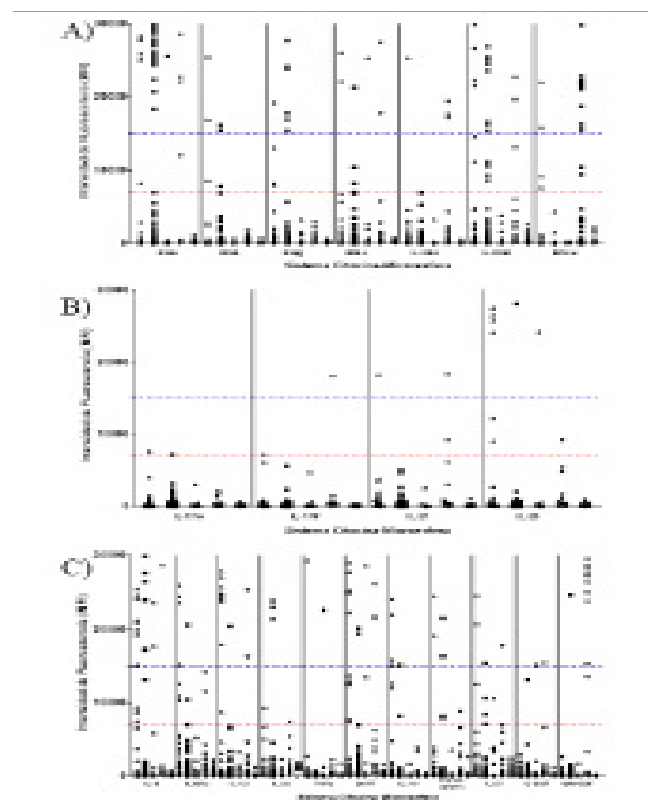


Fig. 1. Patrón de autoanticuerpos contra citocinas en pacientes e individuos clínicamente sano. Panel: a) interferones, b) citocinas producidas por TH17, c) otras citocinas. ● AID (n=31), ▲ AID/ID (n=9), ■ ID (n= 87), ▼ OD (n=23); se incluyen también × los CNeg (n=50).

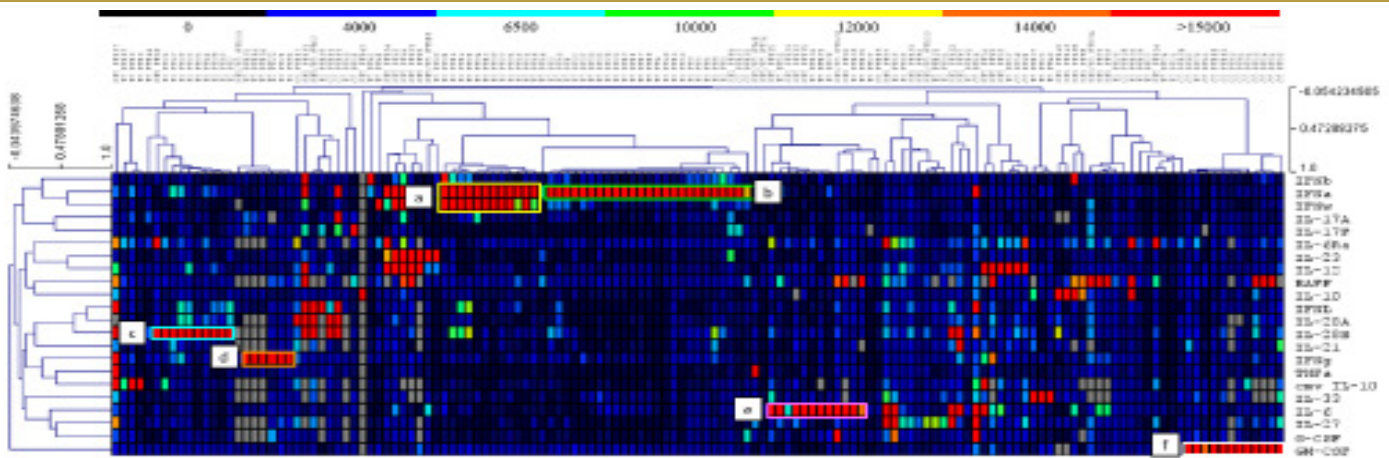


Fig.2. Mapa de calor de los valores de intensidad de fluorescencia de autoanticuerpos detectados contra citocinas en muestras séricas humanas.

La Figura 2 corresponde al mapa de calor de los valores de intensidad de fluorescencia de muestras séricas con valores altos de MFI, las cuales pertenecen a los cuatro grupos de padecimientos; el análisis de estos datos se realizó de acuerdo a una agrupación jerárquica entre las citocinas evaluadas y las muestras analizadas, definiendo una asociación entre la presencia de autoanticuerpos anti-citocinas y el tipo de enfermedad; dicha asociación permitió establecer seis diferentes patrones de reactividad contra citocinas, donde el primer patrón (a) de muestras séricas presentó autoanticuerpos con una alta reactividad a IFN α e IFN γ correspondiendo a pacientes con Enfermedades Infecciosas (ID), así mismo en éste tipo de pacientes se observó un segundo patrón (b) que demostró autoanticuerpos con reactividad a IFN α . Éstas citocinas forman parte de la familia de Interferones tipo I, los cuales participan principalmente en respuesta a diversas infecciones virales, induciendo la secreción de diferentes proteínas que interfieren en la replicación del virus, limitando así la propagación del virus de célula a célula (Langevin et al., 2019; Lin y Young, 2014), por lo que la detección de anticuerpos contra estas citocinas podrían estar neutralizando sus propiedades antivirales incrementando la vulnerabilidad en el individuo ante agentes infecciosos de éste tipo.

También en el grupo de Enfermedades Infecciosas (ID) se detectó un tercer patrón (c) de muestras séricas que presentaron autoanticuerpos con fuerte reactividad a IL-28B, ésta citocina forman parte de la familia del IFN λ los interferones de este grupo participan principalmente en respuesta a diversas infecciones virales, teniendo una función inmunoreguladora potente e induciendo la secreción de diferentes quimiocinas (Egli, et al. 2014; Li et al., 2013; Sheppard et al., 2003; Strange et al., 2010; Wang et al., 2012). Por lo tanto, en el presente trabajo la detección de la presencia de autoanticuerpos contra las citocinas de la familia del IFN λ podría estar implicada en un aumento de la susceptibilidad infecciones virales.

De ésta forma, en el cuarto patrón (d) correspondió a seis pacientes del grupo de Enfermedades Infecciosas (ID) que padecían infecciones micobacterianas y virales, estos

pacientes presentaron niveles considerables de autoanticuerpos contra IFN λ , coincidiendo con estudios anteriores que reportan que pacientes con severa susceptibilidad a infecciones producidas por bacterias intracelulares pueden presentar altos niveles de autoanticuerpos hacia IFN λ , dicha citocina es de crucial importancia para la eliminación de este tipo de patógenos tales como Mycobacterium y Salmonella (Barcenas-Morales et al., 2016; Browne, 2014; Browne & Holland, 2010; Doffinger et al., 2004; Höflich et al., 2004; Meager et al., 2003).

Así mismo, en el quinto patrón de reactividad (e) se identificaron autoanticuerpos contra IL-6 principalmente en pacientes del grupo de Enfermedades Infecciosas (ID). Esto concuerda con reportes previos en donde se confirmó la presencia de autoanticuerpos neutralizantes anti-IL-6 en pacientes humanos con abscesos subcutáneos y celulitis estafilococal recurrente (Puel et al., 2013; Puel et al., 2008).

Por otra parte, se observó un sexto patrón (f) en pacientes que sufren de Proteínosis Alveolar Pulmonar (PAP) del grupo de Otras enfermedades (OD), que presentaron autoanticuerpos contra el GM-CSF, lo que coincide con estudios previos en los que se confirma una relación entre la función afectada de GM-CSF por la presencia de autoanticuerpos contra esta citocina y PAP, resultando grados variables de insuficiencia respiratoria y disfunción de células mieloides, lo que aumenta el riesgo de infecciones (Knight et al., 2016; Kitamura et al., 1999).

A pesar de que existen diversos estudios sobre autoanticuerpos contra citocinas relacionados a un aumento en la susceptibilidad a infecciones, el mecanismo por el cual estos autoanticuerpos son generados es aún desconocido, ya que se no se existen reportes que expliquen si los autoanticuerpos dan pie al inicio de la infección o si son precisamente estos padecimientos infecciosos o autoinmunitarios los que inducen la aparición de los autoanticuerpos, los cuales más tarde llegan a causar un incremento a la susceptibilidad a dichas infecciones. Sin embargo, autores como Meager y

colaboradores especulan que la presencia de estos Ab's auto-reactivos contra citocinas como IFN- γ e IL-12 puede deberse a la diferente forma en que éstas últimas son procesadas por las células inmunes, tales como las células dendríticas activadas, lo cual ocurre con el GM-CSF en el pulmón en el síndrome de proteinosis alveolar pulmonar.

Conclusiones

El análisis serológico indicó que el 52% de las muestras séricas de pacientes resultaron ser altamente positivas (MIF $\geq 15,000$) a la presencia de auto-Ab's contra al menos una de 21 citocinas reconocidas por éstos y un receptor, mientras que en el grupo de controles todas las muestras resultaron negativas a autoanticuerpos contra todos los analitos evaluados. Así mismo, la asociación jerárquica permitió establecer seis grupos diferentes de reactividad, contra diversos analitos.

Agradecimientos

Investigación realizada gracias al Programa UNAM-DGA-PA-PAPIIT IN220815 y a los proyectos PIAP1642, PIAP1811 y PIAP2009.

Referencias

- BARCENAS-MORALES, G., Cortes-Acevedo, P., & Doffinger, R. (2019). Anticytokine autoantibodies leading to infection: early recognition, diagnosis and treatment options. *Current opinion in infectious diseases*, 32(4), 330–336. doi:10.1097/QCO.0000000000000561
- BARCENAS-MORALES, G., Jandus, P., & Döffinger, R. (2016). Anticytokine autoantibodies in infection and inflammation: An update. *Current Opinion in Allergy and Clinical Immunology*, 16(6), 523–529. https://doi.org/10.1097/ACI.0000000000000316
- BROWNE, S. (2014). Anticytokine Autoantibody-Associated Immunodeficiency. *Annual Review of Immunology*, 32(1), 635–657. https://doi.org/10.1146/annurev-immunol-032713-120222
- BROWNE, S., & Holland, S. (2010). Anti-cytokine autoantibodies explain some chronic mucocutaneous candidiasis. *Immunology and Cell Biology*, 88(6), 614–615. https://doi.org/10.1038/ijid.2014.371
- CHRUWKAMLOW, N.; Mahasongkram, K; Pata, S. (2016). Immune Alterations in Patients with Anti-Interferon- γ Autoantibodies. *PloS one*, 11(1), e0145983. doi:10.1371/journal.pone.0145983
- DOFFINGER, R., Helbert, M. R., Barcenass-Morales, G. (2004). Autoantibodies to Interferon- γ in a Patient with Selective Susceptibility to Mycobacterial Infection and Organ-Specific Autoimmunity. *Clinical Infectious Diseases*, 38(1), e10–e14. https://doi.org/10.1086/380453
- EGLI, A., Santer, D. M., O'Shea, D., Tyrrell, D. L., & Houghton, M. (2014). The impact of the interferon-lambda family on the innate and adaptive immune response to viral infections. *Emerging Microbes and Infections*, 3(March), 1–12. https://doi.org/10.1038/emi.2014.51
- GUPTA, S. and Fernandes, G. (2003). Immunodeficiency: Secondary. In eLS, (Ed.). https://doi.org/10.1038/npg.els.0001241

- HÖFLICH, C; Sabat, R; Rosseau, S; Suttrop, N. (2004). Naturally occurring anti-IFN- γ autoantibody and severe infections with *Mycobacterium chelonae* and *Burkholderia coccovenans*; *Blood*, 103(2), 673 LP – 675. Retrieved from <http://www.bloodjournal.org/content/103/2/673.abstract>
- KISAND, K; Bøe Wolff, A. S; Meager, A. (2010). Chronic mucocutaneous candidiasis in APECED or thymoma patients correlates with autoimmunity to Th17-associated cytokines. *The Journal of Experimental Medicine*, 207(2), 299–308. https://doi.org/10.1084/jem.20091669
- KITAMURA, T., Tanaka, N., Watanabe, J., Uchida, Kanegasaki, S., Yamada, Y., & Nakata, K. (1999). Idiopathic pulmonary alveolar proteinosis as an autoimmune disease with neutralizing antibody against granulocyte/macrophage colony-stimulating factor. *The Journal of Experimental Medicine*, 190(6), 875–880.
- KNIGHT, V., Merkel, P. A., & O'Sullivan, M. D. (2016). Anticytokine Autoantibodies: Association with Infection and Immune Dysregulation. *Antibodies (Basel, Switzerland)*, 5(1), 3. https://doi.org/10.3390/antib5010003
- LAHERA, T. (2010). Conexión entre inmunodeficiencia primaria y autoinmunidad. *Rev. Cubana de Hematología, Inmunología y Hemoterapia*. 26 (1) 198-205
- LANGEVIN, C., Boudinot, P., & Collet, B. (2019). IFN Signaling in Inflammation and Viral Infections: New Insights from Fish Models. *Viruses*, 11(3), 302. https://doi.org/10.3390/v11030302
- LI, Y; Cheng, H; Zuo, X. B; Zhang, X. J. (2013). Association analyses identifying two common susceptibility loci shared by psoriasis and systemic lupus erythematosus in the Chinese Han population. *Journal of Medical Genetics*, 50(12), 812–818. https://doi.org/10.1136/jmedgenet-2013-101787
- LIN, F. C., & Young, H. A. (2014). Interferons: Success in anti-viral immunotherapy. *Cytokine & growth factor reviews*, 25(4), 369–376. https://doi.org/10.1016/j.cytogfr.2014.07.015
- MEAGER, A.; Wadhwa, M; Dilger, P. (2003). Anti-cytokine autoantibodies in autoimmunity: Preponderance of neutralizing autoantibodies against interferon-alpha, interferon-omega and interleukin-12 in patients with thymoma and/or myasthenia gravis. *Clinical and Experimental Immunology*, 132(1), 128–136. https://doi.org/10.1046/j.1365-2249.2003.02113.x
- PUEL, A; Döffinger, R; Natividad, A; Casanova, J.-L. (2010). Autoantibodies against IL-17A, IL-17F, and IL-22 in patients with chronic mucocutaneous candidiasis and autoimmune polyendocrine syndrome type I. *The Journal of Experimental Medicine*, 207(2), 291–297. https://doi.org/10.1084/jem.20091983
- PUEL, A; Picard, C; Casanova, J.-L. (2008). Recurrent Staphylococcal Cellulitis and Subcutaneous Abscesses in a Child with Autoantibodies against IL-6. *The Journal of Immunology*, 180(1), 647–654. https://doi.org/10.4049/jimmunol.180.1.647
- SHEPPARD, P; Kindsvogel, W; Xu, W; Klucher, K. M. (2003). IL-28, IL-29 and their class II cytokine receptor IL-28R. *Nature Immunology*, 4(1), 63–68. https://doi.org/10.1038/ni873
- STRANGE, A; Capon, F; Trembath, R. C. (2010). A genome-wide association study identifies new psoriasis susceptibility loci and an interaction between HLA-C and ERAP1. *Nature Genetics*, 42(11), 985–990. https://doi.org/10.1038/ng.694
- WANG, F., Xu, L., Feng, X., Guo, D., Tan, W., & Zhang, M. (2012). Interleukin-29 modulates proinflammatory cytokine production in synovial inflammation of rheumatoid arthritis. *Arthritis Research and Therapy*, 14(5), R228. https://doi.org/10.1186/ar4067

ANÁLISIS IN SÍLICO DE MODIFICACIONES POSTRADUCCIONALES EN EL FACTOR EhHSTF7 DE ENTAMOEBA HISTOLYTICA



Dafne Andrea Jiménez Hernández ^{*1}, Olivia Medel Flores², Fabiola Bellos Santos², Guillermo Pérez Ishiwara², Maritere Domínguez Rojas¹ y María del Consuelo Gómez García ²

¹Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México
dajh1997@gmail.com

²Laboratorio de Biomedicina Molecular1, ENMyH, Instituto Politécnico Nacional
consuelogg22@yahoo.com.mx



Resumen

Los factores de transcripción de choque térmico (HSTFs) son proteínas de regulación génica en respuesta a estrés, las modificaciones postraduccionales han sido imprescindibles en el funcionamiento de los HSTFs en organismos eucariotes; la fosforilación, metilación, acetilación, sumoilación y ubiquitinación forman parte de procesos regulatorios de los factores HSTF. En el protozoario *Entamoeba histolytica*, agente causal de la amebiasis, se han identificado siete factores EhHSTFs. Particularmente el gen *Ehhsf7* cuya expresión de ARNm es alta en trofozoítos cultivados en un estrés térmico o con emetina, un fármaco antiamebiano. En este trabajo se plantea identificar y caracterizar a través del uso de herramientas bioinformáticas potenciales modificaciones postraduccionales, particularmente sitios de fosforilación, sumoilación y acetilación en el factor EhHSTF7 de *E. histolytica*. Los resultados obtenidos indican catorce sitios potenciales de fosforilación, cinco sitios potenciales de sumoilación, y dos sitios potenciales de acetilación.

Palabras clave: *Entamoeba histolytica*, HSTF, PTM, EhHSTF7

Antecedentes

Entamoeba histolytica es el protozoario parásito causante de la amebiasis, la cual en México la Secretaría de Salud ha reportado 90,135 casos de amebiasis intestinal, y 454 casos de absceso hepático. La amiba presenta un mecanismo de resistencia a múltiples fármacos (MDR), a través del cual logra sobrevivir ante la exposición a diferentes fármacos debido a la presencia de una familia de genes *pgp* (Kregel, 2002). Particularmente, el gen *EhPgp5*, el cual codifica para la proteína EhPGP5 es un gen inducible ante la presencia del fármaco emetina (Pérez et al., 1998). Además, en el promotor de este gen se ha identificado la presencia de un elemento de respuesta a choque térmico (HSE), el cual es el responsable de inducir la expresión de esta P-glicoproteína en trofozoítos cultivados con emetina (Nieto et al, 2005). En la literatura se conoce que son los factores de transcripción de choque térmico (HSTFs) las proteínas que reconocen al HSE (Lewin, 2008). Por lo que Macías et al en el 2012 realizó la búsqueda de los HSTFs en el genoma de *E. histolytica* identificando una familia de genes HSTF, conformada por siete miembros que codifican para diferentes proteínas denominadas: EhHSTF1, EhHSTF2, EhHSTF3, EhHSTF4, EhHSTF5, EhHSTF6, y EhHSTF7.

Debido al interés hacia las HSTFs en el Laboratorio de Biomedicina Molecular 1 de la Escuela Nacional de Medicina y Homeopatía del IPN se realizaron análisis de la expresión

de ARNm de los EhHSTFs en trofozoítos de *E. histolytica* donde el gen EhHSTF7 presenta una mayor expresión a las 4 h de estrés térmico y con 8 μ M de emetina. Asimismo, al realizar el análisis y cuantificar la expresión de ARNm del gen EhPgp5 en los mismos trofozoítos se mostró que presenta un aumento en su patrón de expresión semejante al factor EhHSTF7. Estos resultados sugieren que el factor EhHSTF7 podría estar regulando a nivel transcripcional la expresión del gen EhPgp5 que está involucrado en el fenotipo MDR (Orozco et al., 2002; Pérez et al., 1998; Nieto et al., 2005, 2017).

Los HSTFs son proteínas que requieren ser modificadas postraduccionalmente para activarse, se ha reportado que el HSF1 humano debe fosforilarse (Ser230, Ser303 y Ser326), trimerizarse y entonces poder trasladarse de citoplasma a núcleo y así poder unirse al DNA para activar la transcripción (Nakai, 2016) Así mismo se ha demostrado que diferentes grados de fosforilación de esta proteína generan distintas funciones de ésta. La PTM de sumoilación tiene como objetivo que cuando se presenta un estado de estrés (choque térmico) los sitios blanco de las proteínas SUMO son las lisinas expuestas, es decir que no se encuentran en los motivos consenso. De acuerdo con el trabajo de Hietakangas la fosforilación de la serina 303 de HSF1 humano es un prerrequisito para que ocurra la modificación SUMO inducible a estrés, específicamente en la lisina 298, corroborado tras la mutación de serina 303, que prevé la sumoilación de HSF1 (Hietakangas et al, 2003).

Por otro lado, el grupo de Morimoto examinó la regulación de HSF1 por SIRT1 en condiciones sin estrés; y encontró que HSF1 es inducible a la acetilación de lisina 80 (Lys80) por p300 durante el choque térmico (Nakai, 2016). Ahora bien, en *E. histolytica*, se ha identificado la presencia de PTM; en diferentes proteínas, pero particularmente en los EhHSTFs, Bello en su tesis de Maestría concluyó que el factor EhHSTF7 en el núcleo se encuentra hiperfosforilado en trofozoítos expuestos a 4 h de estrés térmico o con 8 μ M de emetina (Bello, 2015; Nieto et al, 2017). Mediante el análisis in silico y experimental se ha identificado la sumoilación como PTM posible en protozoarios, algunos trabajos mencionan que se detectaron genes de ubiquitina y Ubl en secuencias genómicas de Plasmodium, Toxoplasma, Leishmania, Trypanosoma, Entamoeba, Cryptosporidium y Theleria pero sin la caracterización de la misma; únicamente en Trypanosoma brucei se mostró que la sumoilación se encuentra en la regulación del ciclo celular, y en Trypanosoma cruzi se identificaron proteínas SUMO y como sustrato blanco a la metacaspasa-3 (Bayona et al, 2011).

Se han descrito histonas acetiltransferasas (HATs) e histonas deacetilasas (HDACs) que intervienen en la atenuación de los HSFs por medio de la PTM acetilación (Nakai, 2016), a su vez se ha encontrado como marca epigenética en las his-

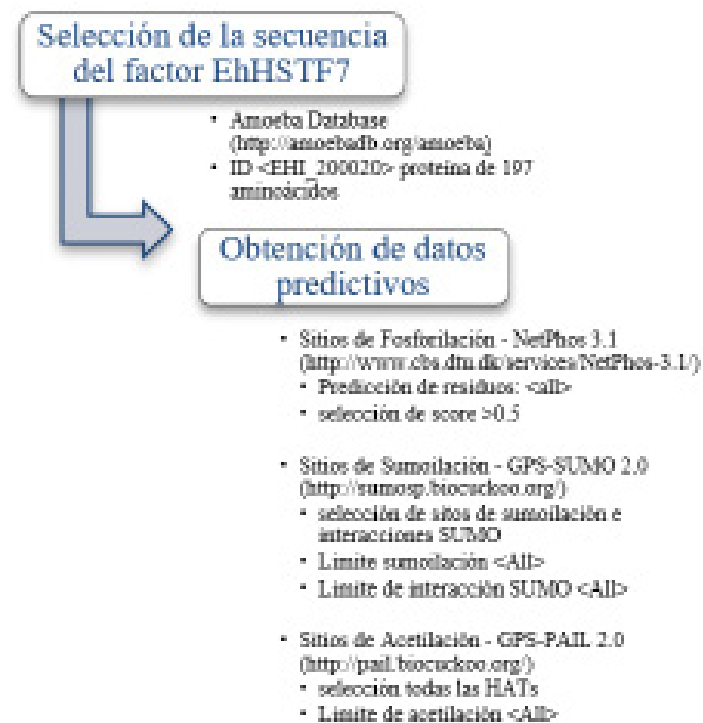
tonas de *E. histolytica* (Lozano-Amado et al, 2016). Aunque no se ha encontrado el efecto de la acetilación en HSTFs de *E. histolytica*, se han evaluado proteínas de choque térmico como es el caso de la expresión de EhHsp100 por medio de la inducción de choque térmico y drogas mediante la inhibición de DNA metiltransferasas y de las actividades de HDACs (Bernes et al, 2005).

Debido entonces a la relevancia de la PTM en la actividad y función de las proteínas es necesario investigar y caracterizar los sitios y las implicaciones de estas PTMs en diferentes mecanismos celulares que presentan distintos organismos en este caso en particular en *E. histolytica*.

Objetivo(s)

Identificar sitios de modificaciones postraduccionales para fosforilación, sumoilación y acetilación en el factor EhHSTF7 de Entamoeba histolytica.

Estrategia experimental



Resultados y discusión

El HSTF es una molécula maestra y crucial en la regulación transcripcional de los organismos y no solo ante el estrés térmico, sino también ante otras situaciones de estrés como la exposición a fármacos, una respuesta inmune, a diferentes concentraciones de sales o iones incluso en eventos como la diferenciación o división celular (Nakai, 2016; Liebelt et al., 2019; Hietakangas et al, 2003). Sin embargo, un evento fundamental en la activación de estos factores es la fosfo-

rilación (Nakai, 2016). Por tal motivo decidimos buscar en la secuencia de 197 aminoácidos de EHHSTF la presencia de sitios potenciales de fosforilación. Los resultados se muestran en la Tabla 1 en donde el programa NetPhos 3.1 detectó 14 sitios correspondientes a nueve serinas (S), tres tirosinas (T) y dos treoninas (Y). Dentro de estos la Y16, Y56, S68, S138, S152 y T181 presentaron el score más alto y potencialmente podrían estar siendo fosforilados por la protein cinasa C (PKC), excepto S138 y T181. Así mismo podemos ver que estos sitios se encuentran distribuidos particularmente hacia los extremos de la proteína (Figura 1). Interesantemente se detectaron otros sitios potenciales de fosforilación los cuales pueden estar siendo reconocidos por las cinasas EGFR, SRC, PKA y GSK3. (Tabla 1)



Dibujo 1. Sitios potenciales de fosforilación

La cinasa EGFR está presente en la formación de PI3K, un tipo de PI3K es la proteína vacuolar de soporte 64 (Vps34) involucrado en la sensibilidad de la temperatura la cual está regulada por p150 en el genoma humano, y en *E. histolytica* se presenta un homólogo de Vps34 y de p150, identificado por el rol del producto de síntesis fosfatidilinositol 3-fosfato (PtdIns3P). Con lo anterior se ha sugerido que el homólogo Vps34 juega un rol en estados de inanición, en procesos de autofagia, fagocitosis y endocitosis del protozooario *E. histolytica* (Nakada-Tsukui, 2019).

La cinasa SRC, presenta una actividad de tirosina cinasa, que a su vez puede fosforilar a la cinasa EGFR afectando la señalización celular, en particular en los procesos patológicos del protozooario *E. histolytica* como la adhesión y fagocitosis (Nakada-Tsukui, 2019).

Por otro lado, la protein cinasa A o PKA comparte una homología con la cinasa PI4 tipo III, en *E. histolytica* la homología se corroboró por medio de homología menor de 1×10^{-10} en la proteína de unión a PI4KIII α (TTC7); la PI4KIII es la encargada de regular la señal de transducción de la membrana plasmática. En el parásito *E. histolytica* presenta un homólogo de TTC7, proteína de unión a PI4KIII α , por lo tanto, se infiere que PI4KIII α tiene acción como potencial PI4 cinasa, aunque no presenta NLS de forma predictiva, se especula que por la riqueza en aminoácidos básicos y la riqueza en leucinas esto le puede otorgar la función de señal de localización nuclear (NLS) al igual que el humano (Nakada-Tsukui, 2019). De acuerdo con Bello, quien mostró la presencia de este factor en la fracción nuclear, posterior al efecto del choque térmico, con un aumento de peso, es decir de 0108 kDa, sugiriendo que se encuentra en su forma oligomerizada (Bello, 2015). Por lo que con lo anterior el aumento en el peso de la fracción nuclear del factor EHHSTF7 en el trabajo de Bello sea dada por la vía que sigue la PI4 tipo III, la cual es similar a la vía de PKA.

#	aa	Secuencia	Score	Cinasa
13	T	QNDKHTTF	0.559	p38MAPK
16	T	HTPTFRVK	0.779	PKC
50	S	MDKSKDLI	0.510	CKII
50	S	VYLSVGLA	0.500	cdk2
56	T	QLASTVPR	0.705	PKC
65	S	FFKHNFS	0.533	PKG
68	S	HSNFSFPR	0.808	PKC
124	S	ENYTSLLQR	0.554	PKA
136	S	LQKESVST	0.547	cdk2
136	S	LQKESVST	0.514	PKA
138	S	KESSVTNQ	0.940	Únsp
138	S	KESSVTNQ	0.570	PKA
152	S	NMLFSALK	0.825	PKC
172	Y	TTCDFNQ	0.635	Únsp
181	Y	DENYGQQG	0.832	Únsp
181	Y	DENYGQQG	0.600	EGFR
181	Y	DENYGQQG	0.520	SRC
191	S	ENPSTGIT	0.519	PKA
191	S	ENPSTGIT	0.506	GSK3

Tabla 1. Datos predictivos de los sitios de fosforilación del factor EHHSTF7 de *E. histolytica* obtenida por análisis in silico.

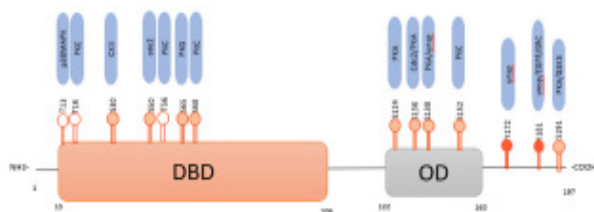


Fig. 1. Predicción de dominios y sitios de fosforilación in silico del factor EHHSTF7 de *E. histolytica* (modificada de Bello, 2015) DBD, dominio de unión al DNA.

este proceso está altamente conservado en eucariontes, en los protistas no se han encontrado genes ortólogos de receptores para Ins(1,4,5)P3 sin embargo, se ha observado que el calcio es liberado por Ins(1,4,5)P3 en organismos que no presentan este receptor. Por lo tanto, una forma de evaluar la acción de PKC en *E. histolytica* sería mediante la presencia de DAG en el núcleo ya que su acumulación es seguida de la translocación de PKC al núcleo para su fosforilación de proteínas blanco, al igual al evaluar la presencia de PtdIns(4,5)P2 la cual está involucrada en la regulación transcripcional, la remodelación de cromatina y el ciclo celular (Nakada-Tsukui, 2019). Como parte de la funcionalidad de PtdIns(4,5)P2 junto con las unidades ricas en lectina Gal/GalNAc dependientes de colesterol provocan un incremento de calcio seguido de la adhesión a células de mamíferos, sugiriendo que PtdIns(4,5)P2 forma parte de la patogenia en la vía de señalización de la adhesión celular (Nakada-Tsukui, 2019).

La cinasa glucógeno sintasa (GSK3) es una serin/tirosin cinasa; se ha reportado que el isotipo GSK3β fosforila el HSF1 humano regulándolo negativamente promoviendo la salida nuclear del factor. Se ha demostrado que el isotipo GSK3β inhibe la unión al DNA y la actividad transcripcional del HSF1 en células que presentan choque térmico, en donde se ha observado un retardo en la atenuación del HSF1 durante la recuperación (Xavier et al, 2000; Chengkai, 2018). Por lo tanto, en el caso del factor EhHSTF7 de *E. histolytica* está cinasa o un homólogo podría presentar una regulación negativa en la actividad del factor una vez que inicia el proceso de recuperación del parásito regulando la proteostasis.

La sumoilación ha sido reportada como una modificación postraducciona que a nivel molecular altera la superficie proteica y afecta la interacción con otras macromoléculas, promoviendo cambios conformacionales en las proteínas. Se ha visto que la sumoilación en factores de choque térmico (HSF1 y HSF2) tiene un efecto positivo, aumentando la actividad transcripcional (López, 2011; Bayona et al, 2011).

En el factor EhHSTF7 de *E. histolytica* los resultados predictivos de sumoilación (Tabla 2) no mostraron zonas de sumoilación consenso, sin embargo, se detectaron 5 posibles interacciones con motivos SUMO (SIM), es decir interacciones no covalentes entre las proteínas (Meulmeester, 2008), en los intervalos de aminoácidos 18 al 22, 46 al 50, 102 al 106, 125 al 129 y del 153 al 157 como sitios potenciales de interacción. Los demás sitios descritos en la Tabla 2 son sitios donde no se concreta la interacción covalente o no covalente con las proteínas SUMO.

Se tomó como relevante contemplar los sitios de fosforilación cercanos a los SIMs ya que dicha interacción puede activar o inhibir la sumoilación (Meulmeester, 2008).

ID	Position	Peptide	Score	Cutoff	P-value	Type
HSF_ENTH1	18-22	DVITPTTFIVGLFELVNDK	15.393	0	0.561	SUMO Interaction
HSF_ENTH1	20	TPTTFVAKLPELVND	1.01	0	0.68	Sumoylation Nonconsensus
HSF_ENTH1	29	PELVNDEKSKDLQW	1.698	0	0.096	Sumoylation Nonconsensus
HSF_ENTH1	31	LVNDEKSKDLQW	3.064	0	0.39	Sumoylation Nonconsensus
HSF_ENTH1	46-50	EQNRPGFVYLESVGLASTV	12.594	0	0.578	SUMO Interaction
HSF_ENTH1	63	TVVPRFVHNSPSP	0.409	0	0.952	Sumoylation Nonconsensus
HSF_ENTH1	81	LVNDFVHVDHPLGQ	0.585	0	1	Sumoylation Nonconsensus
HSF_ENTH1	96	CFVHPRFVHNSPSP	1.755	0	0.481	Sumoylation Nonconsensus
HSF_ENTH1	102-106	FRESHPELLOIRRQPKR	4.69	0	0.845	SUMO Interaction
HSF_ENTH1	105	GHPELLOIRRQPKR	1.647	0	0.213	Sumoylation Nonconsensus
HSF_ENTH1	112	KRRQPKRRAEAINA	0.877	0	0.228	Sumoylation Nonconsensus
HSF_ENTH1	125-129	NAENVYSLLORLEDOLES	4.174	0	0.874	SUMO Interaction
HSF_ENTH1	134	GRLELDQKESVSTTN	0.733	0	0.724	Sumoylation Nonconsensus
HSF_ENTH1	153-157	LVNDFVHVDHPLGQ	1.681	0	0.981	SUMO Interaction
HSF_ENTH1	154	NNMDFVHVDHPLGQ	0.978	0	0.279	Sumoylation Nonconsensus
HSF_ENTH1	186	NRVGGCCRRNPPSTG	1.23	0	0.186	Sumoylation Nonconsensus

Tabla 2. Datos predictivos de los sitios de sumoilación del factor EhHSTF7 de *E. histolytica* obtenidos por análisis in silico

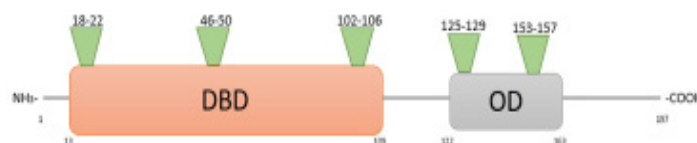
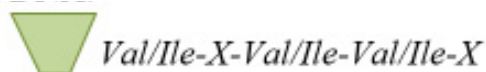


Fig. 2. Predicción de sitios de sumoilación in silico del factor EhHSTF7 en *E. histolytica*. DBD, dominio de unión al DNA.



Dibujo 2. Sitios potenciales de sumoilación. Secuencia de 5 aminoácidos que puede respetar el intervalo de secuencia Val/Ile-X-Val/Ile-Val/Ile-X aunque no siempre cumplen esta regla las interacciones SIM.

Los sitios de interacción SIM en *E. histolytica* que se encuentran cercanos a un sitio de fosforilación, son la interacción que va del aminoácido 18-22 con un p-value de 0.561 con los sitios de fosforilación en T16 y S30, y la interacción que va de aminoácido 46-50 con un p-value de 0.578 con los sitios de fosforilación en S30, S50 y T56. Estas interacciones se encuentran dentro del DBD, al igual que la interacción SUMO del aminoácido 102-106 con un p-value de 0.845. Sin embargo, éste último no se encuentra cerca de posibles sitios de fosforilación. De acuerdo con sus respectivos p-value, y que éste debe ser <0.5 la interacción de los aminoácidos 18-22 se acerca más a esta característica, y posee un score mayor de 15, y los sitios de fosforilación más cercanos son T16 y S30 por lo que al encontrarse dentro del DBD podría ser que la sumoilación se presentaría durante la recuperación del choque térmico, interpretando que la fosforilación de T16 (score 0.779) inhibe o mejora la sumoilación en el sitio de interacción 18-22. A la par del intervalo de interacción de aminoácidos 125-129 con un p-value 0.874 se encuentra cercano al sitio de fosforilación S124 con score 0.554, y el último intervalo del aminoácido 153-157 con un p-value de 0.981, el sitio de fosforilación cercano es S152 con un score de 0.823. Por lo que de acuerdo Hietakangas y Meulmeester en el último intervalo puede existir un efecto inhibitor de sumoilación en el factor EhHSTF7 entre la S124 y K155.

Las PTMs en la cromatina juegan un rol muy importante en la expresión de los genes, crecimiento celular y la diferenciación. Las marcas postraduccionales son alteradas por enzimas modificadoras de histonas, como (HATs) e (HDACs). La acetilación de histonas es un proceso reversible, que promueve el desdoblamiento, tanto local como altamente ordenado de las estructuras de la cromatina facilitando la expresión génica (Park, 2018). Se ha encontrado mediante análisis in silico que el genoma de *E. histolytica* presenta enzimas HAT pertenecientes a las familias GNAT y MYST, al igual que la presencia de proteínas capaces de remover los grupos acetilo presentes en la terminación amino de las histonas, específicamente HDACs de clase I (Lozano-Amado et al, 2016).

Dentro del factor EhHSTF7 de *E. histolytica* se identificaron dos sitios potenciales de acetilación en las lisinas K112 y K186 (Tabla 3), las cuales podrían interactuar con la HAT CREBBP, esta HAT es una proteína de unión a elementos de respuesta cAMP y actúa como factor de transcripción (Stelzer et al, 2016).

ID	Posición	Peptide	HAT
HSF_ENTHI	112	KIRRQQFWRAEENA	CREBBP
HSF_ENTHI	186	NGYGGQQKRNFPSTG	CREBBP

Score	Cutoff
1.944	1.340
1.967	1.348

Tabla 3. Datos predictivos de acetilación del factor EhHSTF7 de *E. histolytica* obtenido por análisis in silico.

Únicamente K112 sería una lisina funcional ya que se encuentra cerca del DBD (Figura 3), por lo que interactuaría HAT CREBBP y se llevaría a cabo la posible reducción de la actividad de unión EhHSTF7-DNA y así se promovería la homeostasis metabólica al apagar la expresión del hsp70 ya que se promueve su expresión es condiciones de estrés (Takii et al, 2015).

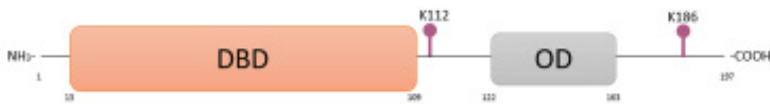
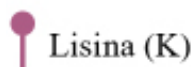


Figura 3. Predicción de sitios de acetilación in silico del factor EhHSTF7 en *E. histolytica* (modificada de Bello, 2015) DBD, dominio de unión al DNA; OD, dominio de oligomerización.



Dibujo 3. Sitios potenciales de acetilación.

Conclusiones

Se identificaron tres diferentes PTMs como lo son la fosforilación, sumoilación y acetilación en el EhHSTF7

de *E. histolytica* por medio de un análisis in silico. Por lo que potencialmente este factor puede fosforilarse y afectar procesos celulares de proliferación, diferenciación y relacionados con su virulencia como es la fagocitosis y la adhesión, de igual forma tras la inducción de estrés, que pueden provocar estados de inanición, e intervenir en la supervivencia, y la regulación de la proteostasis. Por otro la sumoilación se presenta como una forma de reestablecer el sistema después de una afección de estrés, que está de la mano con la fosforilación, ya que en el caso de *E. histolytica* al parecer la sumoilación y la fosforilación compiten y en situación de estrés la fosforilación se mantiene por más tiempo, y la sumoilación toma lugar cuando se regresa al estado basal. Por último, la acetilación se mostró como un proceso de estabilidad en las proteínas, y en EhHSTF7 posiblemente tenga una actividad de reducción de actividad de la transcripción del factor y así mantener la homeostasis después de la respuesta al choque térmico.

Agradecimientos

Este proyecto fue financiado por el proyecto SIP20201090 y SIP20200921

Referencia

- BAYONA, J. C., Nakayasu, E. S., Laverrière, M., Aguilar, C., Sobreira, T. J., Choi, H., . . . Alvarez, V. E. (2011). SUMOylation Pathway in *Trypanosoma cruzi*: Functional Characterization and Proteomic Analysis of Target Proteins. *Molecular and Cellular Proteomics*, 10(12).
- BELLO, F. (2015). *Imunolocalización del factor EhHSTF7 en trofozoitos de Entamoeba histolytica expuestos a estrés*. Tesis Maestría. IPN Escuela de Medicina y Homeopatía. doi:10.1074/mcp.M10.007369
- BERNES, S., Siman-Tov, R., & Ankri, S. (2005). Epigenetic and classical activation of *Entamoeba histolytica* heat shock protein 100 (EHsp100) expression. *FEBS Letters*, 30111(579), 6395–6402. doi:10.1016/j.febslet.2005.09.101
- BLOM, N., Gammeltoft, S., & Brunak, S. (1999). Sequence- and structure-based prediction of eukaryotic protein phosphorylation sites. *Journal of Molecular Biology*, 294(5), 1351-1362. Obtenido de NetPhos-3.1: <http://www.cbs.dtu.dk/services/NetPhos-3.1/>
- CHENGKAI, D. (2018). The heat-shock, or HSF1-mediated proteotoxic stress, response in cancer: from proteomic stability to oncogenesis. *Phil. Trans. R. Soc. B*, 373(1738). doi:10.1098/rstb.2016.0525
- HIETAKANGAS, V., Ahlskog, J., Jakobsson, A., Hellesuo, M., Sahlberg, N., Holmberg, C., . . . Sistonen, L. (2003). Phosphorylation of Serine 303 is a Prerequisite for the Stress-Inducible SUMO Modification of Heat Shock Factor 1. *Molecular and Cellular Biology*, 23(8), 2953-2968. doi:10.1128/MCB.23.8.2953-2968.2003
- KREGEL, K. (2002). *Molecular Biology of Thermoregulation Invite Review: Heat shock proteins: modify factors in physiological stress responses and acquired thermotolerance*. *Journal of Applied Physiology*, 92.
- LIEBELT, F., Sebastian, R. M., Moore, C. L., Mulder, M., Ova, H., Shoulters, M. D., & Vertegaal, A. (2019). SUMOylation and the HSF1-Regulated Chaperone Network Converge to Promote Proteostasis in Response to Heat Shock. *Cell reports*, 26(1), 236-249e4. doi:10.1016/j.celrep.2018.12.027
- LÓPEZ Farfán, D. C. (septiembre de 2011). Análisis de la función de la RPB7, la SUMO E3 ligasa SIZ1 y la SUMOilación de la cromatina en la regulación del sitio de expresión de la VSG en *Trypanosoma brucei*. España: Universidad de Granada. Obtenido de <https://digibug.ugr.es/bitstream/handle/10481/21001/20353364.pdf?sequence=1>
- LOZANO-AMADO, D., Herrera-Solorio, A. M., Valdés, J., Alemán-Lazarini, L., Almaraz-Barrera, M., Luna-Rivera, E., . . . Hernández-Rivas, R. (2016). Identification of repressive and active epigenetic marks and nuclear boies in *Entamoeba histolytica*. *Parasites & Vectors*, 9(19). doi: 10.1186/s13071-016-1298-7
- LEWIN, B. (2008). GENESIS IX. España: Reverté.
- MACÍAS, M., Sánchez, L., Gómez, A., Náder, E., Estanislao, C., & Gómez, M. (2012). Los factores de transcripción de choque térmico (HSTFs) de *Entamoeba histolytica* en modelos de patogénesis de las enfermedades infecciosas II. Benemérita Universidad de Puebla.
- MEULMEESTER, E., & Melchoir, F. (2008). Cell biology: SUMO. *Nature*, 452(10), 709-711.
- NAKADA-TSUKUI, K., Watanabe, N., Maehama, T., & Nozaki, T. (2019). Phosphatidylinositol Kinases and Phosphatases in *Entamoeba histolytica*. *Front. Cell. Infect. Microbiol.*, 9(150). doi: 10.3389/fcimb.2019.00150
- NAKAI, A. (2016). *Heat Shock Factor*. Japan: Springer.
- NIETO, A., Pérez Ishiwara, D. G., Orozco, E., Sánchez Monroy, V., & Gómez García, C. (2017). A Novel Heat Shock Element (HSE) in *Entamoeba histolytica* that Regulates the Transcriptional Activation of the EhPgp5 Gene in the Presence of Emetine Drug. *Frontiers in cellular and infection microbiology*, 7(492). doi:10.3389/fcimb.2017.00492
- NIETO, A., Pérez, D. G., Orozco, E., Paz, F., & Gómez, C. (2005). *Entamoeba histolytica* EhPgp5 transcriptional activation depends on putative emetine response elements. *Experimental Parasitology*, 110.
- OROZCO, E., López, C., Gómez, C., Pérez, D., Marchat, L., Bañuelos, C., & Delgadillo, D. (2002). Multidrug resistance in protozoan parasite *Entamoeba histolytica*. *Parasitology International*, 51(4).
- PÉREZ, D., Gómez, C., López-Bayghen, E., Tannich, E., & Orozco, E. (1998). Transcriptional analysis of the EhPgp5 promoter of *Entamoeba histolytica* multidrug resistant mutant. *The Journal of Biological Chemistry*, 273(13).
- SECRETARÍA de Salud. (2020). Boletín Epidemiológico Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica Sistema Único de Información. Obtenido de Gobierno de México, Salud: <https://www.gob.mx/salud>
- STELZER, G., Rosen, R., Plaschkes, I., Zimmerman, S., Twik, M., Fishilevich, S., . . . Lancet, D. (2016). The GeneCards Suite: From Gene Data Mining to Disease Genome Sequence Analysis. (W. I. Science, Ed.) *Current Protocols in Bioinformatics*, 1.30.1-1.30.33. doi:10.1002/cpbi.5.
- TAKII, R., Fujimoto, M., Tan, K., Takaki, E., Hayashida, N., Nakato, R., . . . Nakai, A. (2015). ATF1 modulates the heat shock response by regulating the stress-inducible heat shock factor 1 transcription complex. *Mol. Cell. Biol*, 35(1), 11-25. doi:10.1128/MCB.00754-14
- XAVIER, I. J., Mercier, P., McLoughlin, C., Ali, A., Woodgett, J., & Ovsenek, N. (2000). Glycogen synthase kinase 3beta negatively regulates both DNA-binding and transcriptional activities of heat shock factor 1. *Journal of Biological Chemistry*, 275(37), 29147–29152. doi:10.1074/jbc.M002169200
- XUE, Y., Li, A., & Yao, X. (02 de Jan de 2006) PAIL: Prediction of Acetylation on Internal Lysines. Obtenido de GPS-PAIL: <http://bdmpail.biocuckoo.org/prediction.php>

IMPLEMENTACIÓN DE UN MÉTODO DE DIAGNÓSTICO TEMPRANO DE SARNA PSORÓPTICA EN CONEJOS



Metzli Mayte García Bernal¹, Elisa Gutiérrez Hernández^{*2}

^{1,2}Facultad de Estudios Superiores, Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México
1maytem_gb@hotmail.com 2mvzegutierrez@yahoo.com.mx



Resumen

La sarna auricular en los conejos es una patología común en centros de producción cárnica, originada por un ectoparásito obligado (*Psoroptes cuniculi*), provocando lesiones considerables en el pabellón auricular de los conejos adultos, sin embargo, son escasos los reportes en animales jóvenes. Si los animales no son diagnosticados y tratados a tiempo, este padecimiento puede provocar disminución en la producción, y pérdidas económicas para el productor.

En este trabajo se observaron semanalmente a 225 conejos, de los 7 a 70 días de vida, se utilizó una cámara óptica de uso humano para observar el canal auditivo, en busca del ácaro o lesiones que este provoca, así como la evolución de las mismas, se determinó la edad mínima en la que se puede presentar esta parasitosis. Esto con el fin de implementar un nuevo método de diagnóstico temprano y efectivo, ya que el diagnóstico tradicional suele ser poco eficiente.

Palabras clave: Sarna, Diagnóstico, Gazapo, Ácaro, Lesiones.

Antecedentes

Se designa el término “Sarna” al complejo de afecciones cutáneas de carácter contagioso, que se caracterizan por producir lesiones en distintos estratos de la piel, afectando de manera importante la salud de los animales, estas afecciones son causadas por distintas especies de ácaros que se instalan en la piel, viviendo a expensas de la dermis o la epidermis de los animales, afectando a los tegumentos. Originan patologías caracterizadas por reacciones inflamatorias, prurito intenso, áreas de alopecia, formación de costras y esclerodermia debido a sus efectos exfoliadores, tóxicos, alérgicos (por antígenos salivales o fecales) y mecánicos (masticadores y hematófagos) (Pulido, 2016; Pérez, 2013; Respaldiza, 1995).

Ciclo biológico y patogenia de *Psoroptes cuniculi*:

Este trabajo se centra en la sarna del conejo, la cual es producida principalmente por *Psoroptes cuniculi*, este es un parásito obligado que se encuentra libre en el interior del conducto auditivo, utilizando el meato auricular externo del oído como su lugar primario, se desarrolla sobre los estratos superficiales de la piel, viviendo en galerías intraepidérmicas o costras, las cuales son formadas por la acción del aparato bucal en el sitio de la infestación. Los ácaros perforan y penetran a través de la epidermis hasta el corion para poder nutrirse (Borchert, 1981; Macchioni, 2011; Respaldiza, 1995).

Cuando los ácaros penetran en el pabellón auricular, se multiplican rápidamente ejerciendo una acción traumática

a nivel cutáneo al alimentarse, esto aunado a la liberación de saliva por parte del aparato bucal del parásito, estimula las reacciones alérgicas en el huésped, lo que da lugar a una reacción inflamatoria de las vías auditivas con infiltraciones serosas-celulares, producción de nódulos y vesículas inflamatorias, además, con la cooperación de las sustancias tóxicas se necrosan grandes zonas que descomponen y desprenden sin que puedan ser remplazadas por tejido nuevo debido a la rápida multiplicación de los ácaros, formando masas de secreción amarillenta o café, grasosas y malolientes que provocan placas estratificadas de hasta 1 cm de grosor de color amarillo-pardo, las cuales, son características de esta parasitosis (Respaldiza, 1995).

Aunque este es el signo más evidente, también podemos observar hiperemia, debilidad, rascado de orejas, movimientos bruscos de la cabeza e intranquilidad debida al prurito intenso, esto conduce a hematomas auditivos, excoriaciones y heridas en la superficie y la base de la oreja. Generalmente esto causa otitis externa, pero también puede afectar a oído medio e interno (otitis media piogénica) lo cual conlleva a sordera y tortícolis, caracterizada por pérdida del equilibrio, produciendo problemas reproductivos, pérdida del apetito, signología nerviosa o muerte (Borchert, 1981; Macchioni, 2011).

Para la reproducción del ácaro, se requiere alrededor de 21 días para completar el ciclo, el macho adulto se une a la hembra tritoinfa para dar lugar a la cópula. Durante uno o dos meses, la hembra deposita aproximadamente 5 huevos diarios sobre la piel del huésped, los cuales eclosionan en 4 días y llegan a su madurez sexual en una o dos semanas (Borchert, 1981; Respaldiza, 1995).

La enfermedad se transmite por contacto directo, además, debido a la velocidad con la que se lleva a cabo el ciclo biológico de estos ácaros, el cuadro se desarrolla con relativa rapidez, sin embargo, la sinología va a depender del grado de infestación, ya que pequeñas cantidades de ácaros, pueden ser inaparentes (Borchert, 1981).

Diagnóstico:

Para el diagnóstico de este padecimiento, se realiza inspección de la piel, en busca de la presencia de costras y alopecia en determinadas áreas como el pabellón auricular y tejidos interdigitales. Para la identificación del agente, se toma material costroso del interior de las orejas, posteriormente se observa a través de un microscopio, donde se buscan los especímenes (Borchert, 1981).

Otoscopia:

La otoscopia es el examen visual directo del conducto auricular externo y de la membrana timpánica, debe ser sistemático, tiene el objetivo de observar el estado normal

o patológico de las porciones externa y media del oído, este examen no requiere de anestesia (Flores et al, 2015).

Se comienza explorando el oído sano, o el clínicamente menos dañado, observando las características del pabellón auricular y la entrada al conducto auditivo externo, se observa la piel del conducto, su grosor, coloración y descamación, procurando darse cuenta si la introducción del otoscopio despierta dolor o picor. Para introducir el otoscopio, es preciso rectificar anatomía. La introducción del otoscopio debe realizarse en dirección al conducto de forma delicada. Es importante cambiar y desinfectar el otoscopio entre uno y otro oído, aún sin la sospecha de infección (Flores et al, 2015).

Objetivo(s)

Implementar una técnica de diagnóstico temprano de sarna Psoróptica en conejos jóvenes para determinar la edad mínima en la que se presenta esta patología.

Parte experimental

Se realizó diagnóstico e identificación del parásito mediante observación a través de microscopio de costras de conejas adultas, posteriormente se observó semanalmente el canal auditivo de 225 conejos hijos de dichas conejas, con ayuda de una cámara óptica de uso humano.

Posteriormente se reportó el inicio de la presencia del ácaro y las lesiones, así mismo se tomaron fotografías de la evolución de la enfermedad, esto se realizó a lo largo de 10 semanas.

Resultados y discusión

Mediante la observación semanal, se logró apreciar la presencia del parásito en el canal auditivo de los gazapos a partir de los 19 días de vida (Figura 1), posterior a este momento, las lesiones fueron en incremento hasta ser evidentes en conejos mayores a 57 días de edad, sin embargo, aún no eran evidentes a simple vista (Figura 3).

Vázquez en el 2006 menciona que la sarna es un proceso típico de animales adultos, lo que precisa a los reproductores, los cuales, por su función zootécnica, son animales con mayor longevidad (mayores a 4 meses de edad) comparada con los animales para abasto (menores a 70 días de edad), en este trabajo, gracias a la cámara óptica, se determinó que en animales de 2 semanas de edad (19 días el gazapo más joven) ya estaba presente el parásito en el canal auditivo (Figura 1).

Papeschi (2009) hace referencia a la presencia de costras exclusivamente en la base de la oreja como lesiones en fases iniciales de la enfermedad, dicha lesión en el presente

trabajo se observó en procesos avanzados del padecimiento, ya que de inicio únicamente existe la presencia del parásito, posteriormente se desarrollan las primeras lesiones, como son irritación y aumento de la producción de cerumen (Figura 2), para posteriormente, dar lugar a la presencia de las características costras.



Fig. 1. Conejo 19 días de edad. Lesión en canal auditivo y presencia del ácaro.

Conclusiones

Psoroptes cuniculi si puede afectar a gazapos desde una edad muy temprana (lo que incluye animales de engorda), por lo cual la prevención es fundamental en cualquier centro de producción.

Agradecimientos

A todo el personal del módulo de cunicultura de la FES Cuautitlán, en especial a la M. en C. Elisa Gutiérrez Hernández por el apoyo y orientación en la realización de este trabajo, además de otorgar la cámara óptica con la que fue posible realizar el presente trabajo. A la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, por permitir el uso de las instalaciones así como el uso de los animales para experimentación.

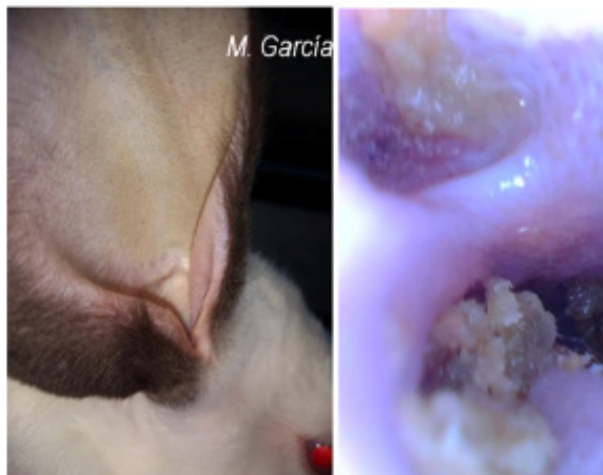


Figura 2. Conejo 57 días de edad. Canal auditivo obstruido, abundante número de ácaros.

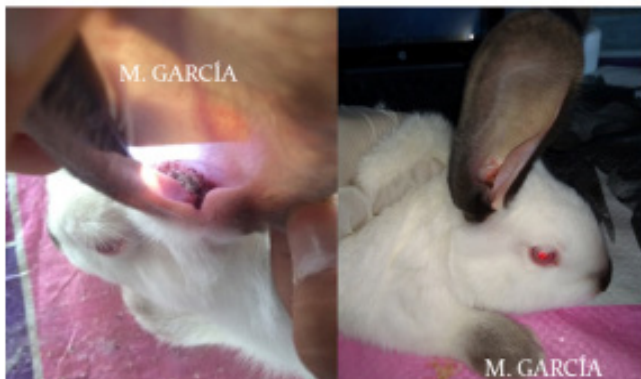


Fig. 3. Conejo 89 días de edad. Primeras evidencias externas de lesión por sarna.

Referencias

Borchert A. (1981), "Parasitología veterinaria", editorial Acribia, España.

Flores E., Contreras P., Sánchez P. (2015), "Exploración física del oído", Libro virtual de formación en otorrino-laringología SEOR, España.

García M. (2020) "Diagnóstico de Sarna Psoróptica en conejos californiana mediante el uso de una cámara óptica" Universidad Autónoma de México, México.

Macchioni F. (2011), "Acaricidal activity of aqueous extracts of chamomile flowers *Matricaria chamomilla*, against the mite *Psoroptes cuniculi*" Medical and Veterinary Entomology, Department of Patologia Animale, Università di Bologna, Italy.

Pérez T. (2013), "Biodiversidad de ácaros en México" Revista Mexicana de Biodiversidad, México DF.

Pulido A. (2016), Castañeda R., Ibarra H., Gómez L., Barbosa A., "Microscopia y principales características morfológicas de algunos ectoparásitos de interés veterinario", Red Invet, Perú.

Respaldiza E. (1995), "La sarna en el conejo" Información veterinaria, Boletín de cunicultura, Barcelona.

Vázquez L. (2006), "Principales ectoparásitos del conejo" Departamento de salud animal, sanidad animal, Boletín de cunicultura.

EFECTO DEL PROPÓLEO DE ABEJAS NATIVAS EN DISLIPIDEMIAS



Marlen Guadalupe Ponce Espino¹, Betsabé Rodríguez Pérez*¹, Tonatiuh Alejandro Cruz Sánchez*¹,
Elisa Gutiérrez Hernández*¹

¹Laboratorio de Bioprospección Microbiológica, Unidad de Investigación Multidisciplinaria (UIM), Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México, marespino97@gmail.com, berope380@hotmail.com, tonatiuh86@hotmail.com, mvzegutierrez@yahoo.com.mx



Resumen

El propóleo es una sustancia resinosa y altamente adhesiva, recolectada, transformada y usada por las abejas, desde la antigüedad este producto de la colmena ha sido utilizado por las propiedades farmacéuticas que se le han atribuido. (Baldi, 2019) Pensando en lo anterior y en enfermedades como las dislipidemias, alteraciones de los lípidos en sangre, se realizó una revisión literaria en diferentes fuentes digitales buscando el efecto del propóleo en el perfil lipídico, abundado en el propóleo de abejas nativas sin aguijón, se encontró que el propóleo de Abejas nativas sin aguijón y del género *Apis* tienen efecto similar sobre las dislipidemias en modelos animales y algunos ensayos clínicos. El propóleo disminuye los niveles de triglicéridos y colesterol total, aumenta el C-HDL, disminuye C-LDL y actúa como quelante de las sales biliares, principalmente, lo que lo sugiere como posible tratamiento complementario en dislipidemias, sin embargo, la variación en su composición tiene efecto en los datos de efectividad.

Palabras clave: Propóleo, Dislipidemias, Abejas nativas sin aguijón, Perfil lipídico, Abejas.

Antecedentes

Desde principios del siglo XX, México ha sufrido cambios en el comportamiento epidemiológico de las enfermedades, lo anterior se asocia a los cambios ambientales, demográficos, económicos, sociales y culturales. (Soto- Estrada et al, 2016) Las enfermedades no transmisibles se han convertido en el principal problema de salud pública actual en México y en el mundo, estas son enfermedades crónicas no infecciosas que progresan lentamente durante largos periodos de tiempo. (Moreno-Villares et al, 2019). En este trabajo indagamos sobre las dislipidemias, entendiéndolas como alteraciones en el proceso de síntesis, transporte o metabolismo de las lipoproteínas que altere la concentración plasmática de colesterol total o sus diferentes fracciones transportadoras, así como niveles plasmáticos de Triacilglicéridos (TAGs). (Canalizo-Miranda et al, 2013) (Furgione et al, 2009). Particularmente en México ha sufrido un aumento de los niveles medios de colesterol y triacilglicéridos plasmáticos, gracias a las modificaciones en la forma de vida, como ejemplo puntual tenemos que, la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2006 (ENSANUT), reveló cifras en la población entre 20 y 69 años, que indicaban que al menos seis de cada 10 mexicanos tienen alguna forma de dislipidemia; un dato que es verdaderamente alarmante (Díaz et al, 2018)

Debido a la compleja composición del propóleo, hablando de variedad de compuestos y fitonutrientes, tiene numerosas aplicaciones en el tratamiento de diversas patologías por sus propiedades antiinflamatorias, antimicóticas, antibacterias-

nas, antioxidantes. (Pasupuleti et al, 2017) (Braakhuis, 2019) Aun cuando existen en el mercado diferentes fármacos para tratar las dislipidemias el uso de propóleo, en especial el de abejas nativas sin aguijón supone una alternativa de posible tratamiento complementario económica y de fácil acceso, en México contamos con la presencia de 11 géneros y 46 especies de la tribu Meliponini distribuidas en diferentes regiones del territorio, especialmente la península de Yucatán, la sierra nororiental de Puebla y la región totonaca de Veracruz. (Román, 2019)

Objetivo(s)

Conocer el efecto del propóleo de abejas nativas sin aguijón en dislipidemias a través de la investigación documental, para proponerlo como posible tratamiento complementario.

Metodología.

Se realizó una investigación documental en dos periodos de febrero a marzo y de agosto a octubre del 2020, consultando fuentes como Pubmed, Google scholar, Science Direct, Elsevier, Scielo. Aceptando artículos publicados a partir del 2015, a excepción de aquellos que representaran algo novedoso en la investigación, artículos que hablaran de forma directa o indirecta del efecto del propóleo en el perfil lipídico, se tomó en cuenta tanto Abejas nativas sin aguijón como Apis. Se utilizaron palabras clave como propolis, geopropolis, lipids, Dyslipidemia, propóleo, propóleo de abejas nativas, dislipidemias, dislipidemias en México, abejas nativas sin aguijón, toxic propoli, stingless bee propolis, stingless bee propolis in Dyslipidemia.

Resultados y discusión

Según un estudio bibliométrico publicado en 2018 por Senel & Demir sobre la apiterapia, entendiéndose por esta al uso médico y aplicación de los productos de abejas, encontrando que Brasil ocupa el primer lugar en publicación de artículos, en seguida de Estados Unidos, China, Japón y Turquía. Por lo que impulsar la investigación en México de esta área representa una oportunidad.

La mayor parte de la investigación actual se ha realizado en modelos animales, Oladayo (2016) habla de extracto etanólico de propóleo nigeriano administrado por vía oral el cual mejoró la dislipidemia diabética al aumentar los niveles de HDL (lipoproteínas de alta densidad) y disminuir los niveles de VLDL (lipoproteínas de muy baja densidad) en ratones diabéticos inducidos mediante una inyección intraperitoneal de aloxano. En 2018 Huang et al, observó la reducción de los niveles de Triacilgliceridos, colesterol total y LDL (Lipoproteínas de baja densidad), y un aumento de HDL en ratones hiperlipidémicos a causa de Triton-WR1339, el propóleo fue administrado por sonda intragástrica.

Oršolić et al (2019) propone el uso de extracto etanólico de propóleo croata vía oral en dosis de 50 mg/kg como complemento alimenticio para ayudar a los trastornos hiperlipidémicos en ratones con obesidad inducida a través de una dieta alta en grasas, sus resultados mostraron que los ratones pertenecientes al grupo alimentados con dieta alta en grasas y propóleo tenían niveles más altos de C-HDL (Colesterol unido a proteínas de alta densidad) y niveles más bajos de C-LDL (Colesterol unido a proteínas de baja densidad) y TAG en comparación de los que solo seguían la dieta.

Otro estudio sobre propóleo marroquí muestra el efecto positivo del propóleo en el perfil lipídico, aquí la prueba se realizó en ratas diabéticas inducidas por estreptozocina intravenosa de 60 mg/kg, recibieron extracto hidroalcohólico de propóleo, agua destilada y glibenclamida durante 15 días, obteniendo como resultado, un aumento de HDL y disminución de colesterol total, TG, LDL y VLDL, gracias al propóleo. (El Menyiy et al, 2019)

Una forma diferente de la administración de propóleo fue mediante su encapsulación, se probó en ratas diabéticas inducidas por estreptozocina, sus resultados obtenidos fueron una disminución de TG, sin embargo, el efecto no fue significativo en colesterol total, C-HDL y C-LDL comparado con el grupo modelo ($p > 0.05$). (Li et al, 2012)

Otros dos ejemplos más son los de Al Ghamdi et al (2015) y Chen et al (2018), el primero probó extracto de propóleo en ratones diabéticos, donde el propóleo restauró significativamente los lípidos plasmáticos a niveles casi normales en comparación con los ratones con diabetes y sin tratamiento ($P < 0.05$). Chen et al (2018) probaron propóleo verde taiwanés en ratas diabéticas inducidas por una dieta alta en grasas y estreptozocina, disminuyendo los niveles de Triglicéridos, colesterol total y LDL, y un aumento de HDL comparado con el grupo diabético.

Estos estudios fueron realizados con propóleo de Apis spp., observando que la investigación en este campo es amplia, pero respecto a abejas nativas sin aguijón aun es escasa, al propóleo producido por estas abejas también se le conoce como geopropóleo, el cual es similar en composición y actividad biológica comparada con Apis. (Przybyłek & Karpiński, 2019)

Se han reportado numerosos metabolitos bioactivos potenciales en los geopropóleos, como fenilpropanoides, flavonoides, benzofenonas, cumarinas, terpenos y ácido gálico. (Dos santos et al, 2017)

Tomando en cuenta que la composición de los propóleos varía dependiendo del origen geográfica, fuente botánica, raza de abejas, época de muestreo y condiciones climáticas, se cree que los productos de las abejas sin aguijón son

fuerza prometedora de compuestos biológicamente activos superiores al de las abejas convencionales, atribuyéndolo a la rica vegetación de las regiones subtropicales y tropicales donde se presentan las abejas nativas sin aguijón. (Al-Hattamleh et al, 2020)

Ejemplo del poder del propóleo de las abejas nativas sin aguijón es un estudio de Ahmed et al (2017), en donde se destacan las propiedades antioxidantes y cardioprotectoras del propóleo de la abeja sin aguijón del subgénero *Tetragona* género *Trigona* recolectada de una región de Malasia, este fue probado en ratas macho wistar, a las que se les indujo isquemia cardiaca con una inyección de isoproterenol, el propóleo fue administrado de forma previa durante cuatro semanas en dosis de 100 mg/kg de peso corporal, el tratamiento con propóleo favoreció las enzimas antioxidantes y la disminución de niveles de Colesterol Total, Triglicéridos, C-VLDL y aumento de C-HDL comparada con el grupo con isoproterenol pero no hubo diferencia significativa comparada con el grupo control. (Ahmed et al, 2017)

La actividad antioxidante puede ser dada por compuestos fenólicos como ácido benzoico, ácido cinámico, ácido p-cumárico o quercetina (Ferreira et al, 2015) (Xu et al, 2019)

Con estudios como los anteriores se ha encaminado a los ensayos clínicos que incluyen al propóleo, un ensayo clínico de doble ciego controlado con placebo en pacientes con diabetes tipo 2 (DM2) durante 90 días, tratados con propóleo iraní 1000 mg/día, el propóleo fue administrado en capsulas de 500 mg, cada 12 horas. Los resultados fueron un aumento de los niveles de C-HDL en los pacientes con DM2. (Zakerkish et al, 2019)

Se realizó otro ensayo clínico en Chile, ensayo aleatorio, doble ciego y controlado con placebo. En personas con alteraciones de al menos de uno de los siguientes parámetros: glucemia en ayunas, perfil de lípidos, presión arterial o diabetes mellitus, enfermedad cardiovascular y/o sobrepeso. (Mujica et al, 2017).

El estudio fue ejecutado en 79 pacientes, a 35 de ellos se les administró 15 gotas dos veces por día de una solución oral al 3% de propóleo en propilenglicol denominado Beepolis® durante 90 días. Sus resultados arrojaron un aumento de colesterol total y C-HDL. (Mujica et al. 2017)

El efecto que tiene el propóleo en el perfil lipídico se ha explicado con mejora de la expresión de la proteína de los transportadores de casete de unión a ATP hepáticos A1 y G1 (ABCA1, ABCG1 y ABCG8), que se asocian con la salida de colesterol del tejido periférico, sugiriendo que el propóleo puede estar involucrado en la formación de partículas HDL aumentando sus niveles, junto con aumento de ABCA1 y el

transporte inverso del colesterol. (Huang et al, 2018) (Mujica et al, 2017) (Zakerkish et al, 2019)

Chen et al, 2018 hablaron del efecto del propóleo verde taiwanés en genes como PPAR- α , CYP7A1 y SREBP. PPAR- α (receptor α activado por proliferado de peroxisoma hepático) es un importante regulador del metabolismo de los lípidos en el hígado, donde mejora la captación y el catabolismo de los ácidos grasos, la expresión de PPAR- α podría disminuir los ácidos grasos en sangre y disminuir las ROS. CYP7A1 (Colesterol-7^a-hidroxilasa hepática) es otro gen que ayuda en la eliminación de lípidos y puede ser promovido por PPAR- α , mejora la conversión de colesterol en ácidos biliares en el hígado y aumenta la excreción de ácido biliar en el tracto digestivo. (Chen et al, 2018)

Por otro lado, SREBP (Proteína de unión al elemento regulador de esteroides) participa en la síntesis de ácidos grasos en el hígado, sugirieron que PPAR- α y CYP7A1, son inducidos por bioflavonona y flavonoides en la célula hepática, y se justifica en la presencia de estos en el propóleo taiwanés, por lo tanto, demostraron que el efecto en la hiperlipidemia está asociado a inducciones de PPAR- α y CYP7A1 hepáticos, pero no con las promociones de SREBP. Por lo tanto, el lípido extra puede ser absorbido por el hígado y luego eliminado. (Chen et al, 2018)

El propóleo no solo reduce los niveles de LDL, también tiene la propiedad de reducir la oxidación, mediante dos mecanismos: la activación del factor de transcripción Nrf2 y La mejora de las enzimas antioxidantes, gracias a compuestos como el éster fenético de ácido cafeico (CAPE) que activa el factor de transcripción de Nrf2, pinocembrina, ácido p-cumárico, ácido cinámico o quercetina. (Oršolić et al, 2019)

También se ha informado que la administración de propóleo redujo HMG-CoA reductasa, lo que sugiere que inhibe la síntesis hepática de colesterol, otro posible mecanismo para reducir el colesterol total podría atribuirse a los compuestos resinosos presentes en el propóleo, ya que pueden actuar como quelantes de las sales biliares en el intestino, aumentando así su eliminación fecal. Esto podría dar como resultado un aumento de la síntesis de sales biliares hepáticas a partir de colesterol para compensar las mayores pérdidas a través de la circulación enterohepática de las sales biliares. La combinación de ambos efectos podría explicar el efecto hipercolesterolémico del propóleo. (Lisbona-Gonzales et al, 2020) (Mujica et al, 2017) (Domínguez-Ávila et al, 2016)

El contenido de fenoles y flavonoides es de vital importancia en el efecto que puede tener un propóleo por lo tanto para poder utilizarlo es necesario realizar pruebas que nos permitan conocer el contenido de cada uno, lo primero que se debe realizar es la limpieza de la muestra, ya que en ocasiones el propóleo en bruto contiene impurezas visibles como lodo,

virutas de madera, etc. Se realizan pruebas físicas que incluyen aroma, sabor y consistencia a temperatura ambiente, posterior se prepara el extracto y se realiza la cuantificación de fenoles con métodos como Folin-Ciocalteu, se cuantifican flavonoides y se mide la actividad antioxidante por ensayos como DPPH (1,1,-difencil-2-picril-hidrazilo), ensayo FRAP (ferric reducing/ antioxidant power) por mencionar algunos. (Sánchez, 2018) (Secretaría de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación, 2017) (Rodríguez et al, 2020)

Para conocer los componentes de forma más específica se pueden utilizar pruebas como cromatografía líquida de alto rendimiento (HPLC), la cromatografía de capa fina, la cromatografía de gases, así como técnicas de identificación tales como la espectroscopia de masas, la tecnología de resonancia nuclear magnética, cromatografía de gases y espectroscopía de masas. (Huang et al, 2014).

Es importante mencionar que en México contamos con la Norma Oficial Mexicana NOM-003-SAG/GAN-2017 Propóleos, producción y especificaciones para su procesamiento, en la cual como su nombre indica se puede conocer el proceso detallado que tiene la muestra previa a realizar el análisis químico o emplearse en ensayos. Aunque, esta fue creada para Apis los métodos de análisis en Melipona son muy similares con variaciones en la concentración de patrones y curvas para la cuantificación de los analitos.

Un tópico de interés es la forma en la que se los componentes del propóleo son absorbidos por el cuerpo, en general los flavonoides son absorbidos de manera intacta en proporciones pequeñas, la matriz en la que se encuentran en el propóleo es compleja por lo que la absorción se puede ver afectada, se estima que del 5-10% de los polifenoles son absorbidos en el intestino delgado, el resto es degradado por la microbiota, a pesar de los bajos porcentajes de absorción, las cantidades detectadas en plasma son elevadas comparadas con otros materiales alimenticios. (Rees et al, 2018) (Braakhuis, 2019) Pensando en la compleja composición química del propóleo es lógico pensar en los posibles efectos negativos a largo plazo. (Mani et al, 2006)

Mani et al (2006) se plantearon probar el propóleo a diferentes concentraciones (1, 3 y 6 mg/kg/día) y por diferentes lapsos de tiempo (30, 60 y 150 días), en ratas wistar macho, midieron enzimas y niveles séricos relacionados con el daño cardíaco, no encontraron alteraciones, sugiriendo que la ingesta de 1 mg/kg/día de extracto etanólico no causa alteraciones.

Bonamigo et al (2017) se plantearon descubrir la actividad toxica del propóleo de abejas nativas *Scaptotrigona depilis* y *Melipona quadrifasciata*, la toxicidad in vivo fue probada en la cea N2 de tipo salvaje del nematodo *Caenorhabditis*

elegans se les agrego extracto etanólico en concentraciones variables de 100 a 250 µg/mL en medio M9 después de 24 horas se evaluó la viabilidad, ninguno de los dos extractos resulto toxico para los nematodos posterior a las 24 horas de incubación.

Otro estudio con *Heterotrigona itama* probada en el mismo nematodo, con 50 µl de partículas de propóleo a concentraciones que oscilaban entre 0 y 8 mg/ml, incubadas por 24 horas, se evaluó viabilidad y no se observó ningún efecto perjudicial sobre la viabilidad de los nematodos. (Abdullah et al, 2019)

Así mismo se ha reportado que el nivel de efecto adverso no observado (NOAEL) en ratones y ratas es superior a 1470 mg/kg/día a los 60 días y superior a 2470 mg/kg/día a los 90 días. En seres humanos los efectos tóxicos que se pudieran presentar son en dosis de hasta 15 g/día, En ratones conscientes, la dosis letal media de extracto de propóleo es más de 7.34 g/ kg lo que habla de un producto generalmente seguro; a pesar del perfil favorable, el propóleo es una causa común de hipersensibilidad en lo que respecta a aplicación tópica, La dificultad de prescribir una dosis precisa de propóleo se basa en la variación de compuestos presentes, por lo anterior la bioactividad varia significativamente complicando la dosificación. (Cornara et al, 2017) (Braakhuis 2019).

Conclusiones

Se ha demostrado que el propóleo de abejas nativas sin aguijón y del género *Apis* tiene efecto sobre las dislipidemias., ya que disminuye los niveles de triacilglicéridos y Colesterol total, aumenta el C-HDL, disminuye LDL y actúa como quelante de las sales biliares, principalmente, lo que lo convierte en un posible tratamiento complementario en pacientes con dislipidemias.

Sin embargo, la composición química del propóleo y en consecuencia su actividad biológica dependiente de factores como origen geográfico, fuente botánica, raza de abejas, época de muestreo y condiciones climáticas de la región vuelven complicada la dosificación y la homogeneidad en los datos de efectividad.

Agradecimientos

Los autores agradecen a los proyectos PAPIIT IN223719: Evaluación de la potencialidad antimicrobiana de propóleos de abeja sin aguijón de México y PI-API 1809: Evaluación de productos a base de propóleo para su aplicación en la salud animal.

Referencias

- ABDULLAH, N. A., Ja'afar, F., Yasin, H. M., Taha, H., Petalcorin, M., Mamit, M. H., Kusri, E., & Usman, A. (2019). Physicochemical analyses, antioxidant, antibacterial, and toxicity of propolis particles produced by stingless bee *Heterotrigona itama* found in Brunei Darussalam. *Heliyon*, 5(9), e02476. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e02476>
- AHMED, R., Tanvir, E. M., Hossen, M. S., Afroz, R., Ahmmad, I., Rumpa, N. E., Paul, S., Gan, S. H., Sulaiman, S. A., & Khalil, M. I. (2017). Antioxidant Properties and Cardioprotective Mechanism of Malaysian Propolis in Rats. Evidence-based complementary and alternative medicine: eCAM, 2017, 5370545. <https://doi.org/10.1155/2017/5370545>
- AL Ghamdi, A. A., Badr, G., Hozzein, W. N., Allam, A., Al-Waili, N. S., Al-Wadaan, M. A., & Garraud, O. (2015). Oral supplementation of diabetic mice with propolis restores the proliferation capacity and chemotaxis of B and T lymphocytes towards CCL21 and CXCL12 by modulating the lipid profile, the pro-inflammatory cytokine levels and oxidative stress. *BMC immunology*, 16, 54. <https://doi.org/10.1186/s12865-015-0117-9>
- AL-HATAMLEH, M., Boer, J. C., Wilson, K. L., Plebanski, M., Mohamud, R., & Mustafa, M. Z. (2020). Antioxidant-Based Medicinal Properties of Stingless Bee Products: Recent Progress and Future Directions. *Biomolecules*, 10(6), 923. <https://doi.org/10.3390/biom10060923>
- BALDI C. B. (2019). Uso del propóleo en el desarrollo de alimentos funcionales de alto poder antioxidante. *Ciencia, docencia tecnología suplemento*, 9(9). <https://bit.ly/31VnQUs>
- BONAMIGO, T., Campos, J. F., Alfredo, T. M., Balestieri, J. B., Cardoso, C. A., Paredes-Gamero, E. J., de Picoli Souza, K., & Dos Santos, E. L. (2017). Antioxidant, Cytotoxic, and Toxic Activities of Propolis from Two Native Bees in Brazil: *Scaptotrigona depilis* and *Melipona quadrifasciata anthidioides*. *Oxidative medicine and cellular longevity*, 2017, 1038153. <https://doi.org/10.1155/2017/1038153>
- BRAAKHUIS A. (2019). Evidence on the Health Benefits of Supplemental Propolis. *Nutrients*, 11(11), 2705. <https://doi.org/10.3390/nu11112705>
- CANALIZO-MIRANDA, E., Favela P. E. A., Salas A. J. A., Gómez D. R., Jara E. R., del Pilar Torres A. L., & Viniegra O. A. (2013). Guía de práctica clínica. Diagnóstico y tratamiento de las dislipidemias. *Revista Médica del Instituto Mexicano del Seguro Social*, 51(6), 700-709. <https://bit.ly/3mzvsv>
- CHEN, L. H., Chien, Y. W., Chang, M. L., Hou, C. C., Chan, C. H., Tang, H. W., & Huang, H. Y. (2018). Taiwanese Green Propolis Ethanol Extract Delays the Progression of Type 2 Diabetes Mellitus in Rats Treated with Streptozotocin/High-Fat Diet. *Nutrients*, 10(4), 503. <https://doi.org/10.3390/nu10040503>
- CORNARA, L., Biagi, M., Xiao, J., & Burlando, B. (2017). Therapeutic Properties of Bioactive Compounds from Different Honeybee Products. *Frontiers in pharmacology*, 8, 412. <https://doi.org/10.3389/fphar.2017.00412>
- DÍAZ A. A., Fernández B. C. L., Enciso M. J. M., Ceballos R. G., Gutiérrez S. G., León H. F. J., Jiménez, O. J. H., Ramos, C. M.A., Gómez, A.E., Puente, A. B., Alcocer C. A. & Meaney, E. (2018). Posicionamiento en torno al diagnóstico y tratamiento de las dislipidemias. *Revista Mexicana de cardiología*, 29(S3), 148-168. <https://bit.ly/3mvhPFG>
- DOMÍNGUEZ-AVILA, J. A., González-Aguilar, G. A., Alvarez-Parrilla, E., & de la Rosa, L. A. (2016). Modulation of PPAR Expression and Activity in Response to Polyphenolic Compounds in High Fat Diets. *International journal of molecular sciences*, 17(7), 1002. <https://doi.org/10.3390/ijms17071002>
- DOS Santos, T.L.A., Queiroz, R.F., Sawaya, A.C.H.F., Gimenez-Cassina, B.L., Soares, M. B.P., Bezerra, D.P., Rodrigues, A.C.B.C., De Paula, V.F. & Waldschmidt, A. M. (2017). *Melipona mondury* produces a geopropolis with antioxidant, antibacterial and antiproliferative activities. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 89(3, Suppl.), 2247-2259. Epub July 20, 2017. <https://doi.org/10.1590/0001-3765201720160725>
- EL Menyiy, N., Al-Wali, N., El Ghouizi, A., El-Guendouz, S., Salom, K., & Lyoussi, B. (2019). Potential therapeutic effect of Moroccan propolis in hyperglycemia, dyslipidemia, and hepatorenal dysfunction in diabetic rats. *Iranian journal of basic medical sciences*, 22(11), 1331-1339. <https://doi.org/10.22038/ijbms.2019.33549.8004>
- FERREIRA, C.J., Pereira, D.U., Dos santos D.d., José, D.M., Perella, J.B.B., Lima, C.C.A., Paredes-Gamero, E.J., Miranda, L.E., de Picoli, S., K., & Lucas, S. E. (2015) Antimicrobial, antioxidant, anti-inflammatory, and cytotoxic activities of propolis from the stingless bee *Tetragonisca fiebrigi* (Jataí). *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*. <https://doi.org/10.1155/2015/296186>
- FURGIONE, A., Sánchez, D., Scott, G., Luti, Y., Arraiz, N., Bermúdez, V., & Velasco, M. (2009). Dislipidemias primarias como factor de riesgo para la enfermedad coronaria. *Revista latinoamericana de hipertensión*, 4(1), 18-25. <https://bit.ly/3oCjmf3>
- HUANG, S., Zhang, C. P., Wang, K., Li, G. Q., & Hu, F. L. (2014). Recent advances in the chemical composition of propolis. *Molecules* (Basel, Switzerland), 19(12), 19610-19632. <https://doi.org/10.3390/molecules191219610>
- HUANG, X., Wu, X., Yan, S. y Lan, T. (2018). Nan fang yi ke da xue xue bao = Journal of Southern Medical University, 38 (8), 1020-1024. <https://doi.org/10.3969/j.issn.1673-4254.2018.08.20>
- LI, Y., Chen, M., Xuan, H., & Hu, F. (2012). Effects of encapsulated propolis on blood glycemic control, lipid metabolism, and insulin resistance in type 2 diabetes mellitus rats. *Evidence-based complementary and alternative medicine : eCAM*, 2012, 981896. <https://doi.org/10.1155/2012/981896>
- LISBONA-GONZÁLEZ, M. J., Reyes-Botella, C., Muñoz-Soto, E., Vallecillo-Rivas, M., Moreno-Fernández, J., & Díaz-Castro, J. (2020). Efecto positivo de un suplemento de propóleo sobre el perfil lipídico, la glucemia y el estado antioxidante hepático en un modelo animal experimental. *Nutrición Hospitalaria*, 37(4). <http://dx.doi.org/10.20960/nh.03060>
- MANI, F., Damasceno, H. C. R., Novelli, E. L. B., Martins, E. A. M., & Sforcin, J. M. (2006). Propolis: Effect of different concentrations, extracts and intake period on seric biochemical variables. *Journal of ethnopharmacology*, 105(1-2), 95-98. [10.1016/j.jep.2005.10.011](https://doi.org/10.1016/j.jep.2005.10.011)
- MORENO-VILLARES, José-Manuel, Collado, María-Carmen, Larqué, Elvira, Leis-Trabazo, María-Rosaura, Sáenz-de-Piñón, Miguel, & Moreno-Aznar, Luis-A.. (2019). Los primeros 1000 días: una oportunidad para reducir la carga de las enfermedades no transmisibles. *Nutrición Hospitalaria*, 36(1), 218-232. <https://dx.doi.org/10.20960/nh.02453>
- MUJICA, V., Orrego, R., Pérez, J., Romero, P., Ovalle, P., Zúñiga-Hernández, J., Arredondo, M., & Leiva, E. (2017). The Role of Propolis in Oxidative Stress and Lipid Metabolism: A Randomized Controlled Trial. *Evidence-based complementary and alternative medicine : eCAM*, 2017, 4272940. <https://doi.org/10.1155/2017/4272940>

- OLADAYO M. I. (2016). Nigerian propolis improves blood glucose, glycated hemoglobin A1c, very low-density lipoprotein, and high-density lipoprotein levels in rat models of diabetes. *Journal of interventional ethnopharmacology*, 5(3), 233–238. doi:10.5455/jice.20160502065029
- ORŠOLIĆ, N., Landeka Jurčević, I., Đikić, D., Rogić, D., Odeh, D., Balta, V., Perak Junaković, E., Terzić, S., & Jutrić, D. (2019). Effect of Propolis on Diet-Induced Hyperlipidemia and Atherogenic Indices in Mice. *Antioxidants* (Basel, Switzerland), 8(6), 156. <https://doi.org/10.3390/antiox8060156>
- PASUPULETI, V. R., Sammugam, L., Ramesh, N., & Gan, S. H. (2017). Honey, Propolis, and Royal Jelly: A Comprehensive Review of Their Biological Actions and Health Benefits. *Oxidative medicine and cellular longevity*, 2017, 1259510. <https://doi.org/10.1155/2017/1259510>
- PRZYBYLEK, I., & Karpiński, T. M. (2019). Antibacterial Properties of Propolis. *Molecules* (Basel, Switzerland), 24(11), 2047. <https://doi.org/10.3390/molecules24112047>
- REES, A., Dodd, G. F., & Spencer, J. (2018). The Effects of Flavonoids on Cardiovascular Health: A Review of Human Intervention Trials and Implications for Cerebrovascular Function. *Nutrients*, 10(12), 1852. <https://doi.org/10.3390/nu10121852>
- RODRIGUEZ, B.P., Canales, M.M.M., Penieres, C.G., & Cruz, S, T, A. (2020). Composición química, propiedades antioxidantes y actividad antimicrobiana de propóleos mexicanos. *Acta Universitaria*, 30(1), 1-30. <http://doi.org/10.15174/au.2020.2435>
- ROMÁN, M de O. E. (2019). Prácticas agropecuarias como estrategias de seguridad alimentaria. En Alquisira- Ramírez, E. V. (eds). *La importancia de la meliponicultura en México*. (p.p. 103-129) Universidad Autónoma del Estado de Morelos. <https://bit.ly/3kJ9Ex>
- SÁNCHEZ H. A. (2018). Características antioxidantes de propóleos de diferentes orígenes geográficos [Tesis de Doctorado, Universidad Politécnica de Valencia] <https://bit.ly/34lh8CV>
- SECRETARÍA de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación. (2017, 6 de Octubre). Norma Oficial Mexicana NOM-003-SAG/GAN-2017, Propóleos, producción y especificaciones para su procesamiento. <https://bit.ly/3mIKFTr>
- ŞENEL, E., & Demir, E. (2018). Bibliometric analysis of apitherapy in complementary medicine literature between 1980 and 2016. *Complementary therapies in clinical practice*, 31, 47-52. <https://doi.org/10.1016/j.ctcp.2018.02.003>
- SOTO-ESTRADA G., Moreno-Altamirano, L. & Pahua D. D. (2016). Panorama epidemiológico de México, principales causas de morbilidad y mortalidad. *Revista de la Facultad de Medicina (México)*, 59(6), 8-22. <https://bit.ly/2HMm0xW>
- XU, D., Hu, M. J., Wang, Y. Q., & Cui, Y. L. (2019). Antioxidant Activities of Quercetin and Its Complexes for Medicinal Application. *Molecules* (Basel, Switzerland), 24(6), 1123. <https://doi.org/10.3390/molecules24061123>
- ZAKERKISH, M., Jenabi, M., Zaeemzadeh, N., Hemmati, A. A., & Neisi, N. (2019). The Effect of Iranian Propolis on Glucose Metabolism, Lipid Profile, Insulin Resistance, Renal Function and Inflammatory Biomarkers in Patients with Type 2 Diabetes Mellitus: A Randomized Double-Blind Clinical Trial. *Scientific reports*, 9(1), 7289. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-43838-8>

ESTUDIO TEÓRICO DE LAS INTERACCIONES ENTRE LA PROTEASA M_{pro} DEL SARS-CoV-2 Y EL INHIBIDOR DE DISEÑO N3



Emir Alejandro Galván García, Didier Nivón Ramírez, Javier Alejandro Ibarra Hernández, Rodolfo Gómez Balderas***

*Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México,
*emirgage@cuautitlan.unam.mx, **rodolfo.gomez@unam.mx*



Resumen

Durante el año 2020 se ha propagado una pandemia debido a una nueva enfermedad nombrada a principios de año como Enfermedad por Coronavirus 2019 (Covid-19), que es ocasionada por el virus del Síndrome Respiratorio Severo Coronavirus 2 (SARS-CoV-2). Este virus pertenece a la subfamilia de los coronavirus y se encuentran presentes en el reino animal, sin embargo, solo unos cuantos integrantes de esta subfamilia son capaces de infectar al ser humano y producir graves consecuencias, algunos otros ejemplos de coronavirus son el SARS (2003) y el MERS (2012). El surgimiento con mayor frecuencia de enfermedades relacionadas con los coronavirus exige el desarrollo de nuevos fármacos que sean capaces de inhibir la actividad de distintas proteínas de los coronavirus, la M_{pro} es una proteasa involucrada en la replicación del virus. El estudio teórico-cuántico de estructuras moleculares nos permitió conocer más sobre el tipo de interacciones entre la M_{pro} y un inhibidor conocido como N3, además de algunos descriptores de acoplamiento.

Palabras clave: SARS-CoV-2, DFT, QTAIM, densidad electrónica, interacciones no covalentes.

Antecedentes

Los coronavirus son virus que al ser estudiados por microscopía electrónica su silueta se asemeja a una corona, de ahí su nombre. Su material genético es el de mayor tamaño entre los virus de ARN que van desde los 26 a 35 kilo nucleótidos, esto también le permite un gran volumen entre los virus con una envoltura cuyos viriones pueden medir entre 180 y 200 nm aproximadamente. El virus identifica al receptor en las células humanas, la enzima convertidora de angiotensina, mediante sus proteínas tipo espiga ubicadas en el exterior de su empaque. Después de unirse al receptor, el virus puede tener acceso al citosol del huésped, mezclando las membranas virales y celulares da como resultado la fusión y en última instancia la liberación del genoma viral en el citoplasma.

Con el RNA viral, el ribosoma celular expresa dos poliproteínas terminales pp1a y pp1ab. Los coronavirus codifican de dos a tres proteasas que escinden las poliproteínas, entre ellas se encuentran la proteasa principal o M_{pro}, codificada por la proteína no estructural (nsp5), quien se encarga de 11 de los 16 eventos de escisión (Maier et al., 2015). Los métodos empleados en la química cuántica computacional

son variados, los métodos provenientes de la Teoría de Funcionales de la Densidad (DFT) nos ofrecen información de la densidad electrónica de las especies químicas, de donde se puede conocer su estructura y reactividad en términos, por ejemplo, del potencial electrostático (ESP) (Burke, 2012).

El inhibidor N3 (Figura 1) es un compuesto cuyo objetivo es inhabilitar la Mpro, este compuesto se diseñó por computadora, se sintetizó y se ha probado en ratones, resultando ser efectivo para el propósito, pero con un alto nivel de toxicidad, el complejo Mpro-N3 se ha caracterizado estructuralmente mediante difracción de rayos X (Jin et al., 2020). Se sabe que las interacciones tipo puentes de hidrógeno son las principales responsables de la interacción del huésped con la Mpro.

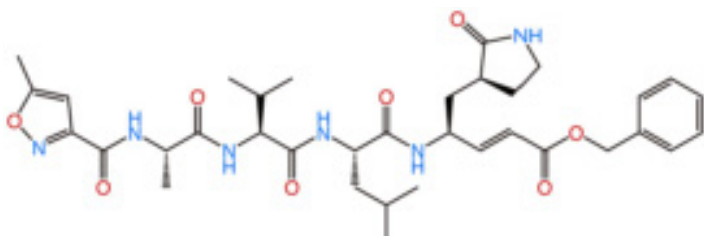


Fig. 1. Inhibidor N3

En este trabajo se busca estudiar las interacciones no covalentes mediante la Teoría Cuántica de Átomos en Moléculas (TQAIM) (Bader, 1994), con la que es posible realizar el estudio de la topología de la densidad electrónica, con este estudio se puede conocer el carácter y cuantificar la intensidad de cada interacción no covalente.

Detalles computacionales

Para obtener las coordenadas de los átomos del inhibidor N3 y de los 11 residuos de la Mpro con interacciones descritas en la literatura (Jin et al., 2020), los 11 residuos de interés de los protómeros A y B son: F-140, N-142, G-143, C-145, H-163, H-164, E-166, Q-189 y T-190, los aminoácidos del protómero B: S-1 y G302. Además, se agregaron dos moléculas de agua que representan una importancia fundamental en el acoplamiento de los dos protómeros.

Se utilizó el PDB con código 6LU7, que muestra una estructura molecular obtenida por difracción de rayos X referente al complejo N3-Mpro con resoluciones de 2.16Å. Añadiendo los átomos de hidrógeno al complejo, el sistema fue optimizado congelando todos los átomos diferentes al hidrógeno, utilizando el funcional semi-empírico híbrido de rango dividido, con correcciones de dispersión de tipo Grimme de primera generación ωB97X-D (Chai & Head-Gordon, 2008), con la que se busca una buena descripción para las interacciones no covalentes (Mardirossian & Head-Gordon, 2017).

Posteriormente al complejo de N3 con 11 residuos se añadieron 3 residuos más, que se encontraron lo más próximo

al inhibidor, estos residuos son el H-41, T-26 y el S-144, los tres provenientes del protómero A. Para los cálculos de optimización se utilizó el programa Gaussian 09 (Fox, 2009), el estudio de la topología de la densidad electrónica se realizó con el programa AIMAll (Keith, 2019)

Resultados y discusión

El estudio del gradiente de la densidad electrónica de un sistema nos proporciona características de su topología, encontrando sitios donde el $\nabla\rho=0$, a estos sitios se les llama puntos críticos. Utilizando el Laplaciano de la densidad electrónica ($\nabla^2\rho$) podemos caracterizar los puntos críticos no degenerados como: puntos críticos nucleares atómicos (NACP), puntos críticos de enlace (BCP), puntos críticos de anillo (RCP) y puntos críticos de caja (CCP). En la Figura 2 podemos observar algunos de los BCP formados en el complejo N3-Mpro, las líneas de color gris representan los enlaces de hidrógeno descritos en la literatura por Jin y colaboradores. En nuestro estudio se logra justificar estas interacciones de enlaces de hidrógeno logrando replicar los resultados con nuestro método. Los valores de la densidad electrónica en los BCP proporcionan información sobre la fuerza del enlace.

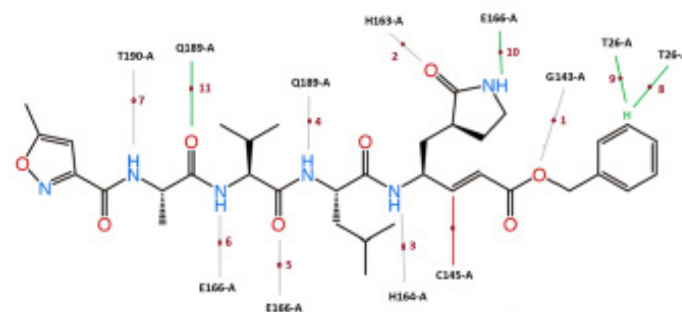


Fig. 2. Inhibidor N3 con los nombres de los residuos con los que presentan interacción (protómero A). Los BCP se identifican con número en rojo.

Existen diferentes modelos que predicen la fuerza del enlace mediante su energía (BE), en la Ecuación 1, se muestra un modelo que ha descrito las energías de enlace en compuestos neutros, con mayor exactitud (Emamian et al., 2019).

$$BE \approx -223.08 \times \rho(r_{\text{BCP}}) + 0.7423 \quad \text{Ecuación 1}$$

De acuerdo con Emamian y colaboradores, los enlaces de hidrógeno de tipo N-H...O en una molécula neutra, se pueden clasificar como enlaces muy débiles y de naturaleza principalmente de dispersión + electrostática (> -2.5kcal/mol) y entre débiles a fuerza media con naturaleza electrostática (de -2.5 a -14 kcal/mol).

Con los enlaces de hidrógeno descritos en la Tabla 1, en su mayoría presentan una fuerza de enlace de débil a media

de naturaleza electrostática, concordando con una molécula neutra, sin embargo, el BCP 2 del enlace entre el N3 y el aminoácido Histidina 163 del protómero A, muestra una fuerza mayor que se podría clasificar como un enlace fuerte de naturaleza principalmente por inducción + electrostática, esto también se manifiesta en la longitud del enlace la cual es menor comparándola con todas las demás.

A pesar de tener una fuerza mayor continúa siendo una interacción no covalente debido al valor negativo del Laplaciano de la densidad en su BCP. Al ser negativo indica que, en la suma de las tres curvaturas en el BCP, las curvaturas negativas pertenecientes a la isosuperficie son de mayor magnitud (Matta & Boyd, 2007).

#BCP	LE (Å)	ρ (a.u.)	BE (kcal/mol)	$\nabla^2\rho$ (a.u.)
1	1.878	0.0300	-5.9501	-0.0294
2	1.365	0.0969	-20.874152	-0.0749
3	1.847	0.0306	-6.083948	-0.0314
4	1.880	0.0297	-5.883176	-0.0282
5	2.011	0.0208	-3.897764	-0.0219
6	1.855	0.0287	-5.660096	-0.0316
7	1.857	0.0276	-5.414708	-0.0300

Tabla 1. Propiedades relacionadas a los puntos críticos de enlace (BCP), de interacciones descritas por Jin y colaboradores.

En la Tabla 2 se muestran las características de los puntos críticos encontrados al aumentar 3 fragmentos (H-41, T26 y la S-144) a la cavidad en la que se acopla el inhibidor N3 (líneas verdes Figura 2). Las distancias de enlace que atraviesan estos puntos críticos son mayores si las comparamos con las longitudes encontradas en la Tabla 1, esto también refleja una apreciable disminución en la densidad electrónica en estos puntos, y por consiguiente una menor energía de enlace.

En la Tabla 2 para todos los casos se presentan signos negativos para el Laplaciano de la densidad, indicando interacciones no covalentes. De estos últimos BCP (8-12), el único punto con una naturaleza similar a los descritos en la tabla anterior es el BCP 10, todos los demás enlaces de hidrogeno tienen una forma de tipo C-H...O, por lo que no serían comparables, sin embargo, cabe resaltar la energía de enlace que presentan los BCP 8 y 9, son energías fuertes para su naturaleza al carecer del átomo de N con la densidad correspondiente.

Los BCP 8 y 9, muestran una gran importancia del grupo bencilo del N3 en la complejación, hecho no mencionado en la literatura donde se aplicaron métodos computacionales del tipo Docking y dinámica molecular, interacciones que son difíciles de observar por la naturaleza de los métodos.

En estudios anteriores se ha descrito a la cisteína 145 como un residuo clave en la inhibición de la Mpro en distintos coronavirus (Jin et al., 2020), el átomo de azufre de este aminoácido está involucrado en una reacción de tipo adición de Michael, formando un enlace covalente con el N3 (línea roja en la Figura 2), con el estudio de la topología es posible caracterizar el tipo de enlace, el Laplaciano en el BCP es la suma de las tres curvaturas en el punto crítico, para este punto crítico formado se tiene un valor de 0.072 a.u., concordando con la teoría al presentar dos curvaturas negativas pertenecientes a la isosuperficie de flujo cero, inferiores en magnitud con respecto a la curvatura positiva que es la curvatura perpendicular a las dos negativas.

#BCP	LE (Å)	ρ (a.u.)	BE (kcal/mol)	$\nabla^2\rho$ (a.u.)
8	2.210	0.0161	-2.849288	-0.0159
9	2.148	0.0224	-4.254692	-0.0193
10	2.559	0.0061	-0.618488	-0.0058
11	2.483	0.0090	-1.26542	-0.0078
12	2.757	0.0046	-0.283868	-0.0040

Tabla 2. Propiedades relacionadas de BCP encontradas al añadir los residuos H-41, T-26 y S-144

Además, se puede observar un enlace fuerte comparando la densidad electrónica en el BCP formado por la adición de Michael, que es de 0.183 a.u., mucho mayor a las densidades encontradas en las tablas.

Conclusiones

Los métodos teóricos basados en la descripción de la topología de la densidad electrónica, a pesar de tener un costo computacional elevado nos proveen información más detallada y con un sólido fundamento físico, del acoplamiento entre proteínas y moléculas con una actividad biológica relevante.

Comprobamos que los métodos basados en el estudio de la topología son capaces de reproducir y justificar, además, de caracterizar nuevas interacciones. Con este trabajo se presentan algunas perspectivas:

Ya obtenido el carácter de cada interacción no covalente entre el N3 y la Mpro, es posible sustituir el inhibidor por una nueva molécula diseñada con herramientas computacionales, buscando reproducir las características de estas interacciones.

Con el objetivo de corroborar la información obtenida se plantea repetir la metodología utilizando el PDB del mismo complejo N3-Mpro, obtenido mediante difracción de rayos X con código 7BQY y una resolución de 1.7 Å

Agradecimientos

Este trabajo se realizó gracias al proyecto UNAM-DGTIC-COVID-004 "Descriptores químico-cuánticos de antivirales con posible uso para inhibir el virus SARS-CoV-2".

Referencias

- BADER, R. F. W. (1994). *Atoms in Molecules: A Quantum Theory*. Oxford University Press.
- BURKE, K. (2012). Perspective on density functional theory. *The Journal of Chemical Physics*, 136(15), 150901. <https://doi.org/10.1063/1.4704546>
- CHAI, J.-D., & Head-Gordon, M. (2008). Long-range corrected hybrid density functionals with damped atom-atom dispersion corrections. *Physical Chemistry Chemical Physics*, 10(44), 6615. <https://doi.org/10.1039/b810189b>
- EMAMIAN, S., Lu, T., Kruse, H., & Emamian, H. (2019). Exploring Nature and Predicting Strength of Hydrogen Bonds: A Correlation Analysis Between Atoms in Molecules Descriptors, Binding Energies, and Energy Components of Symmetry-Adapted Perturbation Theory. 14. <https://doi.org/10.1002/jcc.26068>
- FOX, M. J. F., G. W. Trucks, H. B. Schlegel, G. E. Scuseria, M. A. Robb, J. R. Cheeseman, G. Scalmani, V. Barone, B. Mennucci, G. A. Petersson, H. Nakatsuji, M. Caricato, X. Li, H. P. Hratchian, A. F. Izmaylov, J. Bloino, G. Zheng, J. L. Sonnenberg, M. Hada, M. Ehara, K. Toyota, R. Fukuda, J. Hasegawa, M. Ishida, T. Nakajima, Y. Honda, O. Kitao, H. Nakai, T. Vreven, J. A. Montgomery, Jr., J. E. Peralta, F. Ogliaro, M. Bearpark, J. J. Heyd, E. Brothers, K. N. Kudin, V. N. Staroverov, R. Kobayashi, J. Normand, K. Raghavachari, A. Rendell, J. C. Burant, S. S. Iyengar, J. Tomasi, M. Cossi, N. Rega, J. M. Millam, M. Klene, J. E. Knox, J. B. Cross, V. Bakken, C. Adamo, J. Jaramillo, R. Gomperts, R. E. Stratmann, O. Yazyev, A. J. Austin, R. Cammi, C. Pomelli, J. W. Ochterski, R. L. Martin, K. Morokuma, V. G. Zakrzewski, G. A. Voth, P. Salvador, J. J. Dannenberg, S. Dapprich, A. D. Daniels, Ö. Farkas, J. B. Foresman, J. V. Ortiz, J. Cioslowski, and D. J. (2009). *Gaussian 09 (D.01)* [Computer software]. Gaussian, Inc. <http://gaussian.com/g09citation/>
- JIN, Z., Du, X., Xu, Y., Deng, Y., Liu, M., Zhao, Y., Zhang, B., Li, X., Zhang, L., Peng, C., Duan, Y., Yu, J., Wang, L., Yang, K., Liu, F., Jiang, R., Yang, X., You, T., Liu, X., ... Yang, H. (2020). Structure of M pro from SARS-CoV-2 and discovery of its inhibitors. *Nature*, 582(7811), 289-293. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2223-y>
- KEITH, T. A. (2019). *AIMAll (Version 19.10.12)* [Computer software]. TK Gristmill Software. <http://aim.tkgristmill.com>
- MAIER, H. J., Bickerton, E., & Britton, P. (Eds.). (2015). *Coronaviruses: Methods and Protocols* (Vol. 1282). Springer New York. <https://doi.org/10.1007/978-1-4939-2438-7>
- MARDIROSIAN, N., & Head-Gordon, M. (2017). Thirty years of density functional theory in computational chemistry: An overview and extensive assessment of 200 density functionals. *Molecular Physics*, 115(19), 2315-2372. <https://doi.org/10.1080/00268976.2017.1333644>
- MATTA, C. F., & Boyd, R. J. (Eds.). (2007). *The quantum theory of atoms in molecules: From solid state to DNA and drug design*. WILEY-VCH.

ACTIVIDAD ANTIBACTERIANA DEL EXTRACTO DE *Origanum sp*



*Jiménez Camacho Luis Enrique¹, Ángel Alfredo Núñez Vázquez², Raquel Ortega Muñoz³,
Jesús Fernando Montiel Aguirre^{*4}*

¹Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México, enrique.p5@hotmail.com

²Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México, angel_120590@hotmail.com

*³Depto. de Biología, Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México,
ortegam63@gmail.com*

⁴ Depto. de Biología, Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México



Antecedentes

Recientemente, muchos estudios se han centrado en el descubrimiento de nuevos antibacterianos de origen natural que incluyen fuentes vegetales, animales o microbianas (Hashemi et al, 2013). Las plantas medicinales han sido utilizadas en el tratamiento de enfermedades ocasionadas por bacterias (resistentes o no a antibióticos). Aunque las plantas medicinales conducen a una recuperación lenta, el uso terapéutico de estas comienza a popularizarse debido a que ocasionan pocos o nulos efectos secundarios y que los microorganismos aparentemente no generan resistencia (Solanki, 2010). *Origanum* (orégano) es un género importante de la familia Lamiaceae y está representado por aproximadamente 23 especies y 32 taxones (Skoula y Harborne, 2002). La mayoría de las especies del género *Origanum* crecen naturalmente en Europa y Asia, sin embargo, es una planta cultivada en varias regiones del mundo, cuyo valor comercial se debe principalmente a sus características como especia, condimento y propiedades medicinales. (Koksai et al., 2010). En el mundo existen diferentes variedades de orégano que han sido explotadas comercialmente, cuya producción global se estima en alrededor de 15 mil toneladas, siendo Turquía el principal productor seguido de México, estas plantas han generado interés debido a su composición fitoquímica y propiedades nutraceuticas (García et al., 2012).

Un Alimento funcional es cualquier alimento en forma natural o procesada, que además de sus componentes nutritivos (sin referencia a su valor nutritivo) contiene componentes

Resumen

Se determinó la actividad antibacteriana del extracto de la planta *Origanum sp* la cual puede ser utilizada como alimento funcional con el fin de obtener halos de inhibición o actividad antibacteriana empleando el método Kirby Bauer e impregnando discos de papel filtro con una cantidad exacta de extracto sólido, obteniendo la inhibición de cepas resistentes y no resistentes a antibiótico e identificando que 0.15 g de extracto que equivalen a 0.106 g de hojas y tallos de la planta seca es la posible cantidad máxima inhibitoria.

Palabras clave: Halo de inhibición, Extracto sólido, Maceración, Multiresistencia a antibióticos, Antibacteriano

adicionales que favorecen a la salud, la capacidad física y el estado mental de una persona. En Europa, se define alimento funcional a “aquel que satisfactoriamente ha demostrado afectar benéficamente una o más funciones específicas en el cuerpo, más allá de los efectos nutricionales, de tal manera que resulta relevante para el estado de bienestar y salud o la reducción de riesgo de una enfermedad”(Roberfroid, 2000).

Se ha demostrado que las especies del género *Origanum* tienen propiedades biológicas de alto nivel como la actividad antimicrobiana, antifúngica, antioxidante, antimutagénica, anticancerígeno, antiparasitarias y antieméticas (Bostanciodlu et al., 2012). Por otro lado, los aceites esenciales de las especies del género *Origanum*, generan la destrucción de la membrana celular bacteriana (Burt, 2004), sin embargo, dichos aceites tienen una escasa solubilidad y alta volatilidad la cual dificulta su uso en alimentos y la cuantificación de su actividad mediante ensayos de difusión o dilución (Kalemba y Kunicka, 2003).

Al evaluar la toxicidad del aceite esencial de la especie *O. vulgare*, el cual fue administrado por vía oral y con aplicaciones intravaginales en ratas Wistar durante 30 días, se concluyó que el 3% del aceite esencial “no produce alteraciones toxicológicas” (Cleeff et al, 2008). Por tanto, se exige la identificación y caracterización de otras moléculas bioactivas además de los aceites esenciales.

Objetivo

Identificar la actividad antibacteriana del extracto de *Origanum* sp frente a cepas bacterianas resistentes o no a antibióticos, así como la identificación de la cantidad máxima inhibitoria de extracto.

Metodología experimental

•Recolección de materia:

Se realizó la colecta de hojas y tallos de la planta *Origanum* sp cultivadas en un invernadero al sur de la Ciudad de México, el cual se encuentra a 30°C y cuenta con riego por goteo.

•Deshidratación y almacenamiento:

Las hojas y tallos fueron deshidratadas durante 2 semanas en un lugar libre de humedad a 30°C, obteniendo 100 g de materia prima seca, posteriormente fueron parcialmente trituradas y transferidas a 2 frascos de vidrio ámbar de 500 mL (50 g por cada frasco).

•Maceración y Concentración de extractos:

Se adicionó a cada frasco 500 mL Acetato de Etilo (AcOEt) destilado, dejándolo reposar durante 3 días con agitación

constante a 27°C, posteriormente se filtró la maceración de ambos frascos, separando el extracto de los residuos de hojas y tallos, finalmente se removió el AcOEt mediante destilación a presión reducida hasta obtener un extracto concentrado y mediante un desecador acoplado a una bomba de vacío se evaporó las trazas de AcOEt, obteniendo como producto final un extracto sólido de 14.167g

•Aislamiento e identificación de cepas:

Se realizó mediante muestreo de alimentos y transporte público, utilizando medios selectivos y diferenciales e identificándolas con el uso de pruebas bioquímicas, obteniendo las cepas *Staphylococcus epidermidis*, *Streptococcus agalactiae*, *Enterococcus faecalis*, *Bacillus subtilis* y *Pseudomonas aeruginosa* a partir de alimentos y las cepas *Staphylococcus aureus* y *Moraxella catarrhalis* ambas resistente a 5 antibióticos a partir de transporte público.

•Evaluación de extractos:

Se realizó una resuspensión de 0.05 g, 0.1 g, 0.15 g y 0.2 g en 1 mL de AcOEt, con el objetivo de facilitar la impregnación del extracto en 4 discos de papel filtro de 5 mm de diámetro, debido al mechero Fisher (genera una zona séptica), el AcOEt se evapora rápidamente, permaneciendo únicamente sustancias sólidas en los discos (exposición no mayor a 1 min), obteniendo 4 discos con su respectiva cantidad de extracto sólido para evaluar en una cepa bacteriana mediante el método de Kirby Bauer.

Resultados y discusión

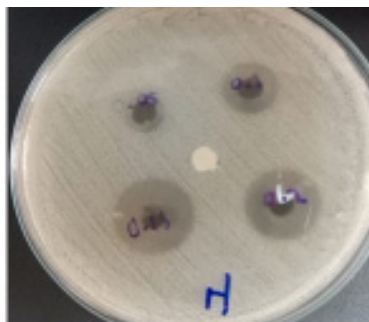


Fig. 1: Antibiograma *Staphylococcus epidermidis*



Fig. 2: Antibiograma *Staphylococcus aureus*

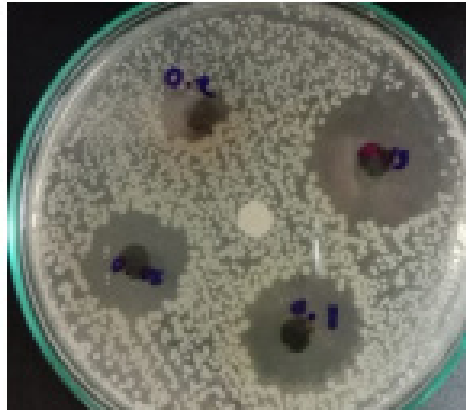


Fig 3: Antibiograma *Bacillus subtilis*



Fig. 4: Antibiograma *Enterococcus faecalis*



Fig. 5: Antibiograma *Moraxella catarrhalis*



Fig. 6: Antibiograma *Pseudomonas aeruginosa*

Extracto (g) por disco	Cepa 1	Cepa 2	Cepa 3	Cepa 4	Cepa 5	Cepa 6	Cepa 7
0.05 g	10 mm	11 mm	6 mm	-	20 mm	23 mm	-
0.1 g	15 mm	14 mm	10 mm	-	22 mm	26 mm	-
0.15 g	20 mm	16 mm	15 mm	-	30 mm	40 mm	-
0.2 g	20 mm	12 mm	12 mm	-	14 mm	32 mm	-

Tabla 1. Registro de Actividad Inhibitoria

Código de cepa: *Staphylococcus epidermidis* (Cepa 1), *Staphylococcus aureus* resistente a 5 antibióticos (Cepa 2), *Streptococcus agalactiae* (Cepa 3), *Enterococcus faecalis* (Cepa 4), *Bacillus subtilis* (Cepa 5), *Moraxella catarrhalis* resistente a 5 antibióticos (Cepa 6) y *Pseudomonas aeruginosa* (Cepa 7).

En aquellas bacterias sensibles al extracto, la inhibición fue presente por medio de halos de inhibición, a partir de la concentración más baja empleada, es decir, 0.05g que equivale 0.353 g planta seca aproximadamente por otro lado a la concentración de 0.15 g de extracto que equivale a 1.06 g de la planta seca aproximadamente, generó la inhibición máxima en bacterias, la cual es igual o mayor a la generada por antibióticos convencionales. En cuanto a la concentración más alta de extracto empleada de 0.2 g que equivale a 1.41 g de la planta seca, generó una inhibición igual o menor a la producida por 0.15 g de extracto, esto posiblemente se debe a que el extracto sólido no se difundió correctamente a través del medio de cultivo. El uso del extracto de *Origanum sp* generó una inhibición satisfactoria en cocos Gram positivos a excepción de *Enterococcus faecalis*, posiblemente indicando que las bacterias del género *Staphylococcus* y por lo menos en bacterias del género *Streptococcus* β hemolíticos o del grupo B (clasificación de Brown y Lancefield respectivamente) son sensibles al extracto. Por otro lado, *Staphylococcus aureus* y *Moraxella catarrhalis* ambas resistentes a 5 antibióticos, fueron ampliamente inhibidas, sin mencionar que esta última bacteria tiene una alta sensibilidad al extracto. La inhibición no fue presente en *Pseudomonas aeruginosa* (único bacilo Gram negativo que se utilizó), a pesar de ello se tiene registro de que el extracto de *Origanum sp* con AcOEt genera inhibición en bacterias como *Serratia marcescens*, *Acinetobacter haemolyticus*, *Klebsiella planticola* y *Klebsiella oxytoca*. Ya que la planta de *Origanum sp*, generaría un efecto antibacteriano y si es consumida podría favorecer a la salud de una persona o la reducción del riesgo de una enfermedad mediante los componentes químicos de la planta diferentes al de su valor nutricional, la definición de alimento funcional podría ser utilizado para referirse a dicha planta.

Conclusión

Se demostró la capacidad antibacteriana del extracto sólido *Origanum sp* frente a bacterias resistentes y No resistentes a antibióticos, sin hacer uso de sus aceites esenciales.

Se logró identificar la cantidad de extracto sólido (0.15 g) y por lo tanto la cantidad de planta seca (1.41 g) necesaria para generar una inhibición bacteriana igual o superior a la producida por antibióticos, sin mencionar que aparentemente las bacterias Gram positivas son más susceptibles al extracto que las Gram negativo.

Agradecimientos

El autor agradece a la Profesora Raquel Ortega Muñoz y el Dr. Jesús Fernando Montiel Aguirre por el financiamiento de la investigación, así como a la Lic. Argelia Camacho Morales por todo el apoyo moral y económico.

Referencias

- HASHEMI M., Ehsani A., Hosseini Jazani N., Aliakbarlu J., Mahmoudi R. (2013). Chemical composition and in vitro antibacterial activity of essential oil and methanol extract of *Echinophora platyloba* DC against some of food-borne pathogenic bacteria. *Veterinary Research Forum*. 4(2): 123-127
- SOLANKI, R. (2010). Some Medical Plants with Antibacterial Activity. *Pharmacie Globale (IJCP)*, 4(10), pp.1-4.
- M. Skoula, JB Harborne (2002) *Taxonomía y química SE Kintzios (Ed.)*, Orégano: Género *Origanum* y *Lippia*. *Perfiles industriales de plantas medicinales y aromáticas*, 25, Taylor & Francis / CRC Press, EE. UU, págs. 67 - 108
- KOKSAL, O.; Gunes, E.; Orkan, O. and Ozden, M. (2010). Analysis of effective factor on in formation sources at Turkish oregano farms. *African J. Agric. Res.* 5:142-149.
- GARCÍA, E., Castro, F., Gutiérrez, J and García, S. (1 de marzo - 30 de abril, 2012). Revision of the production, phytochemical composition, and nutraceutical properties of Mexican oregano. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, Vol.3 Núm.2, p. 339-353.
- ROBERFROID MB. (2000). Concepts and strategy of functional food science: The European perspective. *Am. J. Clin. Nutr.* 71(6): 1669S-1664S.
- BOSTANCI OGLU RB, Kurkcuoglu M, Baser KHC, Koparal AT (2012). Assessment of anti-angiogenic and antitumoral potentials of *Origanum onites* L. essential oil. *Food and Chemical Toxicology* 50(6).
- BURT S. (2004). Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods a review. *International Journal of Food Microbiology*. 94: 223-253.
- KALEMBA, D., & Kunicka, A. (2003). Antibacterial and antifungal properties of essential oils. *Current Medicinal Chemistry*, 10(10), 813-829. <http://dx.doi.org/10.2174/0929867033457719>
- MB Cleff, AR Meinerz, ES Sallis, TA Antunes, A. Mattei, MR Rodrigues, (2008) et al. Toxicidad preclínica de la dosis repetida de aceite esencial de *Origanum vulgare* L. (*Origanum*) en ratas Wistar. *Latin American Journal of Pharmacy (formerly Acta Farmacéutica Bonaerense)*, 27 (5).

SMALL TRANSITION METAL MIXED CLUSTER SURFACES, AS ACTIVATORS OF C – O BINDING $\text{Fe}_n\text{Cu}_m\text{C} – \text{O}$ ($n + m = 6$): A THEORETICAL APPROACH



Patricio Limon, Rodolfo Gomez-Balderas*

Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México,
patch579@comunidad.unam.mx, gomezr@gmail.com



Antecedentes

Resumen

Mediante cálculos por Teoría de los Funcionales de Densidad, a través del software Gaussian09, se aborda la activación del monóxido de carbono en la superficie de cúmulos mixtos de átomos de hierro y cobre: $\text{Fe}_n\text{Cu}_m\text{CO}$, $n + m = 6$. Los resultados muestran que la adsorción de CO sobre Fe_nCu_m es termoquímicamente favorable, ya que se producen energías de disociación $\text{Fe}_n\text{Cu}_m\text{CO}$ en el intervalo: 17.86 – 46.50 kcal/mol. Además, al comparar distancias (1.15 – 1.21 Å) y números de onda (1678 – 2029 cm^{-1}) de la molécula CO sobre Fe_nCu_m , con sus valores experimentales sin la participación de dichos cúmulos (1.128 \pm 0.014 Å y 2143 \pm 4.9 cm^{-1}), es posible observar la activación del enlace C=O en esta interacción, ya que se producen alargamiento y corrimiento hacia el rojo en el espectro de absorción del enlace en la molécula; esto dependiendo de la proporción de átomos de hierro y cobre en el cúmulo. Es en $\text{Fe}_3\text{Cu}_3\text{CO}$, una de las especies aquí estudiadas, donde se observa mayor coordinación y transferencia de carga, así como mayor debilitamiento del enlace C=O.

Palabras clave: cúmulos mixtos, activación del enlace, monóxido de carbono, frecuencia vibracional, transferencia de carga.

Smalley et al. produjeron nanotubos de carbono de pared simple (o SWNT) mediante la descomposición de monóxido de carbono a 1200 ° C, catalizado por nanopartículas de molibdeno, que fue la primera evidencia de SWNT producidos por una nanopartícula de metal de transición catalítica preformada. (Dai et al., 1996) También habían utilizado cúmulos de Ni y Co. (Guo et al., 1995) Sin embargo, se obtienen mayores rendimientos utilizando $\text{Fe}(\text{CO})_5$, como fuente de átomos de Fe (que se combinan in situ para formar cúmulos de hierro) y una corriente caliente de CO. (Nikolaev et al., 1999)

Recientemente las nanopartículas de cobre, (Khorrami & Lotfi, 2016) y sus aleaciones con hierro o cobalto, han cobrado gran importancia debido no sólo a las propiedades catalíticas del cobre sino que además, esta mezcla de metales, ha mostrado propiedades sinérgicas. (Cartwright et al., 2015; He et al., 2019; Zhongtao Li et al., 2019; Shah & Tali, 2016) Una propuesta es que el cobre inhibe la sinterización de los átomos de Fe, o Co, durante la síntesis de SWNT. (Ramírez Rodríguez et al., 2018) Variando el contenido de Cu, la temperatura, el suministro de fuente de carbono y el tiempo de deposición se obtienen diferentes características de SWNT.

Además, por DFT, recientemente, la utilidad de los pequeños cúmulos de metales de transición para la reducción de la barrera energética en la ruptura del enlace CO, obteniendo

CO₂ y átomos de carbono adsorbidos sobre el cúmulo ha sido estudiado por Wei et al. (Wei et al., 2018) quienes realizaron el estudio DFT de la activación del metanol catalizada por los cúmulos de Pt₇, Pt₃Cu₄ y Cu₇. A pesar de que se ha realizado este tipo de estudios, el estudio de las aleaciones de cobre-hierro resulta un desafío debido a las multiplicidades de alto espín de los cúmulos de átomos de hierro. (Farsad et al., 2018; Limon et al., 2018)

La interacción entre la molécula de CO y un metal M, y la activación del enlace C – O, se describe en el modelo Blyholder. (Molecular Orbital View of Chemisorbed Carbon Monoxide | The Journal of Physical Chemistry, s. f.) El debilitamiento del enlace puede depender de la cantidad de átomos de metal que se coordinan con la molécula de CO y la cantidad de carga que se transfiere al CO desde los centros metálicos. (Emmrich et al., 2015; Koshy et al., 2020; Xu et al., 2018)

La fuerza relativa del enlace C – O a menudo se analiza convenientemente mediante espectroscopía vibracional. Con esta técnica, se ha encontrado que el CO se une a los cúmulos, de los últimos metales 3d. Este es el caso de Fe_n, con $n = 18 - 30$; mientras que para el rodio y el paladio, el CO puede coordinarse en otros sitios. (Lyon et al., 2009) Normalmente, se observan desplazamientos al rojo para la frecuencia de estiramiento del enlace C–O, ν_{CO} . Además, ν_{CO} varía para los cúmulos metálicos cargados.

Con la presencia de átomos de cobre, se espera que este elemento tenga un efecto sinérgico con los átomos de hierro y pueda reducir la energía para adsorber monóxido de carbono y la fuerza de unión de C–O; esto debido a la inhibición del proceso de sinterización de los átomos de hierro. (Ramírez Rodríguez et al., 2018)

En este trabajo, se examinan las propiedades estructurales, energéticas, electrónicas, vibracionales y magnéticas entre los cúmulos de átomos de hierro, los cúmulos de átomos de cobre y los cúmulos mixtos de estos metales solos y con la molécula de CO. Se estudia el papel catalítico que tienen en el perfil energético de la disociación C – O.

Objetivo

El objetivo de este trabajo es un estudio teórico de la interacción del CO con cúmulos mixtos de átomos de hierro y cobre: Fe_nCu_m–CO, $n + m = 6$. Los resultados obtenidos permitirán determinar la coordinación del CO con Fe_nCu_m, la transferencia de carga de Fe_nCu_m al CO y la energía de enlace CO–Fe_nCu_m, que pueden afectar el debilitamiento del enlace C=O. Para esta investigación se utilizarán métodos basados en la teoría funcional de la densidad (DFT). Cabe mencionar que una descripción precisa de los sistemas Fe_nCu_m–CO impone una tarea atractiva y desafiante para los métodos computacionales cuánticos de última

generación. Lo cual se debe a las complicadas interacciones de intercambio-correlación, y a la accesibilidad de una gran cantidad de estados de espín, de diferente geometría, que muestran estos cúmulos. (Farsad et al., 2018; Zhen Li et al., 2020; Zheng et al., 2017)

Métodos utilizados

Se estudiaron los estados basales y excitados de interacciones neutras de cobre, de hierro y combinaciones cobre/hierro—monóxido de carbono Fe_nCu_m–CO ($n + m = 6$) mediante cálculos de DFT all electrons. La metodología utilizada viene dada por la aproximación del funcional de gradiente generalizado BPW91 (Becke, 1988; Perdew & Wang, 1992) y el conjunto de bases gaussianas 6–311+G(2d) para todos los átomos del sistema. (Francl et al., 1982; Frisch et al., 1984; Krishnan et al., 1980; Raghavachari & Trucks, 1989) Este método se utilizó tal y como se implementó en Gaussian09 D.01. (Gaussian 09 Citation | Gaussian.com, s. f.) Se realizó una búsqueda sistemática del mínimo global entre varios candidatos propuestos para las interacciones neutras de cobre, hierro y cobre/hierro-monóxido de carbono, Fe_nCu_m–CO ($n + m = 6$), Figura 1.

Resultados y discusión

Dado que el foco de interés en este trabajo es cómo los cúmulos de átomos de metales de transición afectan el enlace de la molécula de monóxido de carbono, un paso importante es obtener la información sobre la estabilidad del sistema compuesto.

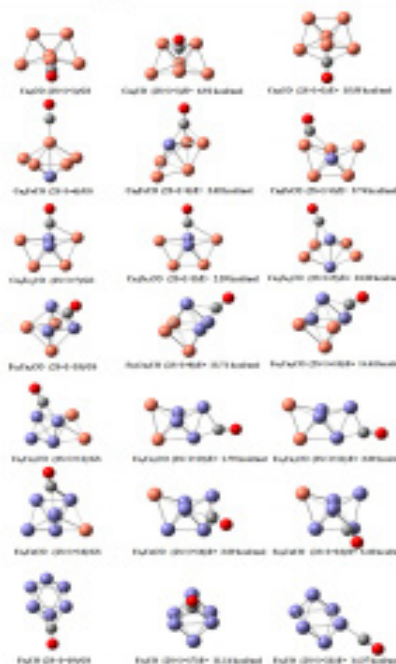


Fig. 1. Estados fundamentales y excitados de los sistemas Fe_nCu_m–CO ($n + m = 6$).

Esta energía de adsorción se definió como: $E_{ads} = E(\text{FenCumCO}) - [E(\text{CO}) + E(\text{FenCum})]$; donde $E(\text{CO})$, $E(\text{FenCum})$ y $E(\text{FenCumCO})$ son las energías totales ZPE (zero-point energies) de la molécula de CO, los cúmulos FenCum y los sistemas FenCumCO en sus GS (ground state), respectivamente.

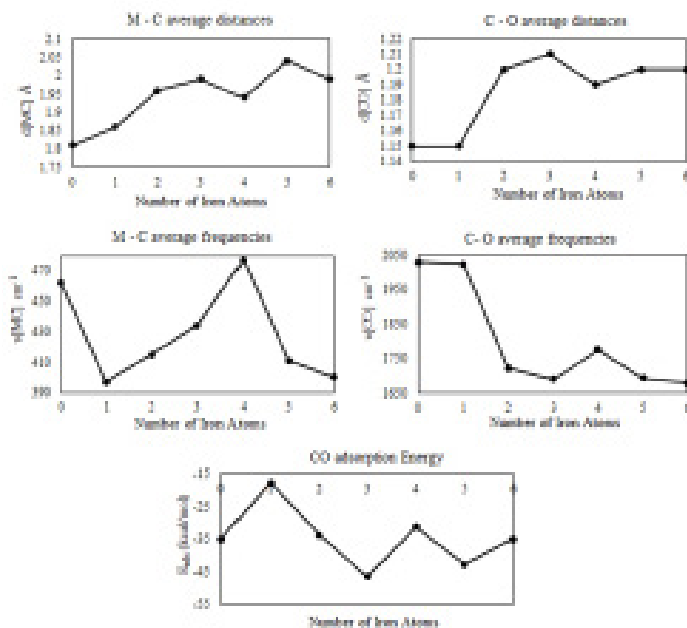


Fig. 2. Tendencias de las distancias medias, frecuencias y energías de adsorción.

La tendencia de la energía de disociación disminuye ligeramente a medida que aumenta la proporción de átomos de hierro. Estos resultados revelan que la adsorción de la molécula de CO en los cúmulos de metales de transición es un proceso termoquímicamente favorable, ya que se encontraron valores negativos en todos los casos, que van desde $-17,86$ a $-46,5$ kcal/mol (Figura 2). Edis más profundo ocurre en $\text{Fe}_3\text{Cu}_3\text{CO}$, que presenta una de las mayores transferencias de carga de FenCum a CO, esta carga perturba notablemente la estabilidad del CO, como se refleja en el alargamiento dCO.

De hecho, con una comparación directa entre distancias ($1.15 - 1.21$ Å) y números de onda ($1693 - 2029$ cm^{-1}) de CO adsorbido en la superficie de FenCum, y los valores experimentales de la molécula de CO aislada, 1.128 ± 0.014 Å (Martinie et al., 2011) y $2143 \pm 4,9$ cm^{-1} , (Jiang et al., 1975) permiten observar que estos cúmulos tienen un efecto en la activación del enlace C—O. Efectivamente, estos parámetros para los sistemas compuestos FenCumCO ($n + m = 6$), apuntan al debilitamiento del enlace C—O, debido a que tienen lugar longitudes de enlace más altas y números de onda más bajos (Figura 2). La molécula de CO es claramente activada por los cúmulos, especialmente por cúmulos mixtos, reflejado en el corrimiento al rojo de la vibración C—O

donde la vibración de menor energía se observa en la unión de $\text{Fe}_3\text{Cu}_3\text{C—O}$ y la longitud de C—O.

Por otro lado, las frecuencias de estiramiento de C—O medidas experimentalmente de aproximadamente 1865 cm^{-1} se atribuyeron al CO unido en los sitios superiores, atop. Mientras que se espera que haya un desplazamiento al rojo en $150 - 200$ cm^{-1} . (Lyon et al., 2009) Esta observación es consistente con nuestros valores de ν_{CO} , obtenidos para especies más grandes con coordinación superior. Además, los valores de ν_{CO} desplazados al rojo, obtenidos para FenCumCO, pueden estar relacionados con una mayor coordinación, particularmente para la coordinación triple observada en $\text{Fe}_3\text{Cu}_3\text{CO}$ o Fe_6CO .

La importante transferencia de carga de FenCum a CO puede explicar la reducción en la estabilidad del CO en FenCumCO. La acumulación de carga en el oxígeno, debido a su mayor electronegatividad con respecto a todos los demás átomos, es notable. Cuando la molécula de CO forma un enlace con FenCum, a través de múltiples modos de coordinación CO—FenCum, la carga se concentra principalmente en el átomo de oxígeno. Por ejemplo, la especie $\text{Fe}_3\text{Cu}_3\text{CO}$, en la que se establecen tres enlaces entre el átomo de carbono y el cúmulo, permite que el átomo de oxígeno gane más carga, hasta $-0,46$ e en ese caso específico. Esta carga tiende a ocupar orbitales antienlazantes en la molécula de CO en los orbitales frontera, lo que lleva a debilitar el enlace C—O. Por tanto, la triple coordinación, formada por el carbono con el núcleo, apunta al debilitamiento del enlace C—O. La gran longitud del enlace dCO sugiere que el átomo de oxígeno está débilmente unido al resto del cúmulo. Estos resultados sugieren que los cúmulos más prometedores, como $\text{Fe}_3\text{Cu}_3\text{CO}$, son capaces de activar notablemente el enlace C—O. Los sistemas mixtos $\text{Fe}_3\text{Cu}_3\text{CO}$, Fe_5CuCO y Fe_6CO es en donde más cantidad de carga se transfiere a la molécula, y aquellos que más activan el enlace.

Conclusiones

La activación del enlace C—O se produce principalmente por cúmulos con átomos de hierro en su estructura. El Cu_6 apenas activa este enlace; pasando de 2125 cm^{-1} (valor teórico) para la molécula de CO, hasta 2029 cm^{-1} en presencia de Cu_6 . Fe_3Cu_3 , Fe_5Cu y Fe_6 son las especies que más activan el enlace C—O, debilitándolo hasta 1690 , 1693 y 1678 cm^{-1} , respectivamente. Dos de estas especies también son las más favorables termoquímicamente en la adsorción de CO: $-46,60$ y $-42,80$ kcal/mol para Fe_3Cu_3 y Fe_5Cu , respectivamente. Estas adsorción y activación tienen una correlación con la transferencia de carga del grupo a la molécula de monóxido de carbono en los cúmulos que interactúan, FenCum—CO. En promedio, las contribuciones a la transferencia de carga aumentan a medida que aumenta

el número de átomos de hierro. Los sistemas mixtos Fe₃Cu-3CO, Fe₅CuCO y Fe₆CO es donde la mayor cantidad de carga se transfiere a la molécula de CO, y aquellos que más activan este enlace C–O. En Fe₃Cu₃CO se establecen tres enlaces entre el átomo de carbono y el cúmulo, lo que permite que el átomo de oxígeno gane más carga, hasta –0.46 e en ese caso específico. Todos estos resultados mencionados anteriormente, sugieren que los grupos más prometedores estudiados aquí son capaces de activar notablemente la molécula CO, para su posterior disociación.

Agradecimientos

Este trabajo lo realizamos utilizando los recursos de la supercomputadora Miztli que se encuentra en la Dirección General de Cómputo y de Tecnologías de la Información (DGTIC-UNAM), gracias al proyecto: LANCAD-UNAM-DG-TIC-058 de Rodolfo Gomez-Balderas; así como también gracias a la beca otorgada por la Dirección General de Asuntos del Personal Académico (DGAPA) para la realización de la estancia posdoctoral de Patricio Limon.

Referencias

- BECKE, A. D. (1988). Density-functional exchange-energy approximation with correct asymptotic behavior. *Physical Review A*, 38(6), 3098-3100. <https://doi.org/10.1103/PhysRevA.38.3098>
- CARTWRIGHT, R., Esconjauregui, S., Hardeman, D., Bhardwaj, S., Weatherup, R., Guo, Y., D'Arsié, L., Bayer, B., Kidambi, P., Hofmann, S., Wright, E., Clarke, J., Oakes, D., Cepek, C., & Robertson, J. (2015). Low temperature growth of carbon nanotubes on tetrahedral amorphous carbon using Fe–Cu catalyst. *Carbon*, 81, 639-649. <https://doi.org/10.1016/j.carbon.2014.10.001>
- DAI, H., Rinzler, A. G., Nikolaev, P., Thess, A., Colbert, D. T., & Smalley, R. E. (1996). Single-wall nanotubes produced by metal-catalyzed disproportionation of carbon monoxide. *Chemical Physics Letters*, 260(3-4), 471-475. [https://doi.org/10.1016/0009-2614\(96\)00862-7](https://doi.org/10.1016/0009-2614(96)00862-7)
- EMMRICH, M., Huber, F., Pielmeier, F., Welker, J., Hofmann, T., Schneiderbauer, M., Meuer, D., Polesya, S., Mankovsky, S., Ködderitzsch, D., Ebert, H., & Giessibl, F. J. (2015). Subatomic resolution force microscopy reveals internal structure and adsorption sites of small iron clusters. *Science*, 348(6232), 308-311. <https://doi.org/10.1126/science.aaa5329>
- FARSAD, M., Elahifard, M., & Behjatmanesh-Ardakani, R. (2018). Full-potential DFT study of CO dissociation on Fe–Cu cluster. *Theoretical Chemistry Accounts*, 137(11), 142. <https://doi.org/10.1007/s00214-018-2346-5>
- FRANCL, M. M., Pietro, W. J., Hehre, W. J., Binkley, J. S., Gordon, M. S., DeFrees, D. J., & Pople, J. A. (1982). Self-consistent molecular orbital methods. XXIII. A polarization-type basis set for second-row elements. *The Journal of Chemical Physics*, 77(7), 3654-3665. <https://doi.org/10.1063/1.444267>
- FRISCH, M. J., Pople, J. A., & Binkley, J. S. (1984). Self-consistent molecular orbital methods 25. Supplementary functions for Gaussian basis sets. *The Journal of Chemical Physics*, 80(7), 3265-3269. <https://doi.org/10.1063/1.447079>
- GAUSSIAN 09 Citation | Gaussian.com. (s. f.). Recuperado 9 de julio de 2020, de <https://gaussian.com/g09citation/>
- GUO, T., Nikolaev, P., Thess, A., Colbert, D. T., & Smalley, R. E. (1995). Catalytic growth of single-walled nanotubes by laser vaporization. *Chemical Physics Letters*, 243(1), 49-54. [https://doi.org/10.1016/0009-2614\(95\)00825-O](https://doi.org/10.1016/0009-2614(95)00825-O)
- HE, M., Zhang, S., Wu, Q., Xue, H., Xin, B., Wang, D., & Zhang, J. (2019). Designing Catalysts for Chirality-Selective Synthesis of Single-Walled Carbon Nanotubes: Past Success and Future Opportunity. *Advanced Materials*, 31(9), 1800805. <https://doi.org/10.1002/adma.201800805>
- JIANG, G. J., Person, W. B., & Brown, K. G. (1975). Absolute infrared intensities and band shapes in pure solid CO and CO in some solid matrices. *The Journal of Chemical Physics*, 62(4), 1201-1211. <https://doi.org/10.1063/1.430634>
- KHORRAMI, S. A., & Lotfi, R. (2016). Influence of carrier gas flow rate on carbon nanotubes growth by TCVD with Cu catalyst. *Journal of Saudi Chemical Society*, 20(4), 432-436. <https://doi.org/10.1016/j.jscs.2013.04.004>
- KOSHY, D. M., Chen, S., Lee, D. U., Stevens, M. B., Abdellah, A. M., Dull, S. M., Chen, G., Nordlund, D., Gallo, A., Hahn, C., Higgins, D. C., Bao, Z., & Jaramillo, T. F. (2020). Understanding the Origin of Highly Selective CO₂ Electroreduction to CO on Ni,N-doped Carbon Catalysts. *Angewandte Chemie*, 132(10), 4072-4079. <https://doi.org/10.1002/ange.201912857>
- KRISHNAN, R., Binkley, J. S., Seeger, R., & Pople, J. A. (1980). Self-consistent molecular orbital methods. XX. A basis set for correlated wave functions. *The Journal of Chemical Physics*, 72(1), 650-654. <https://doi.org/10.1063/1.438955>
- LI, Zhen, Gao, Z., Li, B., Zhang, L., Fu, R., Li, Y., Mu, X., & Li, L. (2020). Fe-Pt nanoclusters modified Mott-Schottky photocatalysts for enhanced ammonia synthesis at ambient conditions. *Applied Catalysis B: Environmental*, 262, 118276. <https://doi.org/10.1016/j.apcatb.2019.118276>
- LI, Zhongtao, Yang, T., Zhao, W., Xu, T., Wei, L., Feng, J., Yang, X., Ren, H., & Wu, M. (2019). Structural Modulation of Co Catalyzed Carbon Nanotubes with Cu–Co Bimetal Active Center to Inspire Oxygen Reduction Reaction. *ACS Applied Materials & Interfaces*, 11(4), 3937-3945. <https://doi.org/10.1021/acsami.8b18496>
- LIMON, P., Miralrio, A., & Castro, M. (2018). Adsorption and dissociation of carbon monoxide on iron and iron-carbon clusters: Fe_n + 2CO and Fe_nC + 2CO, n = 4 and 7. A theoretical study. *Computational and Theoretical Chemistry*, 1129, 37-47. <https://doi.org/10.1016/j.comptc.2018.02.018>
- LYON, J. T., Gruene, P., Fielicke, A., Meijer, G., & Rayner, D. M. (2009). Probing C–O bond activation on gas-phase transition metal clusters: Infrared multiple photon dissociation spectroscopy of Fe, Ru, Re, and W cluster CO complexes. *The Journal of Chemical Physics*, 131(18), 184706. <https://doi.org/10.1063/1.3257687>
- MARTINIE, R. J., Bultema, J. J., Vander Wal, M. N., Burkhart, B. J., Vander Griend, D. A., & DeKock, R. L. (2011). Bond Order and Chemical Properties of BF, CO, and N₂. *Journal of Chemical Education*, 88(8), 1094-1097. <https://doi.org/10.1021/ed100758t>
- MOLECULAR Orbital View of Chemisorbed Carbon Monoxide | The Journal of Physical Chemistry. (s. f.). Recuperado 8 de julio de 2020, de <https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/j100792a006>
- NIKOLAEV, P., Bronikowski, M. J., Bradley, R. K., Rohmund, F., Colbert, D.

- T., Smith, K. A., & Smalley, R. E. (1999). Gas-phase catalytic growth of single-walled carbon nanotubes from carbon monoxide. *Chemical Physics Letters*, 313(1), 91-97. [https://doi.org/10.1016/S0009-2614\(99\)01029-5](https://doi.org/10.1016/S0009-2614(99)01029-5)
- PERDEW, J. P., & Wang, Y. (1992). Accurate and simple analytic representation of the electron-gas correlation energy. *Physical Review B*, 45(23), 13244-13249. <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.45.13244>
- RAGHAVACHARI, K., & Trucks, G. W. (1989). Highly correlated systems. Excitation energies of first row transition metals Sc–Cu. *The Journal of Chemical Physics*, 91(2), 1062-1065. <https://doi.org/10.1063/1.457230>
- RAMÍREZ Rodríguez, F., López, B. L., & Giraldo, L. F. (2018). Single Wall Carbon Nanotubes Synthesis through Methane Chemical Vapor Deposition over MCM-41–Co Catalysts: Variables Optimization. *C — Journal of Carbon Research*, 4(2), 37. <https://doi.org/10.3390/c4020037>
- SHAH, K. A., & Tali, B. A. (2016). Synthesis of carbon nanotubes by catalytic chemical vapour deposition: A review on carbon sources, catalysts and substrates. *Materials Science in Semiconductor Processing*, 41, 67-82. <https://doi.org/10.1016/j.mssp.2015.08.013>
- WEI, A., Feng, W., Liu, H., Huang, X., & Yang, G. (2018). Methanol activation catalyzed by Pt₇, Pt₃Cu₄, and Cu₇ clusters: A density functional theory investigation. *Applied Organometallic Chemistry*, 32(3), e4197. <https://doi.org/10.1002/aoc.4197>
- XU, L., Yang, L.-M., & Ganz, E. (2018). Mn–graphene single-atom catalyst evaluated for CO oxidation by computational screening. *Theoretical Chemistry Accounts*, 137(7), 98. <https://doi.org/10.1007/s00214-018-2270-8>
- ZHENG, X., Guo, L., Li, W., Cao, Z., Liu, N., Shi, Y., & Guo, J. (2017). The catalytic performance of Cu_nAu (n = 3–12) clusters for preferential oxidation of CO in hydrogen-rich stream. *Theoretical Chemistry Accounts*, 136(3), 33. <https://doi.org/10.1007/s00214-017-2062-6>



**CIENCIAS DE LA
INGENIERÍA y FÍSICA
MATEMÁTICAS**

PROCESO FENTON ASISTIDO CON PRECIPITACIÓN PARA LA REMOCIÓN DE AZUL BRL



Isabel Espinoza Pavón¹, Christian Sandoval Pauker², Luis Ramos Guerrero³, Paul Vargas Jentzsch¹, Florinella Muñoz Bisesti*¹

¹Departamento de Ciencias Nucleares, Escuela Politécnica Nacional, Ecuador, isabel.espinoza@epn.edu.ec

²Instituto de Biología, Universidad Técnica Federico Santa María, Chile, csandovalpauker@gmail.com

³Centro de Investigación de Alimentos, Universidad UTE, Ecuador, luis.ramos@ute.edu.ec



Antecedentes

Resumen

El Azul BRL es un colorante diazoico utilizado en el proceso de teñido de pantalones de mezclilla en Pelileo, Tungurahua, Ecuador. Este colorante presenta en su estructura química aminas aromáticas, exhibe propiedades cancerígenas y mutagénicas por lo que representa una amenaza tanto para la salud pública como para el medio ambiente. Los tratamientos convencionales se consideran insuficientes para la remoción de este tipo de contaminantes. Por esta razón, la aplicación de Procesos de Oxidación Avanzada (POAs) es viable. El presente trabajo tuvo como objetivo el estudio de la combinación del proceso Fenton y la precipitación como alternativa para disminuir los costos operativos. Se estableció que la relación [Azul BRL]:[Fe²⁺] mínima que permitía la precipitación del colorante fue 1:7,7. Para el proceso Fenton asistido con precipitación se utilizó una solución de Azul BRL (0,09 mM) y se determinó que la máxima remoción se obtuvo a los 5 min (97,79 %).

Palabras clave: colorantes azoicos, procesos de oxidación avanzada, Fenton, sulfato ferroso, peróxido de hidrógeno, precipitación

La presencia de colorantes en los efluentes generados por las industrias textiles representa un problema medioambiental. Aproximadamente, el 10 % de los colorantes utilizados durante el proceso de teñido es descargado directamente en cuerpos de agua dulce. Es importante señalar que los colorantes azoicos representan el 80 % de la producción a nivel mundial (Sarker et al., 2019).

Los colorantes azoicos son componentes orgánicos que presentan uno o más grupos azo (-N=N-) en su estructura química. El Azul BRL es un colorante diazoico utilizado en el proceso de teñido de pantalones de mezclilla. Se considera un contaminante orgánico persistente puesto que al descomponerse genera aminas aromáticas; presenta propiedades cancerígenas y mutagénicas que generan efectos negativos en la salud pública y el medio ambiente (Espinoza et al., 2020; Hassaan & Nemr, 2017).

Los tratamientos convencionales se consideran insuficientes para la remoción de este tipo de contaminantes. (Mais et al., 2020). Por esta razón, la aplicación de Procesos de Oxidación Avanzada (POAs) representa una alternativa para el tratamiento de este tipo de efluentes.

Entre los POAs que se pueden utilizar se encuentra el Fenton tradicional puesto que su aplicación es sencilla, al ser un proceso de naturaleza catalítica homogénea no existen limitaciones en la transferencia de masa. Sin embargo, el rango de pH de trabajo es reducido entre 2,0 a 4,0 y su aplicación es costosa (Verma & Haritash, 2019). Por otra parte, el hierro puede formar complejos puesto que presenta propiedades de coordinación y existe la posibilidad de formar enlaces con ciertos grupos funcionales. De esta manera, los colorantes azoicos pueden formar complejos que precipiten con el hierro (Racles et al., 2017). Por lo mencionado anteriormente, se estudió la posibilidad de aplicar Fenton tradicional y precipitación para disminuir los costos asociados al uso de reactivos.

Objetivo(s)

El presente trabajo tuvo como objetivo la determinación de las mejores condiciones para la remoción del colorante Azul BRL en función del porcentaje de remoción al aplicar Fenton tradicional, precipitación y Fenton asistido con precipitación

Parte experimental

El presente trabajo tuvo como objetivo el estudio de los procesos Fenton, precipitación y Fenton asistido con precipitación para la remoción del colorante Azul BRL. Los ensayos fueron realizados en modalidad "batch" para el tratamiento de 250 mL de solución de colorante Azul BRL (0,04 y 0,09 mM).

El colorante Azul BRL (Figura 1) fue obtenido de Dyetex (Ecuador). El peróxido de hidrógeno H₂O₂ (30,0 %) y el sulfato ferroso heptahidratado FeSO₄·7H₂O (≥ 99,0 %) fue obtenido de Fisher Chemical. La concentración del colorante después de cada tratamiento fue establecida mediante el uso de un espectrofotómetro UV-Vis (Hitachi U-1900) a una longitud de onda de 565 nm.

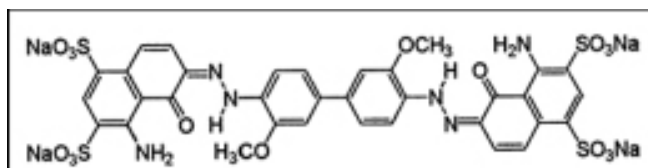


Fig. 1. Estructura molecular del colorante Azul BRL (Sigma Aldrich, 2011)

Remoción de Azul BRL mediante Fenton tradicional

Se utilizaron 250 mL de una solución de Azul BRL (0,04 mM). La concentración de FeSO₄·7H₂O fue 0,66 mM, se planteó un diseño experimental completamente al azar y se analizaron diferentes relaciones molares [Fe²⁺]:[H₂O₂] (1:10, 1:20 y 1:40). El pH de trabajo fue 2,8. El tiempo de reacción fue 10 min y se tomaron alícuotas cada minuto para el estudio de la cinética de la reacción. Todos los ensayos fueron realizados por triplicado.

Remoción de Azul BRL mediante precipitación

El estudio de la remoción del colorante Azul BRL mediante precipitación se realizó en dos etapas

En la primera etapa, se agregó FeSO₄·7H₂O (0,66 mM) a una solución sintética de Azul BRL (0,04 mM). De esta manera, se obtuvo una relación molar 1:16,3. El pH inicial de la solución fue regulado hasta 2,8 para permitir la disolución del FeSO₄·7H₂O. Para promover la precipitación del colorante, se añadió una solución de hidróxido de sodio (0,1 N). Para determinar la influencia del pH en la precipitación del colorante se estudiaron 3 valores de pH final (6,0; 8,0 y 9,3). La concentración remanente de Azul BRL fue medida por espectrofotometría.

Con base en el valor de pH que permitió la mayor remoción, se desarrolló la segunda etapa del estudio cuyo objetivo fue determinar el efecto de la relación molar [Azul BRL]:[Fe²⁺] en la precipitación. Se realizaron pruebas con las siguientes relaciones molares 1:3,3; 1:4,4; 1:6,5; 1:7,3; 1:8,2; 1:9,3; 1:10,9; 1:13,1 y 1:16,3. La concentración de Fe²⁺ se mantuvo constante a 0,66 mM y se varió la concentración del colorante desde 0,04 hasta 0,20 mM.

Remoción de Azul BRL mediante Fenton asistido con precipitación

La combinación del proceso Fenton tradicional y la precipitación fue estudiada para el tratamiento de una solución sintética de Azul BRL (0,09 mM). Se seleccionó esta concentración puesto que la relación [Azul BRL]:[Fe²⁺] se encuentra por debajo de la relación molar mínima que permite la remoción de por lo menos el 95 % del contaminante mediante precipitación. Para determinar el porcentaje de colorante removido por Fenton y por precipitación se tomaron dos alícuotas cada 5 min durante 20 min. La primera alícuota se utilizó para determinar la remoción del colorante por Fenton y la segunda para determinar la remoción del colorante por precipitación.

Resultados y discusión

Remoción de Azul BRL mediante Fenton tradicional

La Figura 2 muestra la remoción del colorante Azul BRL mediante Fenton a diferentes relaciones molares. Este tratamiento se ajusta a una cinética de pseudo primer orden. Al aplicar una relación molar [Fe²⁺]:[H₂O₂] 1:40 se obtuvo la constante de velocidad más alta (0,1395 ± 0,0025 min⁻¹) y el porcentaje de remoción alcanzado fue de 78,47 %. Durante el proceso Fenton tradicional se generaron radicales hidroxilo (·OH) que presenta una alta capacidad oxidativa por lo que se puede inferir que al aumentar la concentración de peróxido de hidrógeno, la generación de radicales hidroxilo aumenta.

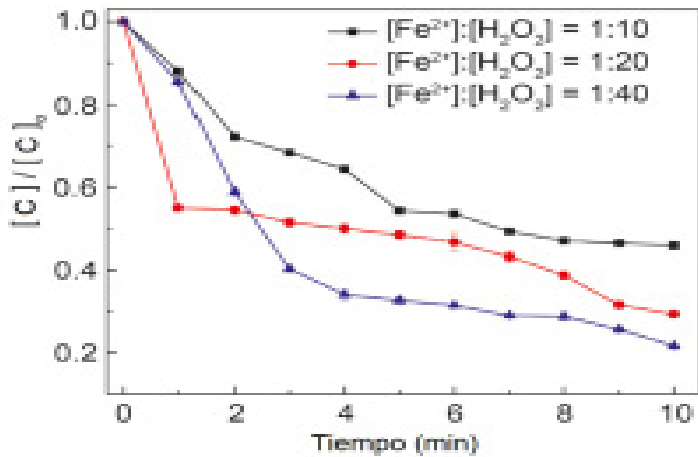


Fig. 2. Cinética de degradación de Azul BRL a diferentes relaciones molares [Fe²⁺]:[H₂O₂]

Remoción de Azul BRL mediante precipitación

El efecto del pH en la precipitación del colorante Azul BRL se muestra en la Tabla 1. Se observa que la mayor remoción fue alcanzada a un valor de pH 6,0. Adicionalmente, el rango de pH que permite una remoción de al menos el 90 % del contaminante se encontraba entre 6,0 y 8,0; fuera de este rango la remoción es insignificante. La presencia de iones Fe²⁺ y Fe³⁺ depende del pH de la solución. En el rango mencionado anteriormente se presentan especies solubles de Fe²⁺ e hidróxidos insolubles de Fe³⁺. Debido a la presencia de varias especies químicas, la precipitación del colorante puede explicarse como una combinación de varios mecanismos (Bokare & Choi, 2014).

Otros mecanismos pueden estar involucrados en el proceso de precipitación de Azul BRL, tales como la formación de complejos entre el hierro y el colorante. Esto se puede explicar por la presencia de grupos amino por su funcionalidad y reactividad. La solubilidad de estos complejos puede verse afectada por el valor del pH (Giri & Golder, 2019).

pH final	Remoción (%)
6,0	98.67 ± 0.14
8,0	90.28 ± 0.08
9,3	2.86 ± 0.21

Tabla 1. Remoción de Azul BRL por precipitación a diferentes valores de pH

Se presume la existencia de una relación estequiométrica entre el colorante y los iones ferrosos. Por esta razón, se

realizaron ensayos para determinar la influencia de la relación molar [Azul BRL]:[Fe²⁺] en la remoción del colorante por precipitación. En la Figura 3 se observa un aumento repentino de la remoción entre las relaciones molares [Azul BRL]:[Fe²⁺] 1:7,3 (27,49 %) y 1:8,2 (96,41 %). Al realizar estudios más detallados en un rango de relaciones [Azul BRL]:[Fe²⁺] entre 1:7,3 y 1:9,2. Se determinó que la máxima remoción se presentó al aplicar una relación molar 1:7,7.

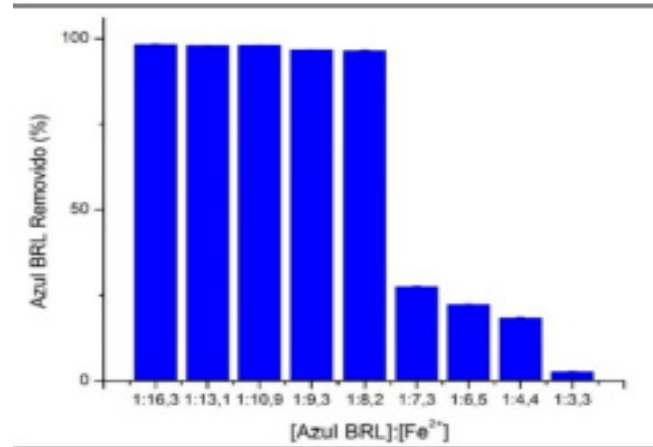


Fig. 3. Azul BRL removido mediante precipitación a diferentes relaciones molares [Azul BRL]:[Fe²⁺]

Remoción de Azul BRL mediante Fenton asistido con precipitación

Para el estudio del Fenton asistido con precipitación se requiere utilizar una relación molar [Azul BRL]:[Fe²⁺] menor a la relación mínima que permite la remoción parcial del contaminante. Al iniciar el tratamiento con un proceso Fenton tradicional, la concentración del contaminante disminuye y la relación [Azul BRL]:[Fe²⁺] aumenta; de esta manera se logra la precipitación total del colorante a los 5 min de tratamiento. La Figura 4 muestra la decoloración del colorante al aplicar Fenton (67.97 %) y la combinación de los dos procesos (97.79 %).

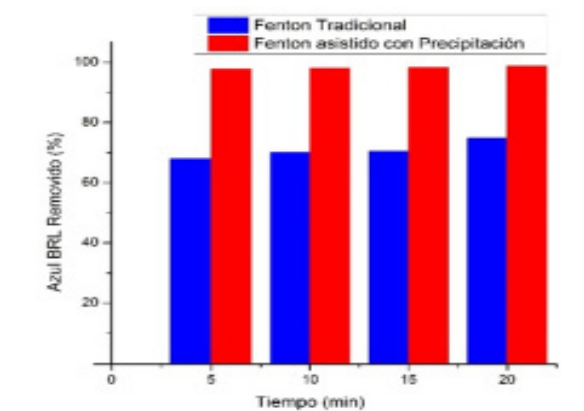


Fig. 4. Azul BRL removido mediante Fenton tradicional y Fenton asistido con precipitación

Conclusiones

Al hacer referencia al proceso Fenton tradicional, la relación molar $[\text{Fe}^{2+}]:[\text{H}_2\text{O}_2]$ que permitió la mayor remoción fue 1:40 para la degradación de colorante Azul BRL con una constante cinética de $0,1395 \text{ min}^{-1}$, ajustándose a una cinética de pseudo primer orden. Esta remoción puede ser atribuida a la generación de radicales hidroxilo ($\cdot\text{OH}$) por la presencia de H_2O_2 .

En el caso de la precipitación, el valor de pH que permitió la mayor remoción del colorante fue 6,0 (98.67 %). Cabe destacar que el rango de pH que permite la precipitación parcial de al menos el 90 % del colorante es de 6,0 a 8,9. Además, la relación mínima [Azul BRL]: $[\text{Fe}^{2+}]$ que permite la precipitación del contaminante es 1:7,7.

Finalmente, al aplicar el proceso Fenton asistido con precipitación, los resultados sugieren que el colorante puede ser tratado durante 5 min por Fenton con una remoción parcial de (67,97 %). Al combinar los dos procesos, la remoción alcanzada fue de 97,79 %.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Escuela Politécnica Nacional, especialmente al Departamento de Ciencias Nucleares.

Referencias

- BOKARE, A. D., & Choi, W. (2014). Review of iron-free Fenton-like systems for activating H_2O_2 in advanced oxidation processes. In *Journal of Hazardous Materials* (Vol. 275). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2014.04.054>
- ESPINOZA, I., Sandoval-Pauker, C., Ramos Guerrero, L., Vargas Jentsch, P., & Muñoz Bisesti, F. (2020). Fenton process combined with precipitation for the removal of Direct Blue 1 dye: A new approach. *Journal of the Serbian Chemical Society*, 85(4), 547–558. <https://doi.org/10.2298/JSC190804119E>
- GIRI, A. S., & Golder, A. K. (2019). Ciprofloxacin degradation in photo-Fenton and photo-catalytic processes: Degradation mechanisms and iron chelation. *Journal of Environmental Sciences (China)*, 80, 82–92. <https://doi.org/10.1016/j.jes.2018.09.016>
- HASSAAN, M. A., & Nemr, A. El. (2017). Health and Environmental Impacts of Dyes : Mini Review. *American Journal of Environmental Science and Engineering*, 1(3), 64–67. <https://doi.org/10.11648/j.ajese.20170103.11>
- MAIS, L., Vacca, A., Mascia, M., Usai, E. M., Tronci, S., & Palmas, S. (2020). Experimental study on the optimisation of azo-dyes removal by photo-electrochemical oxidation with TiO_2 nanotubes. *Chemosphere*, 248, 125938. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.125938>
- RACLES, C., Zaltariov, M. F., Iacob, M., Sillion, M., Avadanei, M., & Bargan, A. (2017). Siloxane-based metal-organic frameworks with remarkable catalytic activity in mild environmental photodegradation of azo dyes. *Applied Catalysis B: Environmental*, 205, 78–92. <https://doi.org/10.1016/j.apcatb.2016.12.034>

- SARKER, M. R., Chowdhury, M., & Deb, A. (2019). Reduction of Color Intensity from Textile Dye Wastewater Using Microorganisms: A Review. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 8(02), 3407–3415. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2019.802.397>
- VERMA, M., & Haritash, A. K. (2019). Degradation of amoxicillin by Fenton and Fenton-integrated hybrid oxidation processes. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 7(1), 102886. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2019.102886>

FORMULACIÓN DE UN ESMALTE POLIMÉRICO A PARTIR DEL RECICLADO DE POLIPROPILENO DE PRODUCTOS DE USO DOMÉSTICO



Jessica Vázquez Pérez, Alejandro Hernández Ortiz¹, Ángel Eduardo Márquez Ortega, Concepción Cabrera Pegueros

¹ Tecnológico de Estudios Superiores de Chimalhuacán. ale_ho92@hotmail.com



Resumen

En México, la contaminación ambiental se puede considerar como la introducción o presencia de sustancias, organismos o formas de energía en ambientes o sustratos a los que no pertenecen o en cantidades superiores a las propias de dichos sustratos, por un tiempo suficiente, y bajo condiciones tales, que esas sustancias interfieren con la salud y la comodidad de las personas, dañan los recursos naturales o alteran el equilibrio ecológico de la zona. Los desechos sólidos incluyen principalmente los desechos domésticos (basura doméstica), a veces con la adición de los desechos comerciales recogidos en una zona determinada, ya sea en estado sólido o semisólido. El principal propósito de este proyecto es la formulación de un esmalte polímero a partir del reciclado de contenedores y envases dentales para disminuir la producción de residuos sólidos y contribuir con ello a la protección y conservación del medio ambiente, con ello se busca crear conciencia ecológica y un hábito de reciclaje, que en un futuro ayudara a la protección del planeta. En este proyecto se describirá la formulación del esmalte a partir del reciclado de polipropileno. El producto obtenido se realizará partiendo de una descomposición química y posteriormente formando el esmalte polimérico utilizando productos susceptibles como los contenedores dentales y contenedores de alimentos. Este proyecto será beneficiario para el medio ambiente, para la sociedad y para el ser humano creando nuevos hábitos y conciencia en donde masificar el reciclaje será favorecido.

Al obtener un esmalte polimérico basado en contenedores dentales y contenedores de alimentos, tendrá importancia en la sociedad debido al reciclaje que se transforma un material de desecho en un material de utilidad, dándole un nuevo uso a la acumulación de dichos residuos

Palabras clave: Polímero, Polipropileno, Reciclaje, Contaminación..

Antecedentes

En este trabajo de investigación se mencionará la problemática actual de contaminación que hay en nuestro país, haciendo referencia a dos puntos específicos los cuales serán, la contaminación por polipropileno de uso común y uso doméstico, utilizados para preservar alimentos. Por lo que, la generación de residuos por parte de este material se manifiesta tanto sólidos como líquidos es inevitable debido al aumento de la población en nuestro país, cada vez se tienen patrones de consumo y demandas de productos más elevados, y la rápida industrialización está ocasionando problemas asociados a su no adecuada disposición de estos materiales, afectando la salud humana y los ecosistemas naturales.

A nivel local, los desechos sólidos son un problema que cada día se agrava más en nuestras comunidades. Se debe fomentar la constitución de microempresas o asociaciones productivas con enfoque de gestión empresarial que, junto a las tecnologías alternativas con participación social y educación ambiental, son claves para el manejo adecuado de los desechos (Organización Panamericana de la Salud, 2005).

El manejo de desechos y su separación involucra las actividades relacionadas con su manejo desde que se producen hasta que se colocan en el almacenamiento de contenedores para la recogida. El manejo también incluye el movimiento de contenedores con carga hasta el punto de recogida. La separación de los componentes de los desechos es un paso importante en el manejo y almacenamiento de estos en la fuente.

Los desechos sólidos, como materia residual de las transformaciones productivas realizadas por el ingenio humano, se nos presentan hoy como un reto en cuanto a su disminución y disposición final. A pesar de que los desechos sólidos siempre se han generado en el mundo, el problema tiende a empeorarse debido al desmedido aumento de la producción y el consumo de bienes y servicios.

Por tanto, la gestión de estos mediante su reducción, reciclaje, reusó, reprocesamiento, transformación y vertido debe convertirse en una prioridad para nuestra sociedad. Esperando que dicho proyecto sirva de base a personas, organismos e instituciones que estén interesados en proteger y conservar el medio ambiente, mejorando la calidad de vida de la población, permitiendo el empoderamiento del mismo. Este trabajo de investigación busca crear conciencia sobre el daño que causa este tipo de desechos, proponiendo así un uso sustentable de estos dos desechos en la Formulación de un polímero termoplástico a partir de la obtención de polipropileno del reciclado desechos de uso doméstico. La idea de la reutilización de estos materiales es el tener una nueva visión, el dejar de verlos como desechos y empezar a verlos como materia prima barata para el aprovechamiento de nuevos recursos.

Metodología

Etapa 1: Realizar una descomposición química (oxidación) de aluminio de los envases dentales.

Durante este proceso se utilizó un sistema reversible que regrese el agua fría y manteniendo una agitación constante de agitación, con un tiempo de espera de 45 minutos sin calor al proceso de oxidación del aluminio para posteriormente tener una temperatura de 150°C a 200°C con una duración de 2 horas.

Etapa 2: Dilución y compatibilidad del polipropileno reciclado con diferentes disolventes.

Compatibilidad del polipropileno con solventes se utiliza un método solvothermal; en este tipo de método el solvente y el precursor se calientan en un sistema cerrado a temperaturas por encima del punto de ebullición del solvente, esto hace que aumente la presión entre 1atm a 10,000 atm, facilitando la interacción entre el solvente y el precursor durante la síntesis.

Este método es casi idéntico al proceso hidrotérmico, excepto que el disolvente utilizado aquí es no acuoso.

Etapa 3: Análisis de las muestras

Compatibilidad del producto con diferentes tipos de resina (alquidálicas y estirenadas). En este proceso, se pesó 10 g del polipropileno y 10 g de resina alquidálica y para la

segunda prueba resina estirenada, el cual se añadió en un frasco de vidrio, se mezcló por unos minutos.

Etapa 4: Formulación del esmalte

Realizar la formulación correcta con respecto a las cantidades adicionadas de los diferentes materiales y aditivos disolventes y secantes pertinentes. Ya homogenizado se aplicó en la madera ya previamente lijada y se dejó secar por 4 horas, este procedimiento se realizó por triplicado y poder observar la compatibilidad de adherencia.

Etapa 5: Pruebas de laboratorio

Adherencia (madera, metal, concreto). Durante las pruebas de laboratorio se hicieron diferentes tipos de adherencia con el esmalte en madera, metal y concreto. La adherencia del barniz a la madera fue correcta, la muestra 1 y 2 tenía un menor brillo a comparación de la muestra 3 que su tiempo de secado era mayor.

Cantidad (g)	Compatibilidad 1:1	Madera
3	Muestra 1 (polipropileno, 1 capa)	Brocha
3	Resina alquidálica	20 minutos tiempo total

Tabla 1. Medición secado al tacto madera

Resultados

1-Mediante el método solvothermal, se realizó la descomposición del polipropileno de los envases y productos de uso doméstico, con la finalidad de recuperar el material al 100%. Una vez realizado este procedimiento, se llevó a cabo el cambio de estado sólido a líquido del polipropileno a una temperatura de 120°C durante 1 hora.

2-Se preparó la etapa de filtración, utilizando una tela de algodón como medio filtrante con una medida de 10 x 15 cm, un embudo y un matraz Erlenmeyer de 250 ml para la recolección del material limpio y filtrado.

3-La formulación del sellador se realizó gracias a la compatibilidad de diferentes polímeros (polipropileno, poliestireno expandido y polímero alquidálicos). A si mismo se procedió a diluirlos con diferentes disolventes para disminuir la viscosidad de la mezcla polimérica.

4-La formulación del sellador se realizó a partir de la adición de diferentes tipos de secantes y agentes poliméricos.

5-La prueba de laboratorio del producto final se realizó con respecto a la adherencia del polímero formulado con tres diferentes materiales (madera, metal, concreto). Por favor no repetir la información entre tablas y figuras en la redacción del presente manuscrito, resulta innecesario totalmente.

Análisis de resultados

Adherencia (madera, metal, concreto).

Durante las pruebas de laboratorio se hicieron diferentes tipos de adherencia con el esmalte en madera, metal y concreto. La adherencia del barniz a la madera fue correcta, la muestra 1 y 2 tenían un menor brillo a comparación de la muestra 3 que su tiempo de secado era mayor.

La adherencia al metal no proporciona brillo, permaneciendo opaco. La adherencia al concreto proporciona brillo y su secado es rápido.

Permeabilidad

Tras someterla a pruebas con una solución o causa en un tiempo de 8, 12, 24 y 36 horas midiendo el porcentaje de humedad).

Tiempo (horas)	Peso inicial muestra 1	Peso final muestra 1
3	2.65	2.76
	2.42	2.49
	2.53	2.55
6	1.9	2.01
	2.58	2.54
	2.55	2.57
12	2.52	2.57
	2.47	2.55
	2.01	2.25
24	1.87	1.94
	2.78	2.98
	2.7	2.98
36	2.15	2.75
	2.41	2.82
	2.36	2.83

Tabla 2. Medición de permeabilidad muestra 1

Tiempo (horas)	Peso inicial muestra 2	Peso final muestra 2
3	2.47	2.52
	2.15	2.23
	2.37	2.37
6	2.09	2.27
	2.24	2.26
	3.03	3.05
12	2.14	2.49
	2.14	2.41
	2.18	2.32
24	2.2	2.41
	2.37	2.71
	2.47	2.87
36	2.24	2.85
	2.27	2.68
	2.18	2.85

Tabla 3. Medición de permeabilidad muestra 2

Tiempo (horas)	Peso inicial muestra 3	Peso final muestra 3
3	2.37	2.5
	2.2	2.22
	2.31	2.52
6	2.59	2.73
	2.5	2.58
	2.52	2.63
12	2.12	2.28
	2.74	2.77
	2.57	2.73
24	2.42	2.67
	2.59	2.83
	2.58	2.66
36	2.51	2.84
	2.6	3
	2.39	2.74

Tabla 4. Medición de permeabilidad muestra 3

Conclusiones

Al obtener un esmalte polimérico basado en envases dentales y contenedores de alimento este proyecto es beneficiario para la sociedad y para el ser humano; creando hábitos y conciencia en donde masificar el reciclaje será favorecido.

Obtenerse la resina polimérica de los envases y contenedores se crea una pintura la cual ha sido satisfactoria que cuenta con un análisis de muestras con gran viabilidad.

Este proyecto también cumplió con los objetivos particulares establecidos, en la realización de un producto polimérico con propiedades termoplásticas, tales como: adherencia y resistencia. Por lo que al generar este producto polimérico genera ventajas al reutilizar los envases multicapas y desechos de aceite automotriz, siendo esta una materia prima barata. El reciclaje de estos desechos favorece a la química sustentable y química verde donde los principales conceptos básicos son reutilizar, reducir y reciclar.

Referencias

- HERMIDIA É. (2011). Polimeros. Buenos Aires: Saavedra.
- ARANDES J. (2004). Reciclado de residuos plásticos. Bilbao, España: Revista Iberoamericana de polímeros.
- HERVÁS A. (2006). Resinas compuestas. Moncada, Valencia. Facultad de Ciencias experimentales.
- BUSTOS-FLORES C. (2009). La problemática de los desechos sólidos. Economía, Universidad de los Andes Mérida, Venezuela.
- RUYTER I. E. (1982). Polimerización y conversión en composición con resina. Simposio internacional de composición de resina, N. C
- RUIZ J M, Ceballos L, Fuentes M V, Osorio R, Toledano M, García-Godoy F. (2003). Propiedades mecánicas de resinas compuestas modificadas o no con poliácidos. AVANCES EN ODONTOESTOMATOLOGÍA 19, 6, pp291-297.
- MIRIAM G. (2009). Contaminación ambiental causada por los residuos sólidos. Conocimientos científicos básicos, Plataforma virtual única del Estado Peruano, Ministerio del Ambiente.
- COMITÉ de Enlace Regional Ambiental del Estado Lara (2008). Conservación y Desarrollo Sostenible en Venezuela 1992-2002. Visión de la Sociedad Civil en la Implementación de la Agenda 21.

RECUPERACIÓN DE POLICLORURO DE VINILO (PVC) A PARTIR DE RECICLADO DE MARCADORES DE PIZARRÓN PARA ELABORACIÓN DE PINTURA



Andrade Hernández Jared Isaí, Alejandro Hernández Ortiz, Ángel Eduardo Márquez Ortega, Concepción Cabrera Pegueros

¹Facultad de Química, Universidad Veracruzana, email@email.org.zz

²Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, dire@email.org.zz

³Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma Veracruzana

⁴Instituto de Astronomía, Universidad Nacional Autónoma de México, estrellita@email.org.zz



Resumen

En la actualidad la contaminación ha llegado a niveles alarmantes, los cuales han ido creciendo exponencialmente debido al mal uso que tienen las personas en cuanto al manejo de residuos, teniendo así un bajo nivel de conciencia sumado con las malas técnicas de implementación lo cual que tiende a ser peligrosos para la sociedad. Uno de los mayores perpetradores en cuanto a contaminación se refiere son los plásticos los cuales están llevando la contaminación a un nuevo nivel.

México ocupa uno de los mayores lugares en contaminación teniendo así altos índices en cada una de los 10 tipos de contaminación existentes teniendo cifras alarmantes en contaminación visual, acústica, hídrica, suelo y subsuelo. Los mayores lugares en donde se pueden llegar a generar una gran cantidad de basura son las escuelas las cuales pueden llegar a generar varias toneladas en lo que va del año, tan solo que los mismos alumnos pueden llegar a generar individualmente hasta 12kg de basura al día siendo así un aproximado de 30% de la misma (el universal, 2010). Existen diferentes instituciones encargadas para todo tipo de reciclaje, en la mayoría de las escuelas se han implementado programas los cuales evitan el uso de plásticos pero aun

así podemos encontrar otros tipos de plásticos o polímeros, como sabemos los maestros tienden a ocupar marcadores para pizarrón los cuales están fabricados de polímero, en este caso los marcadores para pintarrón, los cuales son los más usados están fabricados de policloruro de vinilo (PVC) el cual a cierta cantidad puede ser considerado uno de los mayores contaminantes pues según cifras obtenidas del TECNOLÓGICO DE ESTUDIOS SUPERIORES DE CHIMALHUACAN donde cada docente puede llegar a tirar de 3 a 4 plumones en lo que va del semestre los cuales después de tirarse ya no tiene ningún uso.

En este proyecto se desea realizar la recuperación de Policloruro de vinilo de marcadores para pintarrón llevándolos a un enfoque donde se pueda crear un esmalte polimérico y pintura. A base de este proyecto se puede tener beneficios en el medio ambiente y la sociedad, todo esto con el fin de una concientización de reciclaje para un bien mayor. Los productos obtenidos tendrán importancia en la sociedad debido al reciclaje, dado que este se transforma un material de desecho en un material de utilidad.

Palabras clave: Polímero, Policloruro de vinilo, Reciclaje, Contaminación.

Antecedentes

La basura es uno de los principales problemas a nivel mundial, es tanta la cantidad de basura que ha llegado al océano, bosques y claro en las ciudades, el problema es tan grave que este es sumamente dañino no solo para el ecosistema sino para los mismos seres humanos, pues estos consumen a estos animales los cuales pueden llegar a estar contaminados, entrando a nivel nacional y según estadísticas, tan solo en México se genera un aproximado de 42 millones de basura al año (SEMARNAT, 2017) acumulándose en distintos tiraderos los cuales han sobrepasado la capacidad de basura (El universal, 2019) el problema sigue y seguirá creciendo de forma exponencial dada la poca percepción de las personas teniendo como mayor contaminante los polímeros.

Unos de los principales perpetradores de esta suelen ser instituciones educativas llegando a un porcentaje mayor al 60% (Armijo et al. 2008), donde el plástico es uno de los mayores contaminantes, los cuales se generan ya sean en bolsas, envases etc. Uno de los generadores de plástico los cuales no se reutiliza son los marcadores para pintaron los cuales se llegan a desechar sin un uso durante todo el semestre utilizados por docentes y alumnos los cuales solo se acumulan y son desechados a reutilización de basura polimérica ha creado diversos temas en cuanto a investigación se refiere, dando como resultado diferentes fuentes y diferentes proyectos para realizar.

En este proyecto se desea realizar la recuperación de Policloruro de vinilo de marcadores para pintaron llevándolos a un enfoque donde se pueda crear un esmalte polimérico y pintura.

A base de este proyecto se puede tener beneficios en el medio ambiente y la sociedad, todo esto con el fin de una concientización de reciclaje para un bien mayor. Los productos obtenidos tendrán importancia en la sociedad debido al reciclaje, dado que este se transforma un material de desecho en un material de utilidad.

Metodología

Etapa 1: Se inició con la recolección de materia prima (plumones para pintaron), dicha materia prima será recolectada del Tecnológico de Estudios Superiores de Chimalhuacán. Continuando así con la trituración de los marcadores para pizarrón teniendo como resultado 4 partes diferentes desmontables del marcador:

- Envase (policloruro de vinilo)
- Tapa
- Tinta
- Punta de fieltro

De los cuales la materia prima a utilizar primordialmente es el envase, el cual está constituido de policloruro de vinilo, así mismo se llevó a cabo un reciclaje de la tapa, donde esta no tiene un uso para nuestro experimento.

Etapa 2: Dilución, y compatibilidad del policloruro de vinilo con diferentes disolventes reciclado con diferentes disolventes.

Se hizo una búsqueda de diferentes solventes los cuales ayuden que las tiras de marcadores se empiecen a descomponer, se probaron distintos solventes los cuales ayudaran que se descompusiera la estructura pero que no se disolviera en su totalidad pues se necesitaba la resina obtenida, pasando por diferentes solventes como

- Acetato de etilo
- Acetona
- Ácido clorhídrico
- Ácido graso
- Alcohol
- Benceno
- Gas nafta
- Xilol

Etapa 3: Análisis de las muestras. Compatibilidad del producto con diferentes tipos de resina (alquidalicas y estirenadas).

En este proceso, se pesó 5 g del policloruro de vinilo y 5g de resina alquidalica y para la segunda prueba resina estirenada, el cual se añadió en un frasco de vidrio, se mezcló por unos minutos.

Etapa 4: Formulación del esmalte

Realizar la formulación correcta con respecto a las cantidades adicionadas de los diferentes materiales y aditivos disolventes y secantes pertinentes.

Etapa 5: Pruebas de laboratorio

Adherencia (madera y concreto). Durante las pruebas de laboratorio se hicieron diferentes tipos de adherencia con el esmalte en madera y concreto.



Fig. 1. Muestra de pintura en placa de metal y palitos de madera



Fig. 2. Muestra de pintura en azulejo

Resultados y discusión

1-Mediante el método solvotermal y con ácido graso, se realizó la descomposición del policloruro de vinilo de los marcadores de pintarrón, con la finalidad de recuperar el material al 100%. Una vez realizado este procedimiento, se llevó a cabo el cambio de estado sólido a líquido del policloruro de vinilo a una temperatura de 170°C durante 1 hora.

2-Se preparó la etapa de filtración, utilizando una tela de algodón como medio filtrante con una medida de 10 x 15 cm, un embudo y un matraz Erlenmeyer de 250 ml para la recolección del material limpio y filtrado.

3-La formulación del sellador se realizó gracias a la compatibilidad de diferentes polímeros (polipropileno, poliestireno expandido y polímero alquidalicos). A si mismo se procedió a diluirlos con diferentes disolventes compatibles para disminuir la viscosidad de la mezcla polimérica.

4-La formulación del sellador se realizó a partir de la adición de diferentes tipos de secantes y agentes poliméricos.

5-La prueba de laboratorio del producto final se realizó con respecto a la adherencia del polímero formulado con tres diferentes materiales (madera, metal, concreto).

Análisis de resultados

Adherencia (madera y concreto).

Durante las pruebas de laboratorio se hicieron diferentes tipos de adherencia con el esmalte en madera y concreto. La adherencia del barniz a la madera fue correcta, mostraban brillo y secado en un menor tiempo para las diferentes muestras realizadas

Verificación de la permeabilidad de la muestra calculando los índices de humedad del producto terminado en un tiempo de 8, 12, 24 y 36 horas.

En este apartado los palitos de madera se empezaron a aplicar con la tercera muestra de pintura la cual está fabricada con la resina obtenida del PVC y el esmalte alquidalico,

haciendo el mismo procedimiento como los resultados anteriores, se tomaron las muestras por triplicado para un mejor resultado y una mejor observación, las pruebas igual se realizaron con diferentes tiempos los cuales y al igual que las muestras anteriores son los mismo, siendo estos 3h, 6h, 9, 24h, y 36h. Teniendo como resultado la siguiente tabla:

Horas	Peso inicial			Peso final		
	3	1.43	1.26	1.26	1.45	1.24
6	1.24	1.30	1.15	1.25	1.33	1.21
12	1.06	1.41	1.10	1.53	1.47	1.67
24	1.26	0.96	1.21	1.42	1.01	1.27
36	1.16	1.2	1.51	1.32	1.34	1.71

Tabla 1. Resultados de palitos de madera con la segunda muestra de pintura de PVC y resina alquidalica diferente proporción

Para la última prueba respecto a los palitos de madera se realizó una pintura con un ingrediente adicional que es el Poliestireno (PS) este se realizó al igual que las muestras anteriores con el mismo procedimiento y con el mismo método de aplicación, igualmente se usaron los mismos tiempos en donde se tenían que sumergir en un recipiente de agua, el tiempo fue el sig. 3h, 6h, 9, 24, y 36h, teniendo como resultado la siguiente tabla:

Horas	Peso inicial			Peso final		
	3	1.43	1.26	1.26	1.45	1.24
6	1.24	1.30	1.15	1.25	1.33	1.21
12	1.06	1.41	1.10	1.53	1.47	1.67
24	1.26	0.96	1.21	1.42	1.01	1.27
36	1.16	1.2	1.51	1.32	1.34	1.71

Tabla 2. Resultados de palitos de madera con la primera muestra de pintura de PVC y esmalte alquidalico diferente proporción

Conclusiones

Al obtener un esmalte polimérico basado en el reciclaje de Marcadores de pintarrón, este proyecto es beneficiario para la sociedad y para el ser humano; creando hábitos y conciencia en donde masificar el reciclaje será favorecido. Este proyecto cumplió con los objetivos particulares establecidos, en la realización de un producto polimérico con propiedades termoplásticas, tales como: adherencia y resistencia.

Así mismo mantenemos conciencia de la química verde donde los principales conceptos básicos son reutilizar, reducir y reciclar.

Referencias

- HERMIDIA É. (2011). Polimeros. Buenos Aires: Saavedra.
- ARANDES J. (2004). Reciclado de residuos plásticos. Bilbao, España: Revista Iberoamericana de polímeros.
- HERVÁS A. (2006). Resinas compuestas. Moncada, Valencia. Facultad de Ciencias experimentales.
- BUSTOS-FLORES C. (2009). La problemática de los desechos sólidos. Economía, Universidad de los Andes Mérida, Venezuela.
- RUYTER I. E. (1982). Polimerización y conversión en composición con resina. Simposio internacional de composición de resina, N. C
- RUIZ J M, Ceballos L, Fuentes M V, Osorio R, Toledano M, García-Godoy F. (2003). Propiedades mecánicas de resinas compuestas modificadas o no con poliácidos. AVANCES EN ODONTOESTOMATOLOGÍA 19, 6, pp291-297.
- MIRIAM G. (2009). Contaminación ambiental causada por los residuos sólidos. Conocimientos científicos básicos, Plataforma virtual única del Estado Peruano, Ministerio del Ambiente.
- COMITÉ de Enlace Regional Ambiental del Estado Lara (2008). Conservación y Desarrollo Sostenible en Venezuela 1992-2002. Visión de la Sociedad Civil en la Implementación de la Agenda 21.

PROGRAMACIÓN Y SIMULACIÓN DE APLICACIONES DE INGENIERÍA Y SU INTERFAZ GRÁFICA DE USUARIO



Zósimo Ismael Bautista Bautista¹, Armando Flores Jaime²

¹Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Instituto Politécnico Nacional, zbautista@ipn.mx

²Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Instituto Politécnico Nacional, afloresj@ipn.mx



Resumen

Las herramientas de ingeniería para la programación y simulación de aplicaciones en la automatización de sistemas, son muy importantes para que los procesos industriales y de manufactura se supervisen mediante una interfaz de usuario. Es por esta razón que en este trabajo se presentan dos aplicaciones de ingeniería en control y automatización, acondicionando señales digitales y analógicas para el PLC (Controlador Lógico Programable), Micrologix 1100 de Allen Bradley. Para la aplicación con señal digital, se programan cuatro secuencias para las seis salidas digitales del controlador, utilizando rutinas, subrutinas e instrucciones de secuenciadores. Para la aplicación con señal analógica se monitorea una señal de temperatura en un rango de 0 a 100 °C, esta señal se considera con los registros internos del controlador lógico, y con instrucciones de comparación se realiza un algoritmo de control ON/OFF de temperatura, que activa dos actuadores. Para realizar la HMI (Interfaz Humano Máquina), se utiliza el software Factory Talk View Studio y se enlaza a través del OPC Server (Comunicación de Plataformas Abiertas). Para la programación se utiliza el software RsLogix 500. Además la simulación de las aplicaciones se configura con el software RsLogix Emulate 500 y para enlazar el PLC con la PC se configura mediante el software RsLinx Classic. El análisis y desarrollo de este trabajo se integra a partir de las experiencias que se tienen en los laboratorios de Ingeniería en Control y Automatización de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, unidad Zacatenco, del Instituto Politécnico Nacional.

Palabras clave: PLC, Micrologix 1100, HMI, OPC, Control y Automatización.

Antecedentes

La evolución de los autómatas industriales surge de la necesidad de mejora de los antiguos sistemas y técnicas de control manual, que requerían una mano de obra extremadamente cualificada y ralentizaban enormemente la velocidad y competitividad de los procesos. El primer escalón en la mejora de estos procesos surge a partir de la aparición de la lógica cableada, donde parte de las antiguas técnicas manuales son sustituidas por equipos eléctricos y electromecánicos como contactores, relés o temporizadores. Sin embargo, a finales de los años sesenta, los procesos industriales eran cada vez más exigentes, se empezó a plantear la necesidad de disponer de personal altamente cualificado para desempeñar las tareas de diseño, ejecución y mantenimiento de las instalaciones. Las reparaciones por averías del sistema de automatización implicaban un gran costo, ocasionando enormes pérdidas económicas por la parada del proceso industrial, como se describe en el trabajo de Rodríguez (2014).

El desarrollo de las herramientas tecnológicas de ingeniería, han hecho que la automatización de sistemas de manufactura en los procesos industriales, sean más eficientes, incorporándoles interfaces gráficas de usuario para que el operador pueda monitorear y controlar las variables de la planta. En un entorno industrial se requiere que el ingeniero en control y automatización sea capaz de analizar, configurar y programar controladores lógicos programables para mejorar el proceso.

Un PLC un dispositivo electrónico basado en microprocesador, como se muestra en la figura 1, que utiliza una memoria programable para almacenar instrucciones e implementar funciones como lógica, secuenciación, sincronización, conteo y aritmética para controlar máquinas y procesos. Existen diferentes lenguajes de programación tales como: lenguaje de escalera, texto estructurado, bloques de funciones. El término lógica se usa porque la programación se basa principalmente en la implementación de operaciones lógicas y de conmutación. Se programa el controlador lógico para que se automaticen sistemas de manufactura, a partir de las variables físicas del medio, utilizando elementos primarios de medición y actuadores eléctricos neumáticos e hidráulicos, donde se acondicionan las señales a valores normalizados para interactuar con el controlador lógico programable, como se describe en el trabajo de Bolton (2009).



Fig. 1. PLC Micrologix 1100

Una HMI es un panel que permite a un usuario comunicarse con una máquina, software o sistema en entornos industriales, se puede realizar con programas dedicados, tal es el caso del software Factory Talk View Studio, para mostrar datos en tiempo real y permiten al usuario controlar las máquinas desde la interfaz gráfica, como se muestra en la figura 2.

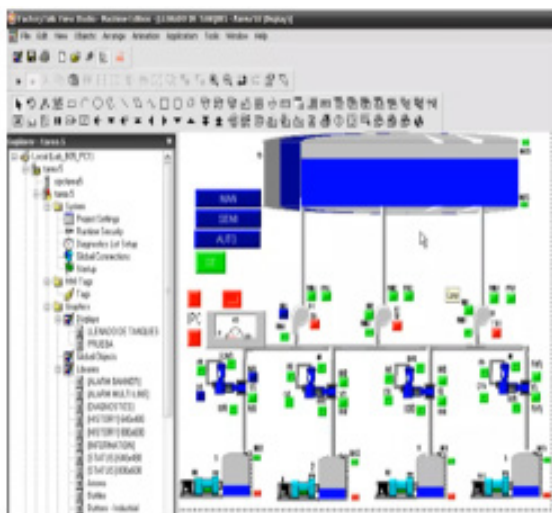


Fig. 2. HMI

Objetivos

Se programan mediante rutinas, subrutinas y las instrucciones de secuenciador SQO (Secuenciador de Salida), cuatro secuencias distintas para que el secuenciador transfiera los datos a las salidas digitales del PLC Micrologix 1100.

Se realiza la HMI, utilizando el software Factory Talk View Studio, para que el usuario sea capaz de manipular las entradas digitales, y desde la pantalla active las salidas O:0/0 hasta la O:0/5.

Se simula un algoritmo de control semiautomático ON/OFF, para monitorear una señal de temperatura que ya está normalizada de 0 a 10 volts, en un rango de temperatura de 0°C a 100°C. Cuando la temperatura está por debajo de 20°C se activa un calefactor y cuando la temperatura sobrepasa los 35°C se activa un ventilador.

Se realiza la HMI, para monitorear la señal de temperatura y el usuario pueda supervisar el comportamiento de la variable. Desarrollo de la simulación

1.- Se configura el software RsLogix Emulate 500.

El software RsLogix Emulate 500, configura un entorno de simulación virtual, ya que físicamente no se conecta el PLC, como se muestra en la figura 3, se le asigna un número a la estación o host del controlador.

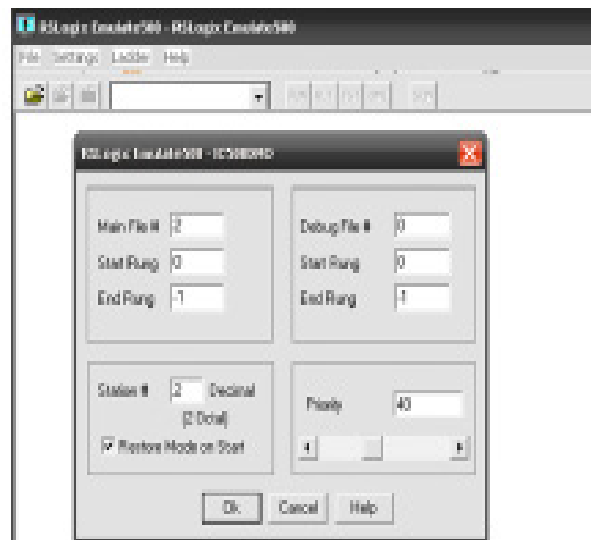


Fig. 3. Software RsLogix Emulate500

2.- Se configura el software Rslinx Classic.

El software Rslinx Classic configura el driver de comunicación, se selecciona el driver 'SLC 500 [DH485] Emulator Sta:00' y se selecciona RsWho para checar que el PLC esté visible, como se muestra en la figura 4.

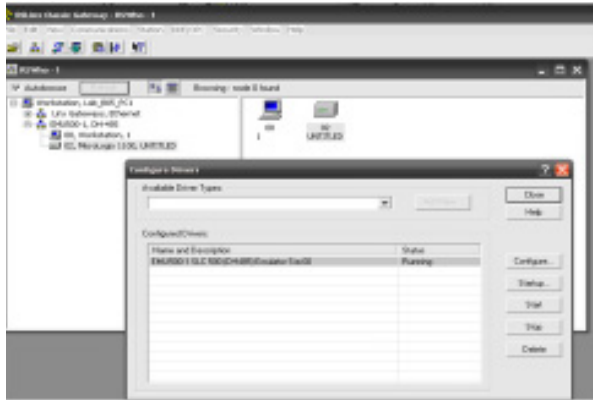


Fig. 4. Software RSLinx Classic

3.- Se configura el software RsLogix 500.

El software RsLogix 500, es el entorno de programación, donde se selecciona el tipo de PLC, en este caso seleccionamos el MicroLogix 1100, como se muestra en la figura 5.

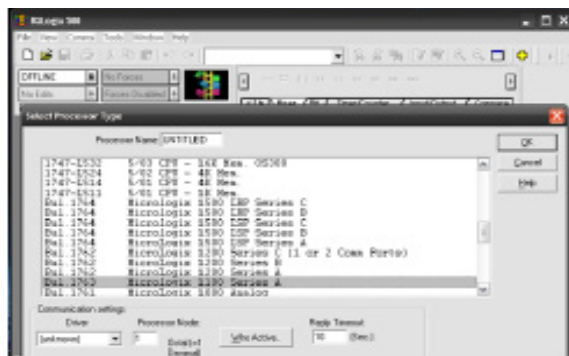


Fig. 5. Software RsLogix 500

4.- Se configura el software Factory Talk View Studio.

Este programa realiza la simulación de la HMI, donde se configuran los objetos y se asocian mediante Tags o etiquetas a las entradas y salidas del PLC, así como a los archivos de datos, como se muestra en la figura 6, y se describe en el manual de usuario (2020).

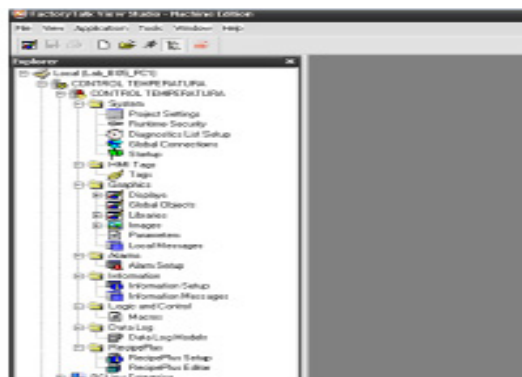


Fig. 6. Factory Talk View Studio

Análisis de resultados

La primera aplicación que se presenta es la programación en lenguaje de escalera de cuatro secuencias utilizando las seis salidas digitales del PLC MicroLogix 1100.

En la figura 7 se muestran dos líneas de programa, donde se programa el temporizador T4:0, con un valor de preset de 1segundo, para que se activen los dos secuenciadores, el primer secuenciador, contiene la secuencia establecida, y el segundo secuenciador contiene los retardos de tiempo de cada una de las secuencias.

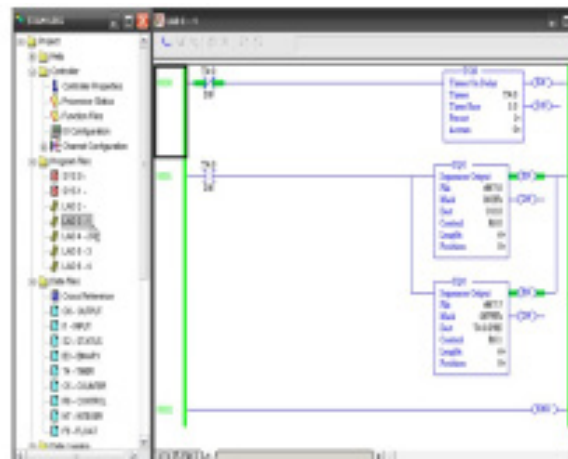


Fig. 7. Programa para las secuencias digitales

Posteriormente se configura la matriz de palabras N7, que maneja datos de tipo entero, donde se especifica la secuencia que se requiere y los retardos de tiempo, como se muestra en la figura 8.

Default	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
N7:0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N7:1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
N7:2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
N7:3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
N7:4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
N7:5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
N7:6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
N7:7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N7:8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
N7:9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
N7:10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
N7:11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
N7:12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
N7:13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Fig. 8. Matriz de datos para las secuencias digitales

Se programan cuatro subrutinas para cada una de las secuencias, como se muestra en la figura 9.

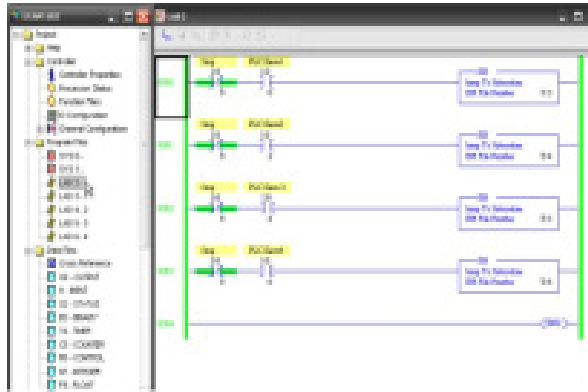


Fig. 9. Subrutinas para las secuencias

En la figura 10 se muestra la simulación de la HMI, para esta aplicación.

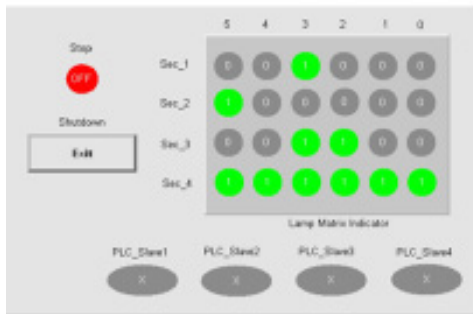


Fig. 10. HMI para las secuencias digitales

La segunda aplicación que se presenta es la programación en lenguaje de escalera de un control ON/OFF de temperatura, utilizando comparadores y simulando la señal analógica de temperatura del registro interno POT0 del LCD en el MicroLogix 1100.

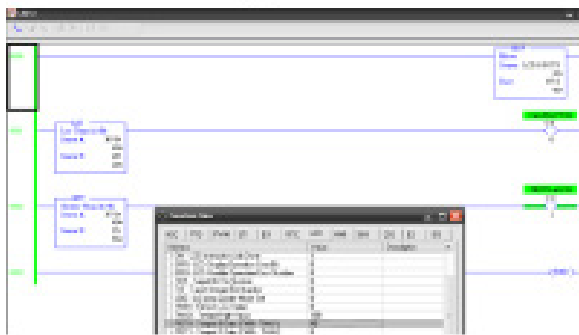


Fig. 11. Programa para la señal analógica.

Cuando la temperatura es mayor de 35°C, se activa un ventilador, como se muestra en la figura 11. Si la temperatura está dentro de un rango intermedio de 20°C a 35°C, no se acciona ninguna salida digital, como se muestra en la figura 12. Para esta acción de control, se utilizaron comparadores.

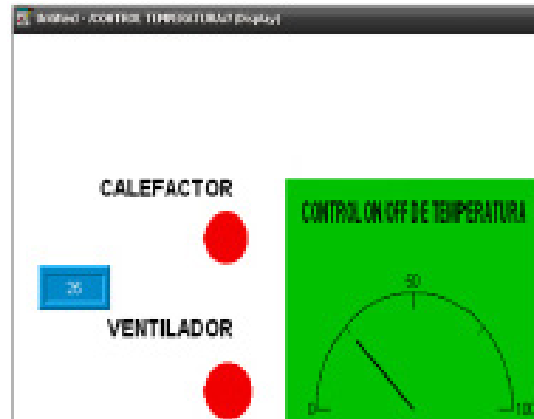


Fig. 12. Rango intermedio de temperatura

Cuando la temperatura está por debajo de 20°C, se activa un calefactor, como se muestra en la figura 13. Se realiza la HMI donde se configuran los objetos de salidas digitales, para que simulen la activación y desactivación de los actuadores. Además para representar la señal analógica de temperatura, se elige un objeto Gauge, que simula la variable de temperatura en un rango de 0°C a 100 °C.



Fig. 13. El calefactor está activado.

Conclusiones

El entorno de programación con el PLC Micrologix 1100, es muy amigable, para implementar diferentes aplicaciones de ingeniería y se puedan automatizar y controlar procesos de manufactura. Las herramientas de simulación son muy importantes ya que asociamos el entorno real a un entorno virtual, además con el programa Factory Talk View Studio implementamos la HMI, para que el usuario sea capaz de manipular, monitorear y controlar las variables desde una pantalla. La utilización de una máquina virtual nos ayuda a interactuar con esta tecnología como si tuviéramos físicamente los tableros con el PLC. Un ingeniero en Control y Automatización debe ser capaz de configurar y programar

aplicaciones de ingeniería para procesos de manufactura, para que pueda comprender y tener la capacidad de resolver problemas cuando inicie en el ámbito laboral.

Agradecimientos

Este trabajo se pudo realizar gracias a la participación de los alumnos de la carrera de Ingeniería en Control y Automatización, donde se les comparten experiencias en el ámbito industrial y son capaces de resolver problemas y desarrollar excelentes interfaces gráficas para monitorear y controlar los sistemas de manufactura. También le agradezco a la carrera de Ingeniería en Control y Automatización que nos ha proporcionado todos los medios posibles para realizar nuestra labor como docentes de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica del Instituto Politécnico Nacional.

Referencias

- RODRÍGUEZ J. F., Cerdá L. M. y Bezos R. (2014). Automatismos industriales. Editores Paraninfo.
- BOLTON W. (2009). Programmable Logic Controllers. Fifth Edition. British Library.
- SEROPE K., Steven R. (2010), Manufactura, ingeniería y tecnología. 4ta. edición, editorial Pearson.
- MANUAL de usuario (2017). Controladores programables MicroLogix 1100, Publicación 1763-UM001F-EN-P - Abril 2017, Rockwell Automation.
- MANUAL de usuario (2017). Controladores programables MicroLogix 1100, Publicación 1763-UM001F-EN-P – April 2017, Rockwell Automation.
- USER'S Guide (2020). Factory Talk View Machine Edition. Rockwell Automation Publication - VIEWME-UM004P-EN-E - September 2020.

OBTENCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA POR MEDIO DE UNA CELDA DE COMBUSTIBLE MICROBIANA EMPLEANDO PLANTAS ACUÁTICAS



Miguel Ángel Hilario Contreras¹, Leydi Rubi Pérez Vera²

¹Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México, miguel.hilarioc@hotmail.com

²Facultad de Estudios Superiores Acatlán, Universidad Nacional Autónoma de México



Antecedentes

La implementación de utilizar microbios para producir electricidad se presentó por primera vez en el siglo veinte. Sin embargo, el biólogo Luigi Galvani en 1790 demostró una relación entre electricidad y biología. El inicio de la celda de combustible microbiana (CCM) comienza con las investigaciones de Michael Cresse Potter que demostró el primer concepto de CCM en 1910 generó corriente utilizando *Escherichia coli* y *Saccharomyces*. Por medio de cultivos vivos que generaron un diferencial de potencial eléctrico. Sin embargo, este trabajo no logró llamar la atención y recibió poca cobertura. En 1931, Cohen preparó micro celdas de combustible microbianas y conectadas en serie que producen alrededor de 35V con corriente de 2 mA. A final de la década de 1970, Allen y Bennetto explicaron el principio del funcionamiento de la celda de combustible microbiana que usan bacterias con mediador electrónico suplementado externamente. A principios de 1990 las CCMs se convirtieron en dispositivos más atractivos desarrollando las configuraciones de las celdas, los tipos de fuentes de carbono simples, el desarrollo de biopelículas sobre la superficie de los electrodos, tipos de materiales de construcción, diseños de las celdas, así como la operación de la misma (Das et al., 2018). La CCM utilizada para tratar agua residual domestica fue introducida por Humbermann y Pommer en 1991. Las investigaciones sobre este sistema aumentaron significativamente, explorando diferentes aspectos: diseños compactos con relación al volumen de las celdas, evaluación de diferentes materiales para los electrodos y la caracterización de los consorcios de bacterias exoelectrogénicas con mejores resultados eléctricos (Borole et al., 2009).

Resumen

El objetivo de esta investigación es poder generar energía eléctrica mediante celdas de combustible microbianas (CCM's) con la implementación de plantas acuáticas y agua residual. Las celdas de combustible microbianas son dispositivos bioelectroquímicos que convierten la energía química disponible en un sustrato biodegradable en energía eléctrica por medio de las reacciones catalíticas que llevan a cabo mediante microorganismos.

Las celdas se diseñaron con materiales reciclados, con la intención de generar energía eléctrica sin contaminar al medio ambiente, este diseño se le conoce como celda Tipo H la cual consta de dos cámaras, una anódica y una catódica unidas por un puente de intercambio iónico. Cuentan con electrodos de grafito y se logró obtener un voltaje de 890 ± 15 mV con una densidad de potencia de 2640.33mW/m² y una remoción de DQO del 85.7% de materia orgánica.

Palabras clave: Celda de Combustible Microbiana (CCM), Grafito, Microalga (*Spirulina*), *Elodea canadensis*, Energías renovables, Biocombustible, Biorremediación .

Objetivo general

Evaluar el efecto de plantas acuáticas, en celdas de combustible microbiana para la generación de energía eléctrica.

Desarrollo

Como parte del desarrollo experimental se buscó el modelo de una celda de combustión microbiana (CCM) y la información de electroquímica, que es la base del proceso de generación de energía eléctrica para las CCM's.

En investigaciones previas al utilizar CCMs se destaca que los elementos más utilizados son los electrodos de grafito y se utiliza agua residual como sustrato, por lo que se tomaron en consideración estos materiales, adicional a esto se buscó la forma de generar energía eléctrica con materiales reciclados y plantas acuáticas que podrán utilizarse para el proceso de biocombustibles.

Para el diseño de los prototipos se contemplaron diversos materiales para su construcción, los cuales debían contar con las siguientes características: ser de un material transparente, resistente y con una buena durabilidad. Los materiales más recomendables fueron: vidrio, acrílico y plásticos para la construcción de las cámaras de una celda, siendo el propósito de realizar un proyecto que ayudara al medio ambiente se optó en emplear materiales reciclados. Las botellas de PET fueron la opción más apropiada para ser utilizadas como cámaras anódica y catódica, como puente de intercambio por su fácil acceso y disponibilidad se utilizaron mangueras de PVC y tubos de plástico, pero también se pueden utilizar tubos de cristal.

Los electrodos que se utilizaran deben poseer ciertas características como: ser elementos resistentes a la oxidación, ser buenos conductores de electricidad, que no tengan cambios en su estructura y que sean fáciles de conseguir, los materiales recomendables son: grafito, oro, platino, acero inoxidable y aluminio.

Para el correcto funcionamiento de una CCM esta tiene que contar con una toma de oxigenación apropiada para el suministro de CO₂ y poder alimentar a la planta acuática, para esto se adaptó una toma de aire que suministra a las plantas acuáticas además de ayuda con el proceso de bioelectrogénesis.

En la figura 1 se muestra una breve explicación del proceso de generación eléctrica que se lleva a cabo dentro de una CCM esto ocurre porque la descomposición del carbono orgánico o inorgánico por bacterias se combina con la liberación de electrones extracelularmente hacia los electrodos, que generan corrientes eléctricas. Los electrones liberados por el microbio son transferidos por enzimas biocatalíticas

o compuestos, reducción-oxidación activos de la célula al ánodo en presencia de una fuente de carbono viable. Esto crea una corriente eléctrica a medida que los electrones se mueven del ánodo a un cátodo físicamente separado.

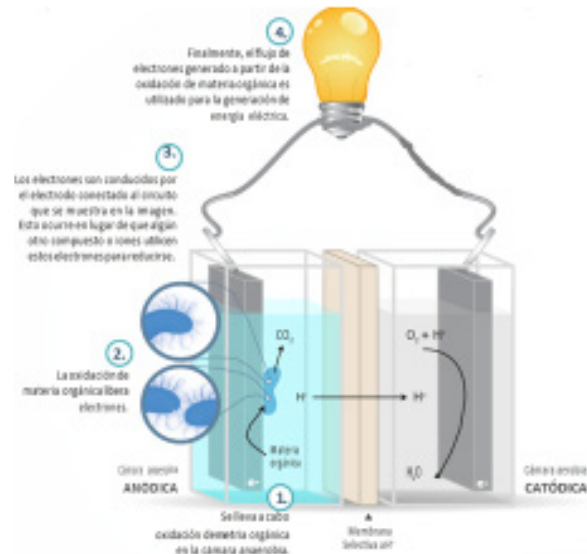


Fig. 1. Proceso de bioelectrogénesis. Imagen tomada de: (Hernandez., 2017)

Para la elaboración de la CCM se utilizaron 2 botellas de plástico con capacidad de 1 L cada una, como electrodo se tomaron 3 gramos de grafito en forma de barra, se utilizó alambre de cobre y un puente de intercambio que es el encargado de conectar el ánodo y el cátodo quedando ensamblada como se muestra en la Figura 2.



Fig. 2. Ensamble de una CCM

Para poder iniciar el estudio fue necesario conocer la cantidad de carga orgánica que se encuentra en el agua residual que se utilizó, ya que es un factor de gran importancia para el desarrollo de la CCM. La prueba que se realizó fue la de Demanda química de oxígeno (DQO) y al término del ciclo de vida se realizó una prueba más para conocer el valor final de remoción de la carga orgánica de esta celda. Para verificar cuanta carga orgánica fue biorremediada, adicional a esto se analizó una muestra mediante la prueba de demanda biológica de oxígeno (DBO5).

En la cámara del cátodo se implementó el uso de plantas acuáticas (microalgas y elodea candensis) las cuales se utilizaron como propuesta de mejora en una CCM para aumentar la generación de energías renovables.

Resultados y discusión

Se realizaron 2 CCM's con las dos especies de plantas acuáticas una para cada CCM con la intención de realizar un comparativo y determinar cuál es el comportamiento de cada especie dentro de una CCM.

Se monitorearon las CCM's por 17 días se identificó que la especie que mejor se adaptó fue la microalgas, la cual destacó en mantener un voltaje constante y un crecimiento de la especie, que se puede aprovechar para transformar la biomasa generada en biocombustible.

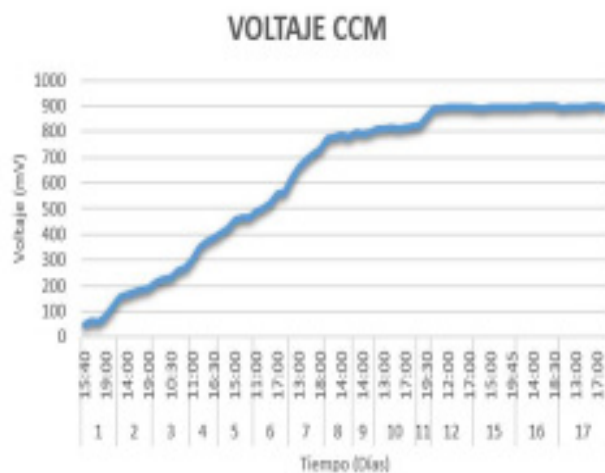


Fig. 3. Gráfico de la generación de energía eléctrica producida en 17 días.

El resultado inicial de la Prueba de DQO fue de 308 mg/L y al término de la prueba se obtuvo un valor de 24 mg/L para la CCM 1 la cual contenía microalgas y para las CCM 2 obtuvo un valor de 57 mg/L, en ambas CCM's se presentó un valor favorable puesto que tuvieron un buen porcentaje de biorremediación. En la tabla 1 se muestran los valores finales de cada CCM.

N.CCM	Duración(días)	Voltaje Max (mV)	DQO inicial (mg/L)	DQO final (mg/L)	% de Remoción
CCM 1	17	890	308	24	85.71
CCM 2	17	557	308	57	81.49

Tabla 1. Resultados finales de las dos celdas de combustible microbiana.

Con estos resultados se determinó que una CCM posee distintas ventajas muy útiles como son:

- La generación de energía eléctrica.
- La biorremediación de agua residual.
- La posibilidad de utilizar la biomasa generada y transformarla en biocombustible.
- Una fuente de energía eléctrica sin contaminantes.

Conclusiones

Se evaluó el efecto de plantas acuáticas, en celdas de combustible microbiana para la generación de energía eléctrica, mediante el diseño, implementación y evaluación de celda de combustible microbiana.

Se identificaron los mejores materiales para construir la celda los cuáles son botellas de plástico PET como las respectivas cámaras, un puente con ayuda de un tubo de plástico, una barra de grafito como electrodo sujeto por alambre de cobre. Se compararon dos celdas durante 17 días, siendo la más eficiente con microalga obteniendo mejor eficiencia en la obtención de energía, con un voltaje de 890 ± 15 mV, DQO inicial de 308 mg/L y DQO final de 24 mg/L con un porcentaje de remoción 85.71%.

Agradecimientos

A la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, en especial al Departamento de Tecnología Ambiental por las facilidades que me otorgaron para llevar a cabo este proyecto y a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la FESA.

Referencias

- DAS D. (2018). Microbial Fuel Cell A Bioelectrochemical System that Converts Waste to Watts. Kharagpur, India: Springer International. [HTTP://WWW.UASLP.MX/COMUNICACION-SOCIAL/DOCUMENTS/DIVULGACION/REVISTA/CATORCE/211/01.PDF](http://www.uaslp.mx/Comunicacion-Social/Documents/Divulgacion/Revista/Catorce/211/01.pdf)
- BOROLE, Abhijeet & Yieng Hamilton, Choo & Vishnivetskaya, Tatiana & Leak, David & Andras, Calin. (2009). Improving power production in acetate-fed microbial fuel cells via enrichment of exoelectrogenic organisms in flow-through systems. *Biochemical Engineering Journal* - (48). 71-80.
- HERNANDEZ G. Guillermo; Sanchez O. Manuel (2017). La plurifuncionalidad de las bacterias electrogenicas. Facultad de ingeniería <http://www.uaslp.mx/Comunicacion-Social/Documents/Divulgacion/Revista/Catorce/211/01.pdf>

ARRANQUE CON EL PLC MICRO I MARCA SQUARE D Y EL MONITOREO CON EL EATON SEGUNDA GENERACIÓN IQ 250 PARA EL MÓDULO DE MOTORES DIDACTA ITALIA PARA EL LIME IV DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, COMO UNA FORMA DE APRENDIZAJE POR DESCUBRIMIENTO



Angel Isaías Lima Gómez

Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán UNAM
ligaz@comunidad.unam.mx, limani25@hotmail.com



Resumen

El objetivo de este proyecto es que el alumno fortalezca y aumenta su capacidad de razonamiento en la operación y comportamiento de estas máquinas eléctricas rotativas y a su vez interactúa con sus conocimientos y habilidades en los diferentes escenarios de operación de estas. Asegurando un mayor aprendizaje significativo, pues ya que ellos mismos proponen y extraen los valores necesarios para diagnosticar y concluir los comportamientos y operaciones de cada máquina eléctrica rotativa.

Este no será un laboratorio tradicional de un estudiante, es una herramienta de complemento que se enfoca a fortalecer y corroborar los conocimientos de aula por medio de escenarios de conexión, medición y alambrado sin seguir un protocolo de un libro o manual de prácticas de laboratorio, sino más bien aplicar los conocimientos teóricos para utilizarlos en la práctica en máquinas eléctricas rotativas de mayor potencia y por ende de mayor dificultad y conocimiento para su operación y maniobra.

Palabras clave: Operación con PLC y muestreo de Máquinas Eléctricas de la marca Italia Didacta.

Introducción:

El ahorro y uso eficiente de la energía eléctrica son sinónimo de cuidar el medio ambiente. Por lo que la generación de sistemas que puedan ser monitoreado y energizado con un bajo consumo de energía, es de gran interés en sectores eléctricos y ambientales, más aún, si estos sistemas son utilizados en masa, quiere decir que la reducción de consumo eléctrico sería sumamente significativo.

Por el lado humano, tenemos que mejorar y fortalecer la formación de los ingenieros eléctricos para una mejor consolidación en su formación profesional, ayuda a cualquier campo tecnológico donde dicho potencial humano sea instalado.

Antecedentes:

Los armónicos son corrientes, tensiones, o ambos, presentes en un sistema eléctrico, con una frecuencia múltiplo de la frecuencia fundamental. Con el creciente aumento en el uso de cargas no lineales (procedentes de la electrónica de potencia), se han empezado a tener problemas en las instalaciones eléctricas, debido a generación de armónicos de corriente y tensión en el sistema eléctrico. Entre estos

problemas se encuentran el sobrecalentamiento de cables, transformadores y motores, corrientes excesivas en el neutro y fenómenos de resonancia entre los elementos del circuito, (IEEE Report). El incremento de la distorsión armónica de tensión puede causar un funcionamiento incorrecto de muchos equipos (especialmente los menos robustos) que han sido diseñados para que operen en condiciones normales (poca distorsión armónica). En los sistemas de potencia, los motores son una componente muy representativa de la carga y se usan ampliamente en instalaciones industriales y comerciales. Los motores de inducción son sensibles a los armónicos y se ven sometidos a todas las variaciones de la fuente de potencia, lo que afecta su funcionamiento y características de operación. Los efectos de la distorsión armónica sobre el funcionamiento del motor han sido tratados extensivamente en la literatura, (Heydt, Arrillaga).

J. K. Phipps, J. P. Nelson and P. K. Sen, "Power Quality and Harmonic Distortion on Distribution Systems," IEEE Transactions on Industry Applications dice: Los sistemas eléctricos tienen como finalidad básica, dar atención a los consumidores dentro de padrones de continuidad, grados de adecuación, seguridad aceptable y al menor costo global posible. Evidentemente a pesar de todos los esfuerzos que se vayan a realizar, los sistemas estarán siempre sujetos a problemas que puedan llevar a la interrupción y mala calidad del suministro de energía a los consumidores. Como la energía eléctrica es un insumo para cada uno de los consumidores, la interrupción y mala calidad de ésta puede originar serios trastornos como, por ejemplo: pérdida de la producción, materia prima, ociosidad de las instalaciones y de mano de obra, etc. Siendo por tanto importante que se entiendan los problemas causados por estas interrupciones, así como los costos asociados a éstas. Un problema de calidad de energía es cualquier fenómeno de origen eléctrico que interrumpe el correcto funcionamiento de los sistemas y equipos eléctricos.

Sharon A.: en su obra "Flujo de potencia y calidad del suministro", IEEE. Transaction on Power Systems menciona: El número de armónicos del sistema a atenuar. Dependiendo del número de armónicos existentes en el sistema, se puede determinar la cantidad de filtros (filtro sintonizado o dual) que se podrían ubicar para obtener una atenuación de las componentes armónicas. Esta minimización debe estar acorde con los límites establecidos por las normas. Los requerimientos del filtro. Se hace referencia a la acción correctiva que se desee del filtro (compensación de reactivos, reducción de la distorsión armónica, regulación de tensión o todos). Cada requerimiento del filtro implica un diseño específico, tal que el objetivo para el cual se quiere se cumpla.

Xu, W. and R. Marti J.: "Harmonic Analysis of System with Static Compensation, Nos dice: dependiendo del nivel de armónicos, la influencia de estas señales en la exactitud de

los instrumentos de medición de energía activa o reactiva y factor de potencia, es prácticamente despreciable cuando existen condiciones de resonancia, ahí es en verdad cuando los instrumentos de medición son realmente afectados debido a la producción de sobrevoltajes por la presencia de estas señales armónicas. Los dispositivos tales como voltímetros y relés de sobre corriente, que funcionan mediante disco de inducción, solo ven circulando la corriente fundamental pero debido a las fases desbalanceadas que son producto de la distorsión armónica, puede producir lo operación errónea de estos dispositivos. Cuando un banco de transformadores es energizado, una elevada corriente de excitación se produce, el valor de esta corriente puede ser muchas veces la magnitud de la corriente a plena carga. Si un capacitor está en serie con el transformador cuando ocurre la energización, una condición de resonancia puede ocurrir, la cual produce que persista una elevada corriente, esta condición es conocida como ferorresonancia. Las corrientes armónicas pueden ocasionar un excesivo calentamiento en las máquinas rotativas. Las corrientes armónicas de secuencia de fase positiva y negativa, ambas causan calentamiento adicional en el rotor sólido de las grandes máquinas sincrónicas.

Hipótesis:

¿Cuáles serán los fundamentos teóricos viables para eliminar los armónicos en sistemas eléctrico?

¿Cuáles serán las condiciones de implementación física circuital que imponen los filtros y eliminadores de armónicos para funcionar óptimamente en un sistema eléctrico?

¿Bajo qué criterios relevantes se deberá elegir un determinado filtro o eliminador de armónicos en un sistema eléctrico?

Objetivo General:

Automatizar el arranque y puesta en marcha de máquinas de C.A. y C.D. del equipo didacta Italia por medio de la programación del PLC micro I Marca Square D, así como adquirir y analizar sus distorsiones y armónicos que generan las máquinas en el sistema de alimentación con el analizador Eaton IQ 250.

Objetivos específicos:

1. Automatizar la puesta en marcha de los equipos Didacta Italia
2. Generar un análisis de comportamiento de las máquinas en sus diferentes disturbios en el sistema de alimentación
3. Medir cuantos y cuales armónicos generan estos equipos.
4. Dar soluciones a la generación de armónicos.
5. Desarrollo de potencial humano, finalizando con el desarrollo de tesis de licenciatura.

Metas y Resultados Esperados

Tesis, formación de recursos por servicio social, publicación del trabajo generado en congresos nacionales

Conclusión

Que el alumno corrobore y compruebe el comportamiento de una máquina en sus diferentes estados de operación y pueda tener la capacidad de obtener, procesar y analizar la información de los equipos didacta italia para después poder extrapolarla a cualquier maquinaria eléctrica.

Agradecimientos

PIAPI 2026

Métodos de arranque, control con el PLC micro I Marca Square D y monitoreo con el Eaton segunda generación IQ 250 para equipo de potencia mayores 2hp de la marca didacta Italia para el LIME IV

Referencias

- IEEE Report, (1985) The effects of power system harmonicson power system equipment and loads, En: IEEETransactions on Power Apparatus and Systems. Vol.PAS-104. No. 9, 2555-2563.
- HEYDT G. T., (1991) Electric Power Quality. West LaFayette: Stars in a Circle Publications.
- ARRILLAGA, J.D. Bradley A. and Bodger P. S., (1985) Power System Harmonics. Chichester UK: JohnWiley & Sons.
- ESPINAZO F., Calidad de la Energía, Corrección del factor potencia y filtrado de Armónicas, Understanding Energy, 1-43.
- PHIPPS J. K., Nelson J. P. and Sen P. K., (1994) Power Quality and Harmonic Distortion on Distribution Systems, IEEE Transactions on Industry Applications, 476-484.
- SHARON A, (2010) Flujo de potencia y calidad del suministro, IEEE. Transaction on Power Systems, 13-19.
- Xu, W. and R. Marti J, (1991), Harmonic Analysis of System with Static Compensation, 183-190.

DEGRADACIÓN DEL COLORANTE TEXTIL ÍNDIGO CARMÍN MEDIANTE LA OXIDACIÓN CON OZONO



*Yazmín Alejandra Urzúa Estrada, José Luis Molina Escamilla, Javier Eduardo Quintanilla Pedraza,
Luis Ángel Molina Rosales, Julio Cesar Morales Mejía, María Gabriela Vargas Martínez**

*FES-Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México, gvargasm@unam.mx,
yurzuae@gmail.com, mmjc_80@yahoo.com.mx*



Antecedentes

La industria textil tiene alto consumo de agua potable y subterránea en sus procesos de teñido. El volumen y la composición de sus efluentes de las aguas residuales de la industria textil son unas de las más contaminantes en todos los sectores industriales: Fitzgerald S. y Bishop P. (1995). Algunos tintes y subproductos son carcinógenos y mutágenos, deterioran estéticamente los cuerpos de agua e impactan la flora y la fauna: Manu, B. Y Chaudhari, S. (2003)

Resumen

El azul índigo es un compuesto aromático, utilizado comúnmente como colorante para textiles de mezclilla, el proceso de tinción requiere grandes cantidades de agua, en consecuencia, obtenemos un problema debido a los residuos del colorante contenidos en el agua. Debido al carácter aromático es un compuesto que no se degrada de forma natural, sino que es necesario aplicarle un tratamiento para lograr su degradación. Es por eso que a una muestra contaminada con el colorante índigo carmín se le dio un tratamiento a través de la inyección de ozono provocando una reacción de óxido-reducción, posteriormente a través de un método espectrofotométrico se evaluó la velocidad de reacción, así como la eficiencia en la degradación del colorante. Finalmente se comprobó la eficiente degradación del colorante aplicado dicho tratamiento.

Palabras clave: Degradación, espectrofotometría, índigo carmín, oxidación, ozono.

El azul índigo carmín es un colorante de origen natural generado en la savia del arbusto *Indigofera tinctoria*: Segura, J.C. y Cordero, M (1884), sin embargo, se ha desarrollado en un severo problema ambiental debido a su producción sintética a grandes escalas para la industria textil principalmente, pero más allá en sus grandes cantidades de "aguas residuales". Se estima que alrededor del 30% de los tintes aplicados no se fijan y se descargan en el efluente, por el gran riesgo que representa. También cumple con la función de indicador de pH, con un $pK_a=12.2$, virando de azul a amarillo, al superar el valor del pK_a : Cohn, A (1899).

Se han propuesto diferentes métodos para la desintegración de este colorante tóxico, uno de ellos cuenta con la utilización de hongos de pudrición blanca, estos cuentan con diversas enzimas capaces de llevar a cabo la descomposición, estos hongos presentan aplicaciones industriales potenciales en el tratamiento de efluentes industriales, en el blanqueo de pulpa para papel y en el envejecido de telas. Cabe mencionar que pueden degradar compuestos con estructura polifenólica como colorantes sintéticos, sin embargo unas de las limitan-

tes es que es demasiado costoso llevarlo a macroescala, por lo que solo es útil a nivel laboratorio: Duarte A., Jimenez J., Pineda J., Mora E., (2018)

Se han estudiado los métodos electroquímicos de igual forma. La corriente eléctrica induce reacciones redox dando pauta a la transformación/destrucción de los compuestos orgánicos y su completa oxidación en CO₂ y H₂O. La oxidación directa se refiere a la transferencia de electrones al contaminante en la superficie del ánodo. El potencial requerido para la oxidación de compuestos orgánicos es alto y las reacciones colaterales son inevitables. Sin embargo, el problema es la carencia de ánodos ideales que facilitan la oxidación del tinte, disminuyan las reacciones colaterales y muestran una buena estabilidad electroquímica: Quintero L, (2009).

Se eligió trabajar con Ozono debido a que se conoce, que es un oxidante fuerte, esto es vital debido a que se genera la presencia de radicales libres hidroxilo (HO·) en solución, los cuales incrementan la velocidad de reacción, de igual forma uno de los parámetros para llevarlo a cabo fue que los costos son bajos, en cuestión del generador de ozono.

Objetivo(s)

Evaluar la degradación del colorante textil índigo carmín mediante su oxidación con ozono en solución, seguida espectrofotométricamente. Para posteriormente elaborar el estudio cinético de la degradación del colorante.

Metodología experimental

Se preparó 1000 mL de una solución de índigo carmín a una concentración 26 g/mL. Posteriormente se realizó un barrido en el espectro a una muestra de la solución de índigo carmín para conocer la longitud de onda en la que se realizará el estudio cinético de la reacción de degradación del mismo.

Para el estudio de la cinética de degradación se inyectó ozono a un flujo de 0.2 L/min a 500 mL de la solución de índigo carmín, a este sistema se le tomaron muestras cada 30 segundos durante 8 minutos y estas a la vez fueron leídas en el espectrofotómetro.

Resultados y discusión

La ecuación de rapidez expresara el cambio de la concentración del índigo carmín en función del tiempo expuesto al ozono.

$$r = -\frac{d[\text{Colorante}]}{dT} = -\frac{d[\text{OH}^-]}{dT} = \frac{d[\text{Oxamic acid}]}{dT}$$

Los signos negativos indican que la concentración del colorante y de los grupos OH⁻ disminuyen mientras pasa el tiempo, mientras que el producto de reacción aumenta en concentración.

Tiempo (min)	Absorbancia	Tiempo (min)	Absorbancia
0	1.071	4:30	0.256
0:30	1.01	5:00	0.188
1:00	0.886	5:30	0.150
1:30	0.773	6:00	0.108
2:00	0.653	6:30	0.072
2:30	0.566	7:00	0.054
3:00	0.456	7:30	0.058
3:30	0.404	8:00	0.029

Tabla 1. Resultados de absorbancia con respecto al tiempo a 610 nm.

Para poder realizar el estudio cinético de la reacción de degradación del colorante índigo carmín se realizó un análisis de datos de acuerdo a la siguiente gráfica:

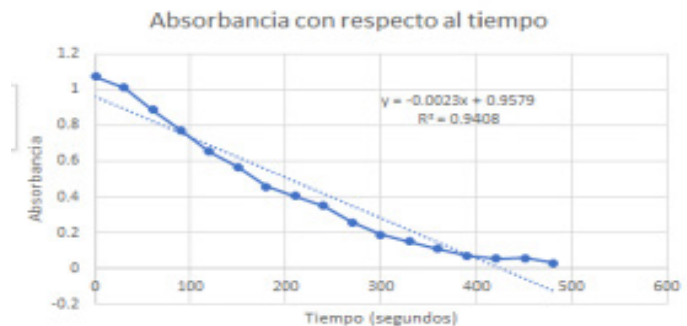


Gráfico 1. Absorbancia con respecto al tiempo

De acuerdo a los datos obtenidos y con respecto a la ley de Lambert-Beer, calculamos nuestra concentración para obtener nuestro estudio cinético.

Para determinar el orden que sigue la reacción se realizó por el método gráfico de orden 0, 1 y 2. Los datos que tienen un R² más cercana a 1, son los datos que determinan el orden a la que pertenece la reacción.



Gráfico 2. Cinética para orden 0

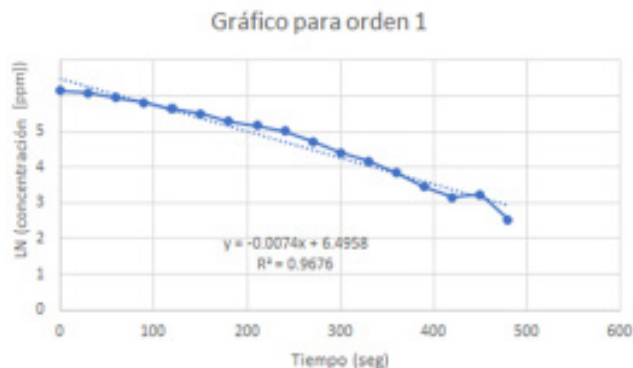


Gráfico 3. Cinética para orden 1



Gráfico 4. Cinética para orden 2

Al realizar el estudio cinético por el método gráfico, determinamos que el orden de reacción de la degradación del colorante indigo carmín mediante la oxidación con ozono es de orden 1.

Conclusiones

La degradación del colorante indigo carmín mediante el tratamiento por inyección de ozono fue evidente pues al paso del tiempo la concentración del mismo fue disminuyendo considerablemente, y físicamente hubo un cambio de coloración de azul a amarillo y posteriormente a incoloro, se comprobó espectrofotométricamente como vemos en los resultados, en los cuales fue proporcional, la degradación al transcurso del tiempo.

Se determinó que el orden de la reacción es 1, ya que es la que mejor se ajusta como vemos en los gráficos, indicando que la velocidad de la reacción es proporcional a la concentración del indigo carmín.

Por ende, este método químico utilizando un oxidante fuerte como en este caso el Ozono, es útil y práctico, pero para proporciones pequeñas, ya que si se lleva a una macroescala, debemos de tener en cuenta el gran flujo que necesitaremos del mismo oxidante para llevar a cabo la reacción de oxidación, esto debido a que como el Ozono es un gas, es de

suma importancia mantener un flujo constante y conocido, para la correcta determinación de la degradación.

Agradecimientos

Por el financiamiento de este trabajo al Proyecto DGAPA-PA-PIME 109220 titulado: Tratamiento de Aguas. Enfoque actualizado de la teoría y del laboratorio al perfil de Ingeniería Química.

Referencias

- BAILEY, P. S. (1982) *Ozonation in Organic Chemistry*; Academic: New York: Elsevier
- COHN, A (1899), *Indicators and test-papers: their source, preparation*, Boston: Forgotten Books
- DUARTE A., Jimenez J., Pineda J., Mora E., (2018) "Indigo carmine degradation by white rot fungi". Ibarra, Ecuador: Centro Ecuatoriano de Biotecnología y Ambiente (CEBA),
- EN Su Choi y Udo Wiesmann (2004) Efecto de la reacción química y la transferencia de masa sobre la ozonización de los colorantes azoicos Reactive Black 5 y Reactive Orange 96, Ozone. USA: Science & Engineering,
- FITZGERALD S. y Bishop P. (1995). Two stage anaerobic/aerobic treatment of sulfonated dyes. USA: Journal Environmental. Sci Health A.
- GROSJEAN, D, Whitmore, P. and Cass, R. (1988). Ozone Fading of Natural Organic Colorants: Mechanisms and Products of the Reaction of Ozone with Indigos. Febrero 27, 2020, de Environ. Sci. Technol. Sitio web: <https://tekhelet.com/pdf/0998.pdf>
- MANU, B. Y Chaudhari, S. (2003) Decolorization of indigo and azo dyes in semi continuous reactors with long hydraulic retention time. England: Process Biochem.
- QUINTERO L, (2009), Technologies for the decolorization of dyes: indigo and indigo carmine, Colombia: Escuela de Geociencias y Medio Ambiente. Facultad de Minas. Universidad Nacional de Colombia
- SEGURA, J.C. y Cordero M, (1884), Reseña sobre el cultivo de algunas plantas industriales que se explotan o son susceptibles de explotarse en la República, México: Secretaría de Fomento.

ANÁLISIS DE LA FIBRA TOTORA (*SCHOENOPLECTUS CALIFORNICUS*, CYPERACEAE) COMO COMPONENTE ESTRUTURAL EN VIGA I



Nicolay Bernardo Yanchapanta Gómez¹, Oscar Darío Jara Vinueza^{*2}

¹Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental, Escuela Politécnica Nacional, nicolay.yanchapanta@epn.edu.ec

²Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Central del Ecuador, odjara@uce.edu.ec



Resumen

Debido a la alta contaminación que se obtiene de los procesos de construcción y sus desperdicios, se buscan alternativas para reducir la huella de carbono. Es así, que esta investigación presenta la utilización de fibra vegetal Totora (*Schoenoplectus Californicus*, Cyperaceae) para la construcción de vigas I, compuestas de una alma de totora con resina y alas de madera. Las probetas realizadas fueron de 90 y 180 cm de longitud, la altura de la viga I es de 26 cm, con espesor del ala de 6 cm y 4 cm de espesor del alma. Las vigas fueron ensayadas a flexión con sus extremos en condiciones simplemente apoyadas. Se obtuvieron valores de carga máxima: para las muestras de 90 cm de 17.2 kN con una deformación de 24.67 mm y para las muestras de 180 cm la carga máxima fue de 25.7 kN con una deformación de 36.88 mm.

Palabras clave: totora, fibra vegetal, vigas I compuesta, flexión, *Schoenoplectus Californicus*.

Antecedentes

La utilización de la madera en la construcción ayuda en el ciclo del Carbono frente a cemento o acero. El 30% de la superficie terrestre está cubierta por bosques. (FAO, 2016). El estudio sobre las Fibras Vegetales No Madereras está dirigido para reducir la presión sobre bosques maderables y ampliar la oferta de materiales aplicables en la industria contemporánea provenientes de fuentes renovables.

Se plantea el estudio de la Totora, (*Shoenoplectus californicus*), nativo de América. Utilizado por más de 500 años para la confección de artesanías, balsas y viviendas por varias culturas (Charles B. Heiser, Jr., 1977). En los Uros en el lago Titicaca se sigue utilizando como el material de construcción principal. (Hidalgo-Cordero, J. F., & García-Navarro, J., 2018) En la provincia de Imbabura en Ecuador se encuentra el lago San Pablo, donde crece la fibra natural totora, esta fibra es utilizada para la realización de diferentes artesanías en la región. Estudios anteriores muestran las características físico mecánicas de la totora, tanto individualmente, tejida y trenzada (Oscar J., 2018). Otras características del material son: MoR con equipo Zwick Roell. Probetas de 35 mm de ancho, 150 mm de largo y espesor variable. Distancia entre apoyos de 100 mm y espesores variables de 10 a 15 mm. MoR de probetas con fibras trituradas de 0.16 a 0.65 N/mm². MoR de probetas con tallos enteros: 6.39 a 8.53 N/mm². (Aza Medina L. C., 2016)

En el presente estudio se evidencia la utilización de la fibra natural totora, para la generación de un elemento estructural, valiéndose de ensayos de flexión de vigas I simplemente apoyadas.

Objetivo

El objetivo del presente estudio es mostrar la utilización de la fibra natural totora como material componente de un tablero con resina, que será el alma de una viga I con alas de madera, con longitudes de 90 y 180 cm.

Parte experimental

La fabricación del alma está compuesta de 35% de fibra y 65% de resina. La fibra fue cortada en longitudes entre 3 y 8 cm. Para algunas vigas se adicionó fibra vegetal de cabuya, raquis de maíz, aserrín, su estudio no contemplado en esta investigación. El tiempo de espera para el secado del tablero es de mínimo 7 días. En la Fig. 1 se puede observar el corte de la totora.

Se fabrican 5 vigas de sección I de longitud de 90 cm, con un ancho de ala de 10 cm, 6 cm de espesor y una hendidura central de 3 cm, para la incrustación del alma de fibra de totora con resina, que tiene una sección transversal de 4 cm de ancho, 20 cm de alto Fig. 2. Las dimensiones transversales se mantienen para las vigas de 180 cm de longitud, teniendo 7 probetas para el ensayo. Fig. 3.

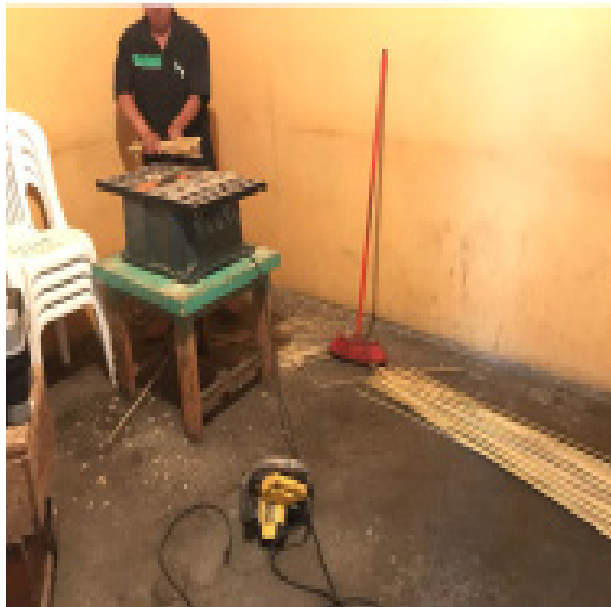


Fig. 1. Corte de la fibra natural totora

Para las alas se utilizó madera de laurel, para algunas vigas se utilizó ciprés, el estudio de la misma no está incluido en la presente investigación debido a los resultados dispersos en el ensayo.

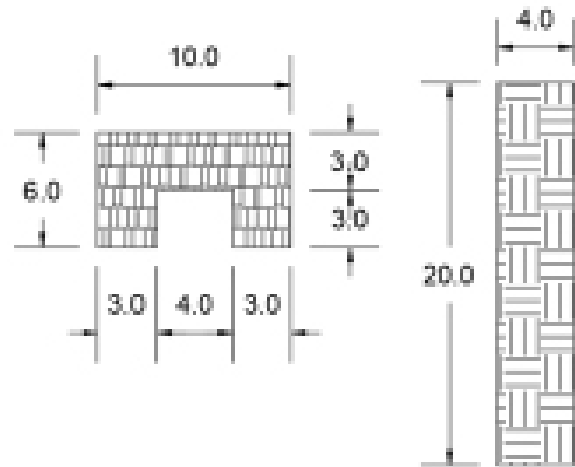


Fig. 2. Componentes de la sección I, ala de madera y alma de totora y resina

Los ensayos se ejecutaron en un marco de carga, que se utilizó para aplicar la carga en los tercios de la longitud de cada viga.

Resultados y discusión

Durante la ejecución de los ensayos es notorio el pandeo del alma, solo una viga de 180 cm presenta fractura transversalmente. Para las demás vigas ensayadas se puede verificar la recuperación en la deformación posterior al retiro de la carga aplicada, que está en el orden del 30% a 70% para las vigas de 90 cm, y para las vigas de 180 cm, está en el orden del 60% al 80%.

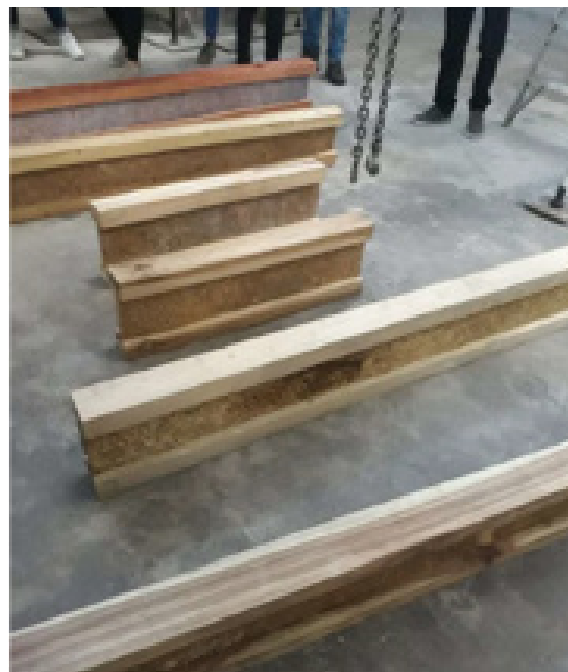


Fig. 3. Vigas I compuestas

Para el cálculo de la densidad del alma de totora y resina se determinó independientemente de las alas de madera, y el valor varía entre 0.375 g/cm³ a 0.493 g/cm³.

Para la obtención del módulo de elasticidad de la sección I compuesta, se utilizó el Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino, 1984, con la fórmula correspondiente al numeral 3 Viga simplemente apoyada – dos cargas iguales a L/3 de sus extremos, para una deflexión en el centro, página 8 -79.

$$E=(P*L^3)/(\Delta*I)$$

Donde E: módulo de elasticidad de la viga, P: la carga aplicada, L: longitud de la viga, I: inercia de la viga, Δ: deflexión de la viga. Para la ejecución del cálculo del módulo de elasticidad se tomó los datos de los ensayos, que correspondieran al rango elástico de la muestra en el ensayo, donde se obtiene un valor de 1 251.07 MPa. Los gráficos correspondientes a los ensayos representativos de este estudio se muestran en la Figura 4 y 5.

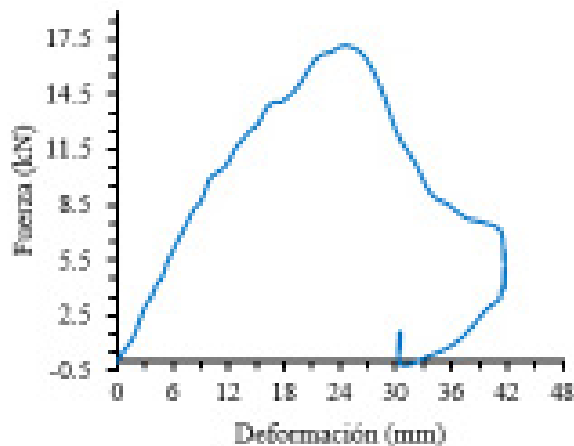


Fig. 4. Curva Carga vs Deformación de Viga de 90 cm de longitud

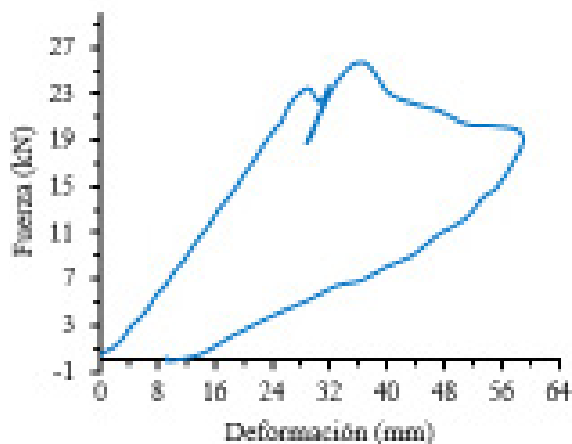


Fig. 5. Curva Carga vs Deformación de Viga de 180 cm de longitud

A partir de estos ensayos primarios que preguntan por responder referente: a las variables de las dosificaciones, sección transversal, longitudinal, los tipos de resinas a emplear, tipos de fibras a utilizar, modelación de elementos finitos para su estudio, pruebas de fuego, pruebas de aislamiento acústico, paneles.

Conclusiones

Se evidencia que el material construido a base de fibra natural y resina, puede utilizarse para elementos estructurales secundarios de entrespiso, una solución alterna y liviana como la madera.

Posterior al sismo ocurrido en abril de 2016 en Pedernales – Ecuador, se evidenció lo pesada de la mampostería en vivienda y su fragilidad. Una solución podría ser la construcción de mampostería más liviana, precautelando la integridad de los ocupantes.

La facilidad de la obtención de la fibra natural es una ventaja para esta investigación, y ejecución en la práctica de la construcción de viviendas. Las limitaciones radican en el costo de la resina, material que sirve para la unión de la fibra en el tablero.

Agradecimientos

Mi agradecimiento a los estudiantes de la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental de la Escuela Politécnica Nacional del período 2018A, como también al Centro de Investigación de la Vivienda (CIV) por su colaboración en la ejecución de los ensayos. Adicionalmente a la iniciativa del Arq. M.Sc. Oscar Jara para el estudio de nuevas alternativas en la construcción.

Referencias

AZA Medina L. C., (2016), Totora as thermal insulating material: Potential (Master's thesis), Universidad Politécnica de Catalunya.

CHARLES B. Heiser, Jr. (1977), The Totora (Scirpus Californicus) In Ecuador And Peru.

FAO. (2006). Global planted forests thematic study Results and analysis, Rome.

HIDALGO-CORDERO, J. F., & García-Navarro, J. (2018). Totora (Schoenoplectus californicus (C.A. Mey Soják) and its potential as a construction material. Industrial Crops and Products, 112, 467–480. doi:10.1016/j.indcrop.2017.12.029.

JARA O. (2018). Artes y oficios (constructivos en totora) como vinculación material al diseño y detalle arquitectónico, Quito.

JUNTA de Acuerdo de Cartagena, (1984), Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino, Lima.

IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE ADQUISICION DE DATOS CONVERTIDOR ANALOGO DIGITAL (CAD) DE 16 BITS A MUY BAJO RUIDO



Christian Manuel Moreno Rocha

Departamento de Energías Universidad de la costa CUC, cmoreno7@cuc.edu.co



Resumen

En la actualidad existe un presuroso desarrollo de la electrónica y la microelectrónica esto ha motivado que todas las esferas de la vida humana se estén automatizando, por ejemplo: la industria, el hogar, los comercios, la agricultura, la ganadería, el transporte, las comunicaciones, etc. En todo ese proceso de automatización el microprocesador y el microcontrolador toman un papel de suma importancia. Estos han permitido el desarrollo de sistemas inteligentes que son capaz de resolver los más diversos problemas, y son los llamados Sistemas de Adquisición de Datos.

El objetivo básico de los Sistemas de Adquisición de Datos es la unificación de los diferentes recursos que lo integran tales como: Transductores, multiplexores, amplificadores, conversores A/D y D/A, de memorias y puertos externos y creando con todo ello un sistema que se encargue de una aplicación específica como por ejemplo, es chequear unas variables (PH, humedad relativa, temperatura, iluminación, tensión eléctricas, concentración, etc) para una posterior utilización de la misma ya sea con resultados para docentes, científicos, de almacenamiento o control y utilización de la misma.

Es por esto por lo que el objetivo principal de este proyecto fue el diseño y la elaboración de un dispositivo de adquisición de datos basado en conversor analógico digital de 16 bits y una etapa de acondicionamiento de bajo ruido, este dispositivo permite obtener, registrar y visualizar la información en

un computador para su posterior estudio. La aplicación de este dispositivo puede estar proyectada para realizarse en el campo de la sismología, la medicina, la ingeniería civil, eléctrica o electrónica, etc, por ejemplo, si se deseara utilizar en la sismología, el equipo diseñado cuenta con un sensor magnético el cual podrá registrar y medir las variaciones en los movimientos terrestres ya provengan estos de terremotos o vibraciones provocadas para la exploración sísmica etc, sean de alta o baja magnitud.

Otro campo de aplicación del equipo diseñado puede ser en el registro de actividad electrodérmica, el cual es una técnica no invasiva que se utiliza para estudiar las reacciones corporales a diversos estímulos y tiene múltiples aplicaciones en el campo biomédico (dermatología, endocrinología, psicopatología, neurología, etc.).

Este artículo presenta la implementación de un sistema de adquisición de datos donde se realizan mediciones de diferentes magnitudes de tensión. El diseño se ha procurado poder brindar las siguientes características claves: tamaño reducido, conectividad con un ordenador personal, seguridad eléctrica, muy bajo ruido, posibilidad de incorporar nuevas funcionalidades y que sea de bajo costo.

Palabras claves: Filtros, instrumentación, amplificador instrumental, aislador eléctrico, conversores.

Introducción y antecedentes

La resolución de un instrumento digital es una característica indispensable, y de mucha importancia ya que, si un usuario necesita medir o cuantificar la magnitud de un fenómeno en estudio, dicha medida debe ser fiable a las características mostradas por el fenómeno. En la actualidad se encuentran proyectos diseñados y elaborados de tarjeta de adquisición de datos, que cuentan con diferentes configuraciones como lo es el tiempo de muestreo y visualización, también se tiene en cuenta las entradas y salidas de cada tipo sensor o actuador. Estos son algunos trabajos de grado o tesis que se encuentran en las universidades a nivel global, en el año 2011 en la Universidad Superior José Antonio Echavarría de Cuba, fue diseñada una interfaz de control de un sistema para la adquisición y registro de señales de variables fisiológicas con el empleo de una tarjeta A/D comercial (tarjeta USB-1208FS).

Ya a nivel nacional, en el año 2009 en la Universidad del Quindío, se realizó una tarjeta de adquisición de datos multiplataforma orientada a la enseñanza de los sistemas de control en tiempo real, esta tarjeta dispone de un micro-controlador ATmega168p, conexión USB y fue construida utilizando herramientas de software libres. El mismo año en la Universidad EAFIT de Medellín, se obtuvo el diseño y montaje de un sistema de adquisición de datos que permitiera visualizar las señales que generan los sensores de un motor de combustión interna de un carro y transmitir las al software para su posterior análisis y presentación. Los instrumentos de medición modernos son, por supuesto, electrónicos.

Materiales y metodología utilizada

Para la realización de este proyecto se tuvo en cuenta los siguientes aspectos: la primera etapa del trabajo se dividió en dos partes, la primera de esta fue la recopilación bibliográfica (artículos, libros, etc.), esto haciendo una investigación de tipo documental, y la segunda de las etapas consistió en el diseño y la construcción de cada uno de los circuitos y prototipos que se necesitaron para el diseño del dispositivo o tarjeta de adquisición de datos, para esta segunda parte se realizó una investigación de tipo experimental y de laboratorio. La segunda etapa del proyecto consistió en ejecutar un protocolo de pruebas para poder así evaluar el sistema en diferentes tipologías de medición. Lo primero que se debió hacer fue poder contar con una serie de software y hardware que se utilizaran en todo el desarrollo del proyecto, entre los software y hardware que se destacan están; Arduino, Linduino, Proteus, Matlab, Corel Draw, Spice, Eagle, visual estudio, entre otros, dichos software servirán para el diseño, visualización, ejecución y simulación de cada uno de los circuitos que se implementaron.

Una vez se obtuvo cada uno de estos software y hardware

se procedió al diseño en primera instancia, para luego la construcción de cada uno de los circuitos necesarios para el acondicionamiento de la señal de entrada, para este paso se realizó simulaciones de dichos circuitos para poder comprobar su eficaz funcionamiento, estas simulaciones se podrán hacer bien sean en programas como proteus, arduino o matlab.

Resultado de gran importancia que una vez se verificaron por medio de simulaciones el correcto funcionamiento de los circuitos se procedió a la construcción de forma física de cada uno de esto, con el fin de poder implementar un programa o sistema que ejecute un circuito total o macro con la característica prioritarias que funcione a bajo ruido y permita la adquisición y registro de los datos en una forma confiable, para lograr esto se adiciono un sistema de aislación eléctrica de referencia ADUM- 4160.

Seguido a este paso, se procedió a la implementación de una interfaz gráfica o al diseño y la construcción de una misma utilizando el software especializado, Arduino y Matlab. Esta visualización no solo permitió observar de una mejor forma la señal acondicionada, sino que además permitió analizar y caracterizar la señal entrante al sistema; para lograr un mejor entendimiento se presenta por medio de un diagrama de bloques el esquema de todo el sistema de adquisición de datos ver figura 1:

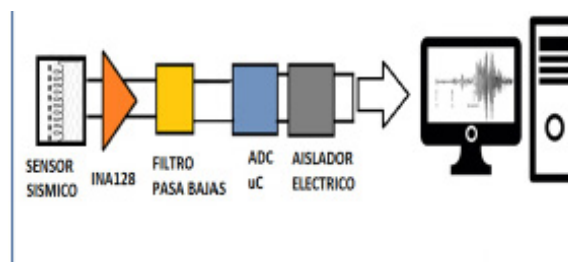


Fig. 1 Esquema del sistema de adquisición.

El sistema de adquisición diseñado captura, filtra y digitaliza las señales provenientes de sensor magnético y permite el almacenamiento en un computador. La señal detectada es amplificada y digitalizada por medio de un CAD, que para este proyecto fue de 16 bits, brindando mayor confiabilidad en los datos obtenidos. El enlace entre el ADC y el computador lo constituye una tarjeta programable con un micro-controlador basada en la plataforma de software y hardware libre, Arduino UNO, para la captura de los datos a través del puerto USB y posterior visualización en un computador 3.1 circuitos implementados y caracterizados.

En el montaje del sistema como tal, la primera parte que se realizó fue la caracterización de varios amplificadores operacionales con su respectiva ganancia, esto con el objetivo de poder observar cual presentaba mejor rendimiento y así poder adicionarlos a la construcción de todo el sistema.

La alimentación de los circuitos amplificadores se llevó a cabo con una fuente dual hecha con dos baterías de Ion de litio de 3.6 V cada una. Se escogió el amplificador operacional que presentaba mejores características con este voltaje de alimentación, algunos amplificadores operacionales implementados y caracterizados fueron los siguientes ver figuras 2 a la 5 donde se observó una saturación en su señal de estudio:

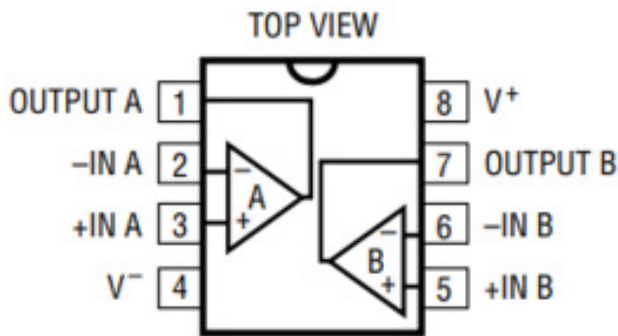


Fig. 2 Visualización del amplificador Lt 1014 Imagen tomada de su datasheet.

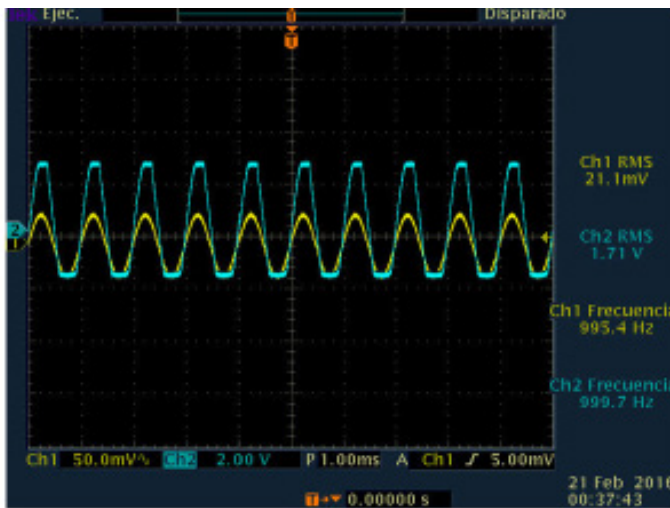


Fig. 3 Caracterización del amplificador Lt 1014

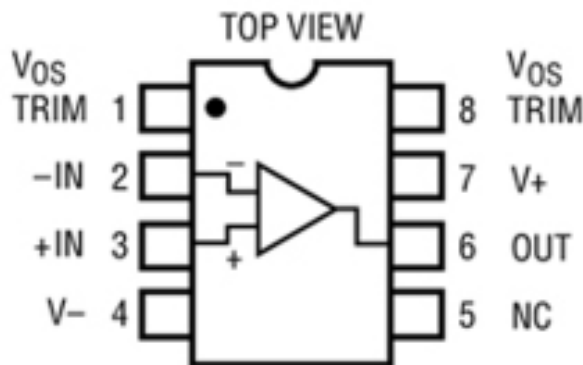


Fig. 4. Amplificador operacional Lt1001 Imagen tomada de su datasheet.

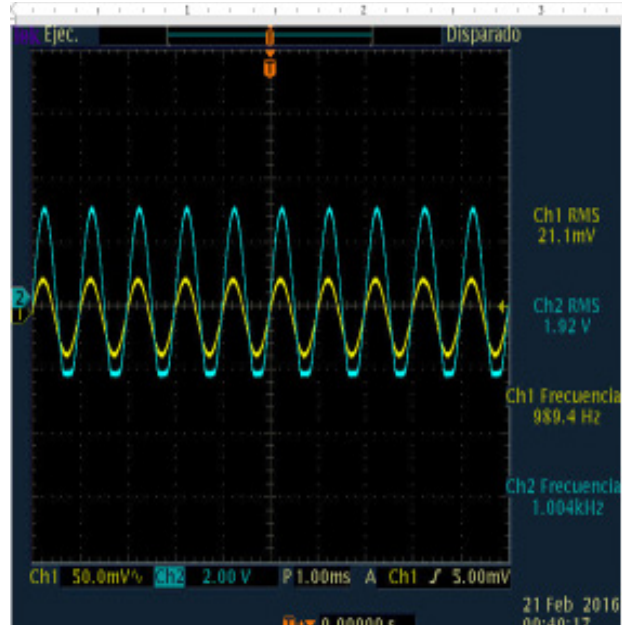


Fig. 5 Caracterización del amplificador Lt1001

Por último, se realizó el montaje del circuito amplificador instrumental de ganancia ajustable INA128 ver figura 6, es un amplificador de instrumentación de bajo costo, ofrece un consumo sumamente bajo y funciona con un amplio rango de alimentación simple o doble. Sin embargo, una resistencia externa simple ajusta cualquier ganancia de 1 a 1000.

Este dispositivo ofrece excelente precisión debido al uso de nuevos transistores de entrada súper beta que proporcionan voltaje de compensación excepcionalmente bajo, deriva de voltaje de compensación, corriente de polarización de entrada, y ruido de corriente y voltaje de entrada.

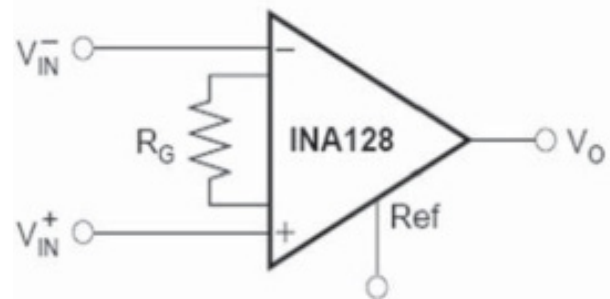


Fig. 6 Visualización del INA 128

Para esta investigación se procedió en particular a ajustar la ganancia del INA128 para que amplificara la señal de entrada 100 veces. Otro circuito que se implemento fue el filtro de segundo orden pasa a baja con una frecuencia de corte de 30 hz, esto con el fin de lograr obtener una señal de salida fiable con muy poca presencia de ruido, la figura 7 representa el esquema y la simulación de filtro implementado.

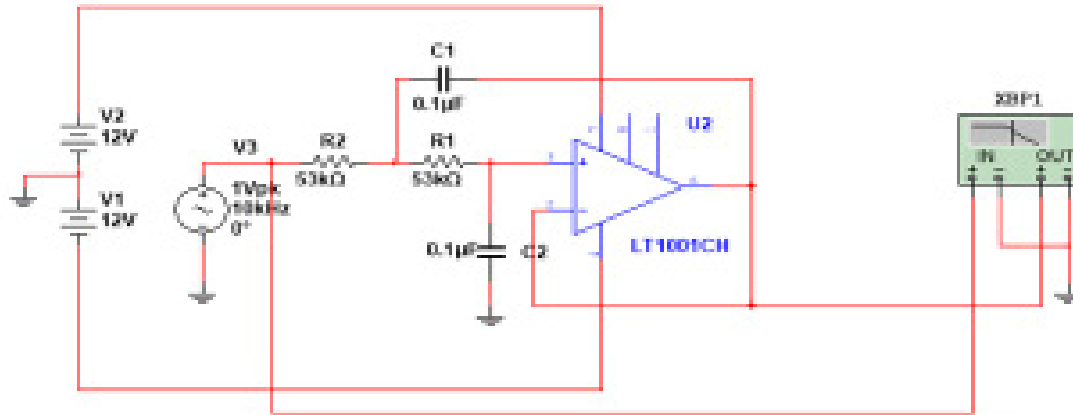


Fig.7 Simulación del Filtro pasa-baja de segundo orden.

Resultados y discusión

Con la utilización del elemento electrónico ADUM4160 se observó cómo se comportaba el sistema de adquisición frente a la presencia y no presencia de este aislador eléctrico, en las figuras 7 y 8 se observa las señales registradas a 16 bit (color azul) provenientes de ADC 1115 y a 10 bit (color rojo) proveniente del Arduino. El circuito que se implementó como fuente fue AD 584 que con variaciones de sus pines se pueden obtener diferentes valores de tensiones y con la utilización de un divisor de tensión se obtuvieron niveles de tensión del orden de los microvoltios.

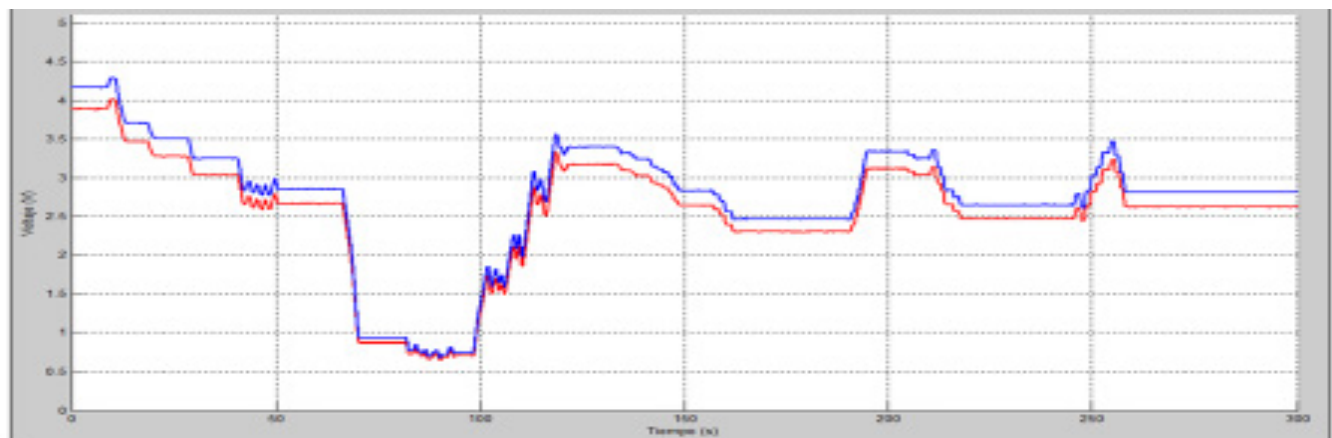


Fig. 8 Grafica de las señales de salida sin uso de aislación eléctrica.

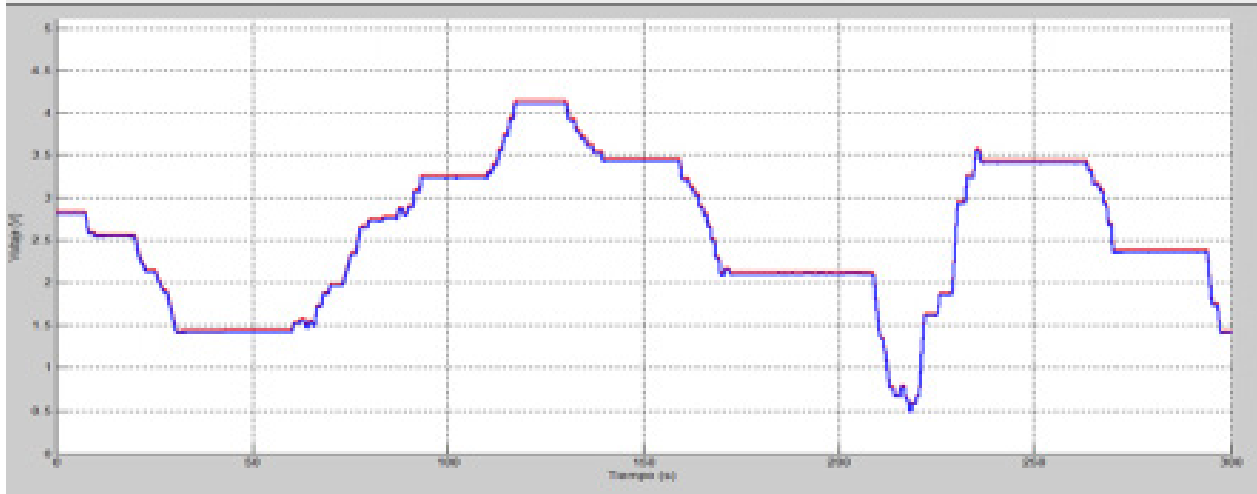


Fig. 9 Grafica de las señales de salida usando aislación eléctrica.

Dentro todo el protocolo de calibración planeado y ejecutado en busca de la mejor respuesta del sistema de adquisición de datos, resultado de muchísima importancia la observación y el estudio de la estabilidad de la toma de datos en función del tiempo, se estudió que tan fiable eran los datos obtenidos por el sistema a lo largo de un tiempo determinado, y bajo ciertas condiciones externas como temperatura y humedad. En las figuras 9 y 10 se observa como fue el comportamiento de la estabilidad de la medida tanto a 16 bits como a 10 bits respectivamente, de estas figuras se logra concluir que los datos tomados a 16 bits presentan mayor estabilidad y por lo tanto mayor fiabilidad en comparación con los datos inmediatos de 10 bits.

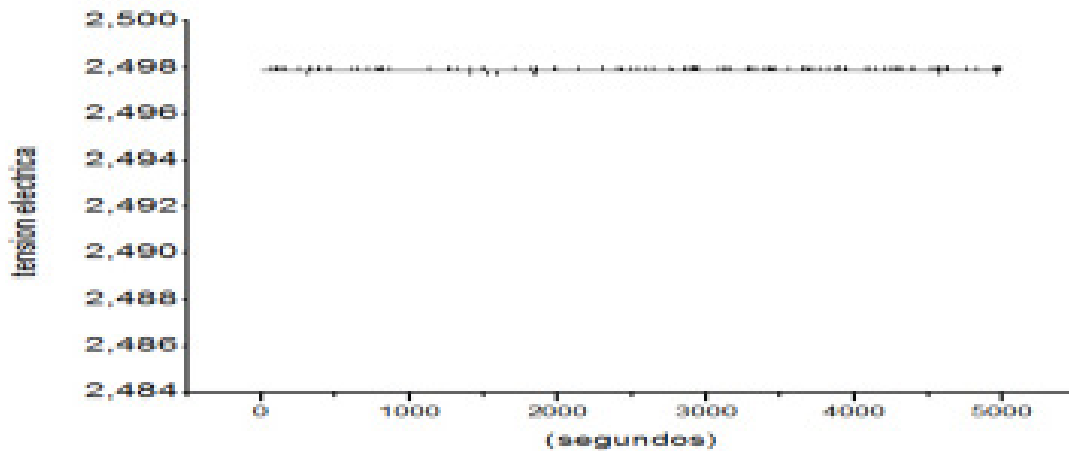


Fig. 10 Estabilidad de la medida en el tiempo a 16 bits

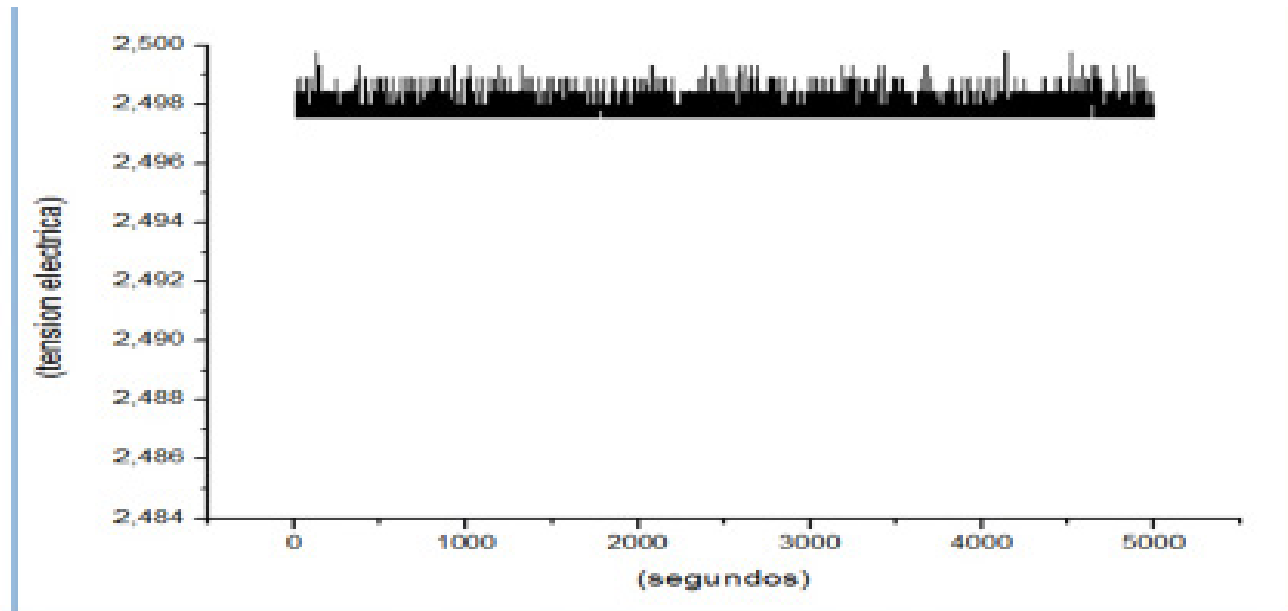


Fig. 11. Estabilidad de la medida en el tiempo a 10bits

Para la obtención de los voltajes de precisión del orden de los microvoltios se usó un circuito divisor de tensión a la salida de cada voltaje de referencia (2.50 V, 5.0 V, 7.50 V y 10.0 V) con un par de resistencias de precisión de 1MkΩ y 100Ω conectada a tierra con el fin de obtener voltajes de salida de 250uV, 500uV, 750 uV y 1000uV, como se puede apreciar en las figuras 12 hasta la figura 19, donde evidencia la cantidad de valores de tensión obtenidos en cada ensayo, por ejemplo en la figura 15 se suministró una señal de ensayo de 750 microvoltios a un sistema de adquisición de 16 bits, se obtuvieron 82 valores numéricos de tensión comprendidos entre 0 a 727,200 microvoltios, 536 valores de tensión comprendidos entre 727,200 a 730,987 microvoltios, 48 valores de tensión para el rango comprendido entre 730,897 a 742,351 microvoltios y por ultimo 34 valores de tensión para el rango de 742,351 a 746,137 microvoltios, demostrando que el sistema de adquisición de 16 bits es más estable y fiable si se compara con los resultados obtenidos en la figura 16.

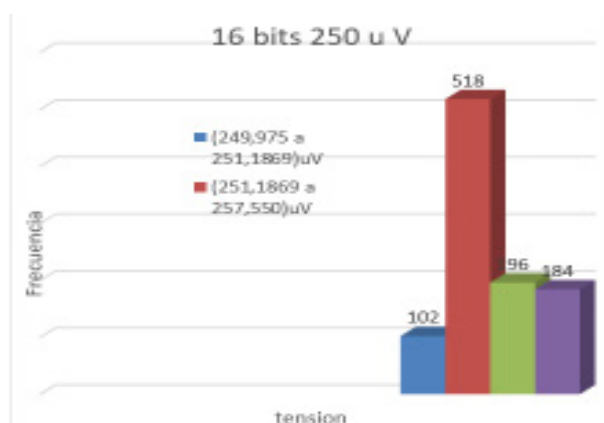


Fig. 12. Diagrama de frecuencias de 16 bits a 250 uV

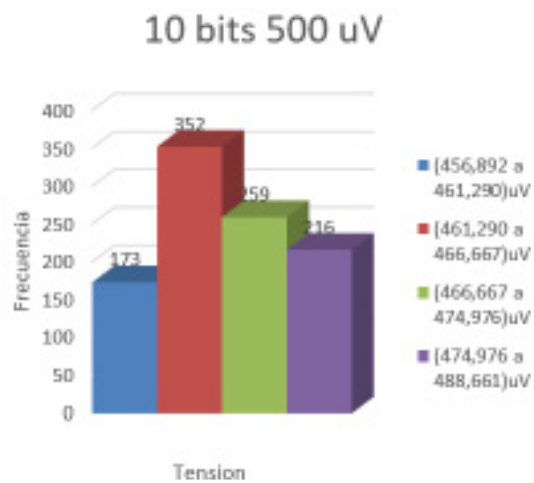


Fig. 13. Diagrama de frecuencias de 10 bits a 250 uV

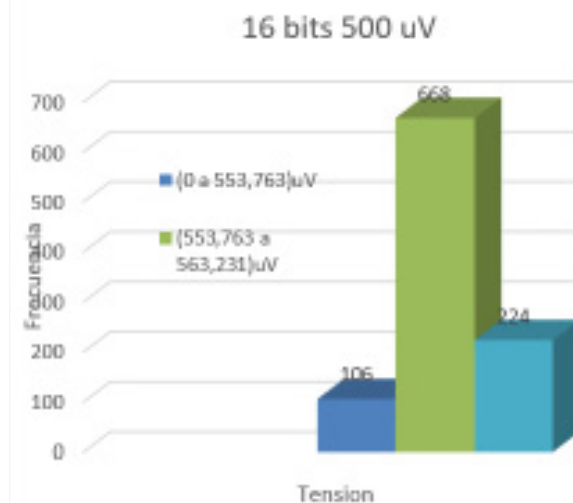


Fig. 14. Diagrama de frecuencias de 16 bits a 500 uV

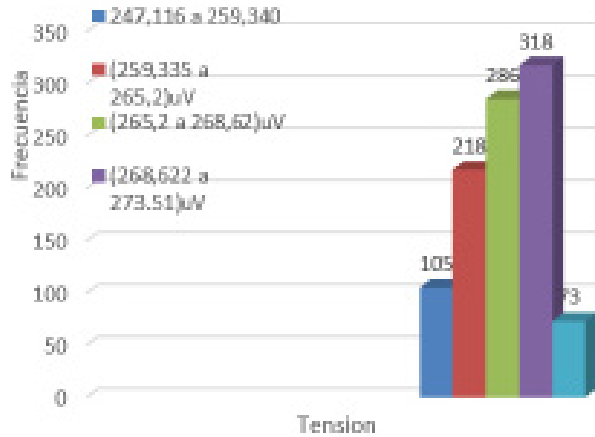


Fig. 15. Diagrama de frecuencias de 10 bits a 500 uV

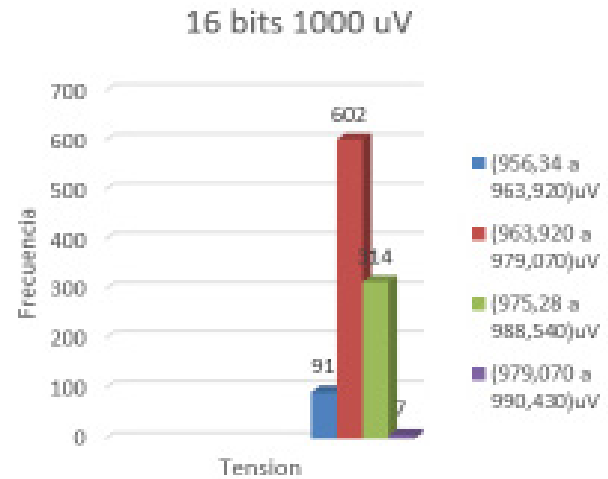


Fig. 18. Diagrama de frecuencias de 16 bits a 1000 uV

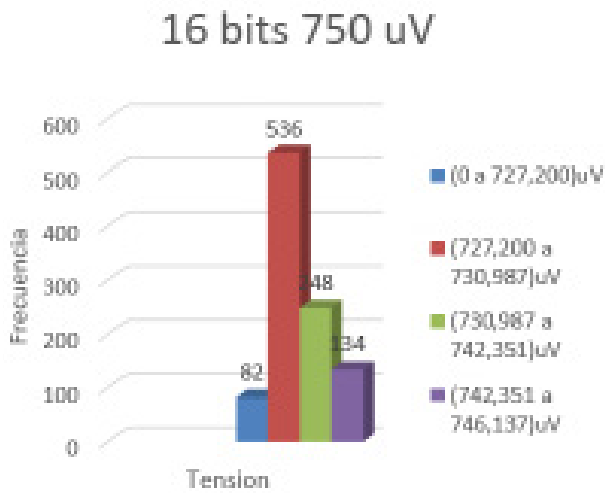


Fig. 16. Diagrama de frecuencias de 16 bits a 750 uV

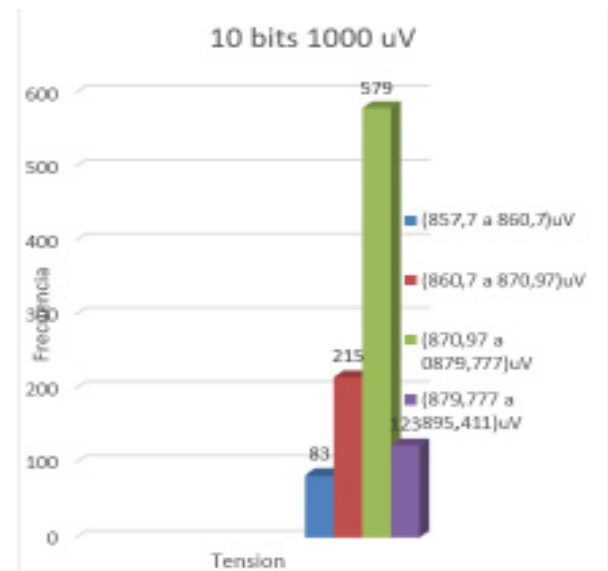


Fig. 19. Diagrama de frecuencias de 10 bits a 1000 uV

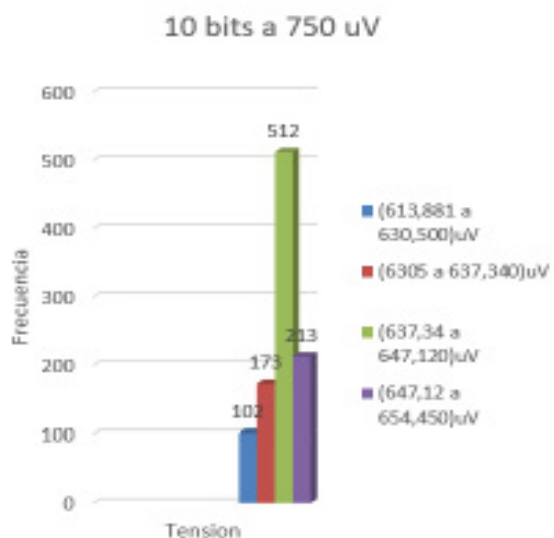


Fig. 17. Diagrama de frecuencias de 10 bits a 750 uV

En la toma de medidas en voltaje directo (dc), se pudo observar que para valores pequeños de voltaje de entrada la incertidumbre en la medida de voltajes era mucho más grande para el ADC de 10 bits ($\pm 1,2$ uV) mientras que para el ADC de 16 bits ($\pm 0,5$ uV). Además, las medidas presentaban menos dispersión con respecto al valor real para el ADC de 16 bits, lo que una vez más corrobora la importancia de contar con dispositivos de conversión de mucha mejor resolución.

Por último y a manera de ejercicio y comprobación del sistema implementado, se realizó la adquisición de una señal proveniente de un transductor magnético construido a partir de un cabezal de disco duro. Se realizó la adquisición simultánea utilizando el computador y el osciloscopio digital. Se generó una señal de forma manual moviendo el transductor y asemejándose a una onda sísmica.



Fig. 20. Visualización de la simulación de una onda sísmica.

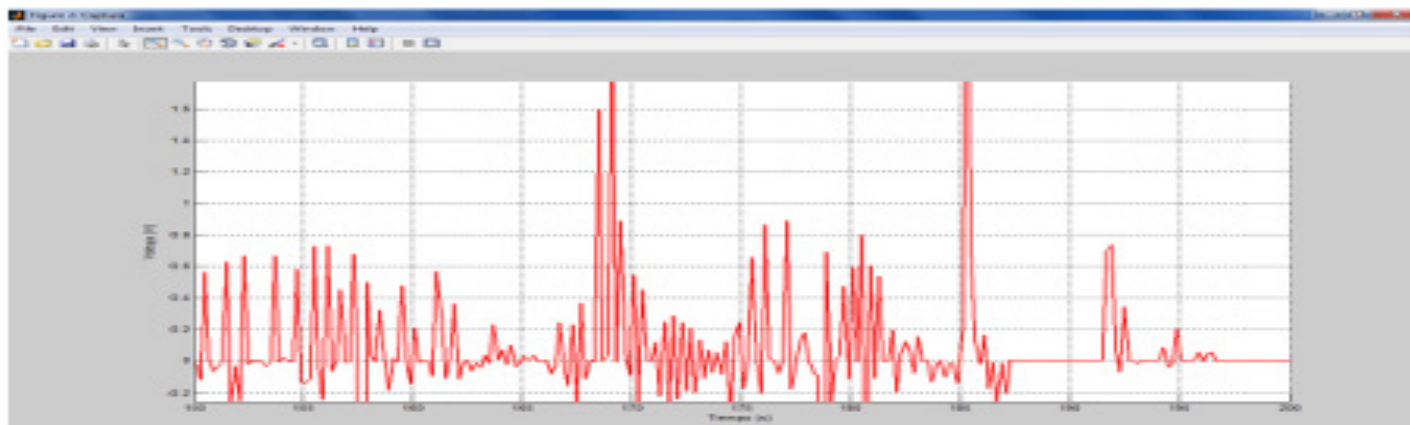


Fig. 21. Visualización de la simulación de una onda sísmica ampliada.

Conclusiones.

En este trabajo se diseñó, construyó y caracterizó un sistema de adquisición de datos basado en un ADC de 16 bits una etapa de amplificación y filtrado de bajo ruido y una tarjeta microcontroladora para capturar y enviar los datos vía USB al computador basada en Arduino Uno. Así mismo se implementó una interfaz gráfica en Matlab con el fin de visualizar los datos en un computador para su posterior análisis.

Se observó la respuesta del sistema a diferentes valores de voltaje de entrada provenientes de un patrón de referencia. Los datos arrojados por el equipo mostraron muy poca dispersión con respecto al voltaje real, alta repetitividad y muy poca variación con respecto al tiempo. El sistema permite además implementar a través de software la recalibración del dispositivo de forma fácil con respecto a un patrón externo. Se analizó el comportamiento del sistema de adquisición para diferentes tipos de formas de onda de entrada, triangular, senoidal, cuadrada, mostrando este excelente comportamiento al compararlo con la toma simultánea de la mostrada por un osciloscopio digital. Así mismo se realizó una prueba a manera de ejemplo con un transductor magnético y se observó la respuesta del equipo ante el estímulo, los datos evidenciaron la factibilidad del equipo como interfaz para sistemas de adquisición de señales provenientes de sensores magnéticos propios del estudio de actividad sísmica.

Referencias

- SELIK M., Baraniuk R., Haag M., Borries R. (2006), Clasificación y Propiedades de las Señales.
- V. Oppenheim, Alan (1998). 1.2.2. Señales y Sistemas (segunda edición). Pearson, ISBN 970-17-0116-X, 11-12.
- CONVERTIDORES análogos/digital y digital/análogos. (2004), Código interno de publicación: B09.01 Primera edición: 2000 Segunda edición corregida.
- SERGEY Y., (2006), Digital sensors design based on universal frequency sensors interfacing IC[J]. Sensors and Actuators, A: Physical, v 132, n 1 SPEC. ISS, 265-270.
- M. Morris Mano, (2003), Diseño Digital, Ed. Prentice Hall. 3ra edición, ISBN: 970-26-0438-9.
- VYEMURA J. (2000), Diseño de Sistemas Digitales. Ed. Thomson.
- CHENG B., (1981), Circuitos Electrónicos de Conmutación, Ed. Gustavo Gili S.A., Parsons, Barcelona.
- DANIEL D. Gajski, (1997), Principles of Digital Design, Prentice Hall.
- MILLMAN J., (1979), Microelectronics: Digital and Analog Circuits and Systems, McGraw Hill.
- RUIZ A., Espinosa A. (1996), Diseño Lógico, Ed. McGraw-Hill.
- WAKERLY J., (2011), Digital Design: Principles & Practices, Ed. Prentice Hall.
- N. Yazdi, F Ayazi, and Najafi, (1998) Micromachined inertial sensors, Proc IEE, vol 86.
- BIGNELL J., R. Donovan, (1997), Electrónica Digital, Ed. CECSA
- M. Ginzburg. (2002), Técnicas Digitales con Circuitos Integrados.
- M. Mano, C. Kime. (2005), Fundamentos de Diseño Lógico y Computadoras, Ed. Prentice Hall.

ESTUDIO DE CARGA Y DESCARGA DE UNA CELDA DE ELECTRODIALISIS CON MEMBRANA BIPOLAR



Alejandra Laureano Abarca, Tania Aylin Maya Godínez, Francisca Alicia Rodríguez Pérez,
Arturo Ortega Díaz, Eligio Pastor Rivero Martínez*

*Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México, ica1_
alicia@hotmail.com*



Resumen

El almacenamiento eficiente de energía eléctrica es un tema clave para el suministro de energía eléctrica a partir de fuentes sostenibles, tales como aerogeneradores o dispositivos fotovoltaicos. La conversión de energía a formas más convenientes o económicamente almacenables es un reto hoy en día. En este trabajo se realizó el estudio de la carga y descarga de una celda de electrodiálisis comercial, con el propósito de analizar el comportamiento general de la celda y su viabilidad como batería de flujo. La celda de electrodiálisis utilizada consiste en un arreglo de tres celdas unitarias compuesto por membranas de intercambio iónico (catiónica, aniónica y bipolar), separadas por un espaciador. Debido a las características de la membrana bipolar se pueden hidrolizar las moléculas de agua en la interfaz de membrana en iones hidroxilo y protones. El mecanismo fundamental de la electrodiálisis es el transporte de las especies iónicas a través de las membranas, este proceso es favorecido por la aplicación de una corriente eléctrica.

Palabras clave: Electrodiálisis inversa, Carga y descarga, membrana Bipolar, Intercambio Iónico

Antecedentes

Los pioneros en el estudio de este proceso fueron Meyer y Stratus en el año de 1940, quienes realizaron los primeros intentos tanto desde el punto de vista cuantitativo, como cualitativo. En el año de 1950, se contaba ya con los fundamentos para construir una celda de electrodiálisis que proporcione una base de diseño, la cual con el tiempo ha sido de gran utilidad y su uso se extendió a nivel de laboratorio. (Carlota, Antonio, 1976). El uso de energías alternas se ha convertido en una solución clave para el problema energético global. Una de las fuentes de energía es la que viene de mezclar una solución ácida con una alcalina. La energía proveniente de este tipo de procesos se aprovecha con una celda de electrodiálisis inversa (EDI), la cual consiste en arreglos de membranas de intercambio iónico (Veerman, Post, Saakes, Metza, Harmsen, 2008). La tecnología EDI tiene diferentes arreglos de membranas, entre estos se encuentra la incorporación de membranas bipolares, en cada celda unitaria. La membrana bipolar está compuesta de un lado por intercambiadores catiónicos y del lado contrario por intercambiadores aniónicos. En la figura 1 se muestra el proceso de carga y descarga de una celda de electrodiálisis, la cual está compuesta de un arreglo de 2 membranas catiónicas, 1 membrana aniónica y 1 membrana bipolar.

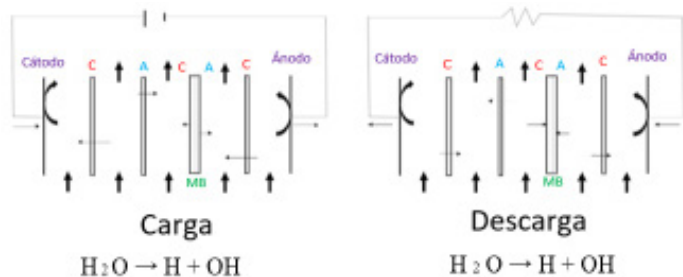


Fig. 1. Proceso de carga y descarga de una celda de electrodiálisis con membrana bipolar para la generación de solución alcalina y ácida.

Una de las ventajas de esta tecnología es que se pueden conectar varias celdas unitarias, y con esto se puede generar energía eléctrica para una aplicación práctica a un voltaje más alto. Por otra parte, se debe considerar el uso de pares redox en las soluciones de enjuague para evitar la formación de gas en la superficie de trabajo de los electrodos. Típicamente el par redox es Fe²⁺/Fe³⁺ para generar la reacción en los electrodos sin la necesidad de hacer una electrolisis (Kim, Maurya, Shin, Lee, Moon, 2016). Existen pocos estudios en cuanto al uso de las celdas de electrodiálisis inversa que utilicen membranas bipolares, lo que motiva el presente trabajo a mostrar el estudio de carga y descarga de una celda de electrodiálisis inversa, acondicionada con tres celdas unitarias acopladas con membranas bipolares.

Objetivos

Estudiar el funcionamiento en general de una celda de electrodiálisis con membrana bipolar, la cual con los acondicionamientos adecuados servirá como una fuente obtención de energía eléctrica.

Estudiar el efecto de tres soluciones de enjuague de una celda de electrodiálisis comercial.

Parte experimental

Para hacer pasar las soluciones a cada uno de los compartimentos de la celda de electrodiálisis se utilizaron 4 recipientes de acrílico con capacidad de 4 L para cada una de las soluciones correspondientes. Se utilizaron 4 bombas centrífugas de la marca Little Giant Pump type U21 de 1/30 HP para la recirculación, el flujo volumétrico manejado es todos los experimentos fue de 5 GHP, se controló con rotámetros Omega FL-2024, se utilizaron mangueras y tubería de PVC de ¼ y ½ in de diámetro respectivamente. La temperatura se mantuvo constante con ayuda de serpentines de vidrio conectados a baños de temperatura 20°C+1.

La celda se conectó a un potencióstato galvanostato Volta-Lab 32, Radiometer, modelo DEA 332, el programa utilizado EC-Lab. El sistema que se manejo fue de cuatro electrodos, para la obtención de las respuestas electroquímicas se

utilizaron dos electrodos de calomel saturado, con capilares de Luggin provistos con alambres de platino, los electrodos de trabajo fueron de acero inoxidable o bien de Ti/Pt.

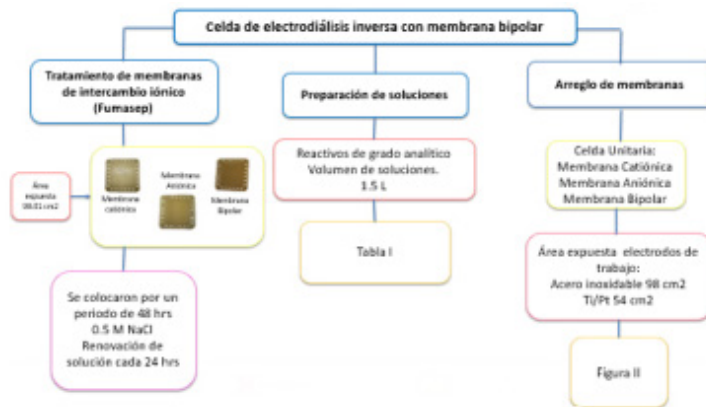


Fig. 2.- Esquema experimental celda de electrodiálisis

Electrodos	Enjuague	Salina	Alcalina	Ácida
Acero inoxidable	0.05 M FeSO ₄			
	0.05 M Fe ₂ (SO ₄) ₃	0.25 M Na ₂ SO ₄	0.25 M NaOH	0.25 M H ₂ SO ₄
	0.25 M Na ₂ SO ₄			0.25 M Na ₂ SO ₄
Ti/Pt	0.01M FeCl ₂			
	0.01M FeCl ₃	0.25 M NaCl	0.25 M NaOH	0.25 M HCl
	0.5M NaCl			
Ti/Pt	0.05M K ₄ Fe(CN) ₆			
	0.05M K ₃ Fe(CN) ₆	0.25 M NaCl	0.25 M NaOH	0.25 M HCl
	0.25 M Na ₂ SO ₄			

Tabla 1.-Sistema de pares redox utilizados para realizar cargas y descargas en una celda de electrodiálisis Fumatech con electrodos de acero inoxidable y Ti/Pt

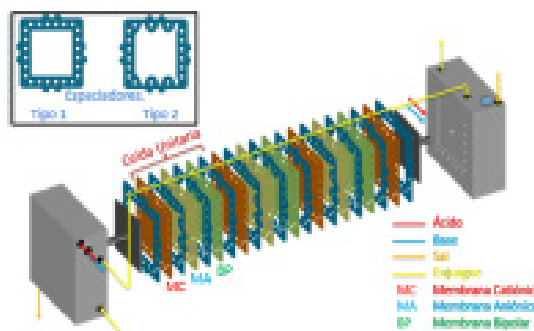


Fig. 3. Montaje de sistema de electrodiálisis inversa con membrana bipolar.

Resultados y discusión

Ciclos de carga y descarga con electrodos de acero inoxidable.

En la figura 4 se presenta el estudio de carga-descarga con el par redox $\text{FeSO}_4/\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$, al inicio el potencial de circuito abierto (OCV) es de 1.350 mV, el potencial eléctrico disminuye con la aplicación de una intensidad de corriente en la descarga, este se aplica en forma escalonada con diferencias de 5 mA cada minuto, posteriormente se llega a una descarga máxima de -40 mA durante 5 minutos, para obtener un voltaje de 1.225 mV, enseguida se aplican pulsos galvanostáticos de forma escalonada hasta llegar a una carga máxima de 40 mA, el potencial eléctrico fue de 1.498 mV, finalmente se aplicaron pulsos galvanostáticos para llegar a un OCV final de 1.346 mV, valor muy cercano al OCV inicial. La respuesta del potencial a los pulsos de intensidad de corriente es rápida y sigue la tendencia impuesta por la intensidad de corriente mencionada tanto en la carga como en la descarga, por lo tanto el proceso de transferencia de los acarreadores de carga es reversible junto con la disociación y formación de agua en la celda de electrodiálisis. Sin embargo, el uso constante de la solución de enjuague genera incrustaciones en las membranas debido a la poca solubilidad del par redox $\text{FeSO}_4/\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$.

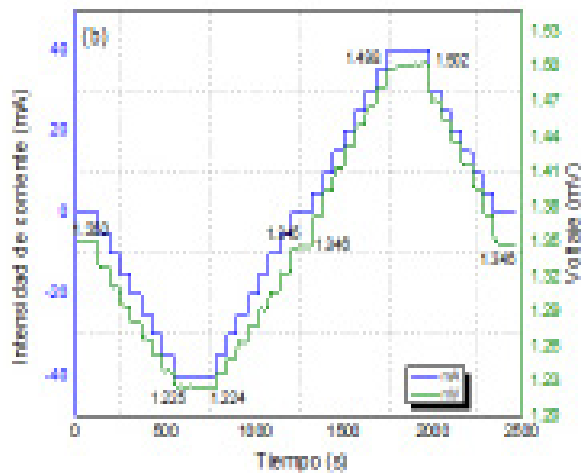


Fig. 4. Pruebas de carga-descarga con $\text{FeSO}_4/\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$, electrolito soporte Na_2SO_4 .

La figura 5 muestra las gráficas con los resultados de carga y descarga con un par redox de 0.01M $\text{FeCl}_2/0.01\text{ M FeCl}_3$, se utilizó electrolito soporte 0.5 M NaCl , y electrodos de acero inoxidable y se realizaron dos ciclos de carga y descarga. El OCV inicial 1.999 mV, se aplicaron pulsos galvanostáticos durante 1 min hasta llegar a -40 mA se obtuvo un voltaje de 1.878 mV, después se continuo con la carga de la celda aplicando pulsos de corriente de forma escalonada hasta llegar a 40 mA, el potencial obtenido 2.14 mV, se realizó

una segunda descarga hasta llegar a un OCV final de 1.972, valor cercano al OCV inicial. En esta prueba la respuesta del potencial no se mantuvo constante a los pulsos galvanostáticos impuestos y no se aprecia la forma escalonada, con respecto a las pruebas con la solución de enjuague ($\text{FeSO}_4/\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$, electrodos de acero inoxidable). Este comportamiento es atribuido al proceso de transporte de carga no es totalmente reversible ya que los electrones no abandonan el electrodo de trabajo con la suficiente velocidad para que la carga electrónica se recupere, con lo cual hay una disminución del potencial, “puede existir acumulación de agua en la membrana bipolar” (Xia, Eigenberger, Sthrrthmann, Nieken, 2018). Otra posible razón del comportamiento del potencial eléctrico es el “ensuciamiento de las membranas” (Vermasa, Kunteng, Saakes, Nijmeijer, 2013), debido a la poca solubilidad de las especies redox $\text{FeCl}_2/\text{FeCl}_3$.

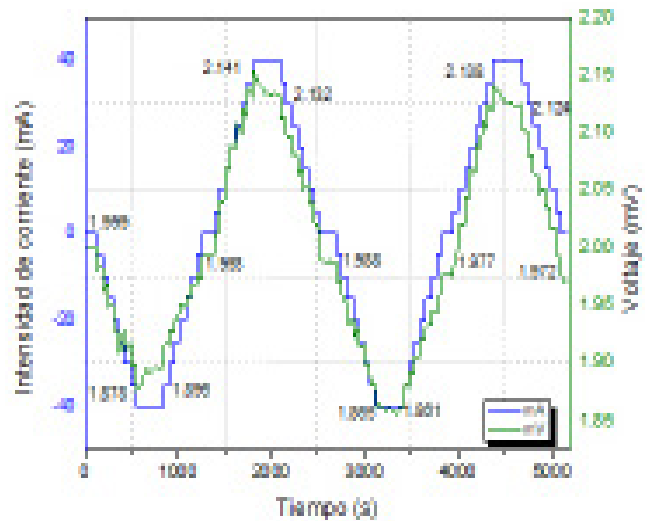


Fig. 5. Pruebas de carga-descarga con par redox $\text{FeCl}_2/\text{FeCl}_3$, electrolito soporte NaCl .

Ciclos de carga y descarga con electrodos de Ti/Pt

Se experimentó con un par redox más soluble en la solución de enjuague con el fin de evitar ensuciamiento en las membranas. El sistema de enjuague 0.05 M $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6/0.05\text{ M K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$ con electrolito soporte de 0.25 M Na_2SO_4 , se utilizaron soluciones de 0.25 M NaCl , 0.25 M HCl y 0.25 M NaOH . La descarga de la celda de electrodiálisis se realizó aplicando pulsos galvanostáticos durante 1 min. de manera escalonada, llegando a -20 mA, donde se obtuvo un potencial de -2.774 mV, figura 6, se incrementó la intensidad de corriente hasta llegar a 20 mA, el potencial obtenido fue de 9.245 mV, se finalizó con un OCV final de 2.045 mV, valor cercano al OCV inicial. Sin embargo, el comportamiento del potencial no muestra un valor constante al aplicar los pulsos galvanostáticos y no muestra un comportamiento escalonado definido.

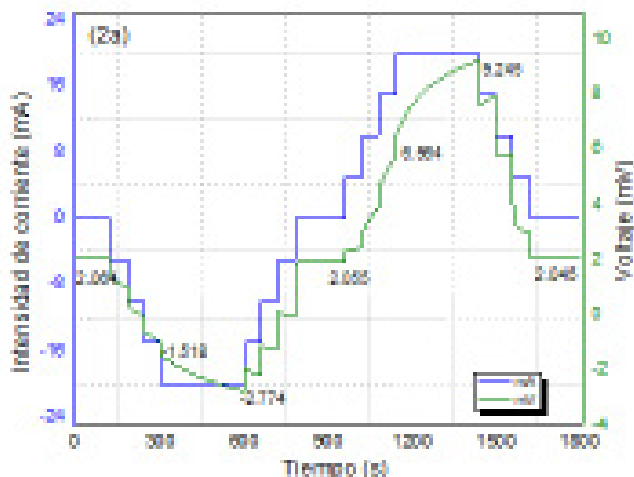


Fig. 6.-Pruebas de carga y descarga con $K_3Fe(CN)_6/K_4Fe(CN)_6$, con electrodos de Ti/Pt

Con el fin de estudiar el tiempo en el que se estabiliza el potencial cuando se aplican los pulsos galvanostáticos de carga y descarga, se realizó un experimento figura 7, en el cual la intensidad de corriente se mantuvo durante 25 min. Se impuso una intensidad de corriente de -20 mA a 20 mA. Cuando se impone una intensidad de corriente de 20 mA, el potencial es de 11.164 mV, al aplicar una intensidad de corriente de -20 mA el potencial es de -3.578 mV. El comportamiento del potencial durante la carga y descarga, no permanece constante durante los 25 min del pulso galvanostático, un comportamiento similar se observa en la descarga, el proceso de descarga se realizó en un tiempo menor en comparación con la carga la cual no se estabiliza por completo durante el periodo de tiempo manejado.

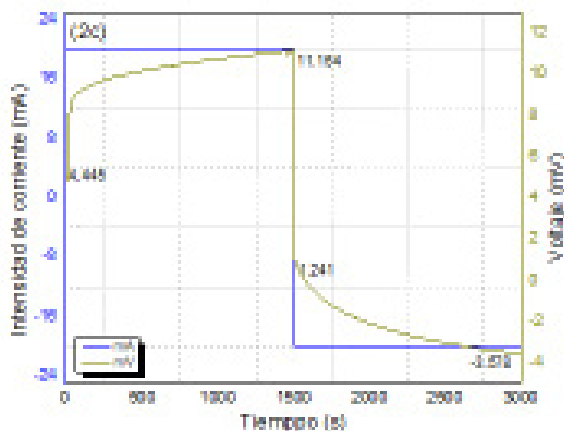


Fig. 7. Prueba de carga-descarga con pulsos galvanostáticos de 20 mA y -20 mA

Conclusiones

Los pares redox en las soluciones de enjuague desempeña un papel muy importante en el proceso de carga y descarga en las celdas de electrodiálisis inversa con membrana bipolar, ya que generan incrustaciones y ensuciamiento en las membranas, por lo que se requiere una adecuada selección del par redox.

Los resultados obtenidos muestran la viabilidad del concepto de la celda de electrodiálisis inversa con membrana bipolar para el almacenamiento de energía. Sin embargo, la diferencia de potencial del OCV antes y después del ciclo muestra que el proceso no es completamente reversible.

La degradación de la membrana o la existencia de acumulación de agua en la membrana bipolar son factores a considerar en la aplicación de esta tecnología.

Agradecimientos

Los autores externamos nuestro agradecimiento al Fondo Sectorial CONACyT-SENER-Sustentabilidad energética por el apoyo financiero otorgado para el desarrollo de esta investigación a través del proyecto con registro número 292862. Investigación realizada gracias al Programa Interno de Apoyo para Proyectos de Investigación PI-API2045, así como a la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán por las instalaciones prestadas para el desarrollo de la investigación.

Referencias

- VEERMAN, J; Post, J. W; Saakes, M; Metza, S. J. (2008), Reducing power losses caused by ionic shortcut currents in reverse electrodiálisis stacks by a validated model, *Journal of Membrane Science* 310, 418-430.
- CARLOTA, F. N; Antonio, A. F. (1976). Electrodiálisis en la recuperación de reactivos a partir de aguas desechos, 1, 2.
- KIM, J. H; Lee, J. H; Maurya, S; Shin, S. H; Chang, I. S; Moon, S. H. (2016), Proof-of-concept experiments of an acid-base junction flow battery by reverse bipolar electrodiálisis for an energy conversion system, *Electrochemistry Communications* 72, 157-161.
- XIA, J; Eigenberger, G; Strathmann, H; Nieken, U. (2018), Flow battery based on reverse electrodiálisis with bipolar membranes: Single cell experiments, *Journal of Membrane Science* 565, 157-168.
- VERMAAS, D.A; Kunteng, D; Saakes, M; Nilmeijer, K. (2013), Fouling in reverse electrodiálisis under natural conditions, *Water Res*, 47, 1289.

ESTUDIO POR MODELADO Y EXPERIMENTAL DE UNA CELDA DE ELECTRODIÁLISIS



Carolina Otero Velázquez, Francisca Alicia Rodríguez Pérez, Arturo Ortega Díaz, Eligio Pastor Rivero Martínez*

Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. Av. Primero de Mayo S/N, Sta María Guadalupe las Torres, 54740 Cuautitlán Izcalli, Méx.

**E-mail Responsable de la investigación: ica1_alicia@hotmail.com*



Resumen

El interés por el estudio de las celdas de electrodiálisis para resolver problemas ambientales, específicamente la desmineralización del agua, cada día va en aumento y es comprensible por la importancia del líquido vital. Asimismo, nuevas aplicaciones de la electrodiálisis y procesos relacionados han comenzado a investigarse, por ejemplo, el almacenamiento de energía de fuentes limpias. En el presente trabajo se realizó un estudio experimental del transporte de iones de sodio y cloruros (0.01 M NaCl) en una celda de electrodiálisis. La concentración de cloruros y sodio se midió durante las experimentaciones. Además, se realizó el modelado de la celda de electrodiálisis utilizando Comsol Multiphysics. Las ecuaciones gobernantes que describen el comportamiento son Navier- Stokes y Nernst- Planck, las cuales son resueltas simultáneamente. Los resultados del modelado y experimentales son comparados entre sí para analizar su comportamiento. Los resultados de conductividad, concentración de sodio y cloruros normalizados, mostraron que el modelo es aplicable para el potencial eléctrico de 7 V.

Palabras clave: colocar de 5 a 7 palabras clave que describan lo mejor posible la temática de su trabajo.

Antecedentes

La electrodiálisis como método que combina electrólisis y diálisis (implica el uso de corriente eléctrica y membranas de intercambio iónico), fue propuesta por primera vez en 1890 por Maigrot y Sabates el objetivo de su trabajo era desmineralizar el azúcar.

En 1894 Cassel y Kemple aplicaron este método para purificar melazas, jarabes y soluciones de azúcar. La particularidad en su trabajo fue la adición de solución salina a la solución catódica, lo que provocó una reacción alcalina bajo hidrólisis.

Sin embargo, el término “electrodiálisis” no se usó en las patentes consideradas anteriormente. Fue hasta 1900 que se propuso por primera vez en la patente de Schollmeyer, cuyo objetivo era purificar el jarabe de azúcar mediante el mismo método, pero con un cambio en el ánodo.

El primer artículo sobre electrodiálisis que apareció en una revista científica fue publicado en 1903 por Morse y Pierce .

En 1911 Donnan desarrolló la teoría termodinámica del equilibrio de la membrana, donde la concentración de coiones estaba limitada por la repulsión electrostática de las cargas fijas de la membrana.

En 1930 se comenzaron a producir los materiales de intercambio iónico a base de polímeros, los cuales eran necesarios para la electrodiálisis. Manegold [6] comenzó a darle uso a estos materiales en forma de membrana selectiva de iones, Manegold las usó en una celda de electrodiálisis de tres compartimientos.

El principio de alternar membranas permeables a cationes y aniones en electrodiálisis con múltiples compartimientos fue posible después de la fabricación de membranas selectivas a partir de intercambiadores de iones. Comenzó después del trabajo de Juda y Mc Rae y también simultáneamente después el de Kressman.

Objetivo(s)

Analizar el comportamiento de una celda de electrodiálisis mediante el estudio por modelado y experimental .

Metodología

La celda de electrodiálisis tipo filtro prensa está conformada por dos membranas catiónicas, Nafion, N-2030 fabricadas por Dupont. Una membrana aniónica, Selemion, AMV. Un cátodo de acero inoxidable; como ánodo una placa de Ti platinizado. Ambos electrodos tuvieron un área expuesta de 30 cm² (3 x 10 cm), se utilizaron juntas de neopreno y teflón para ensamblar la celda, figura 1.

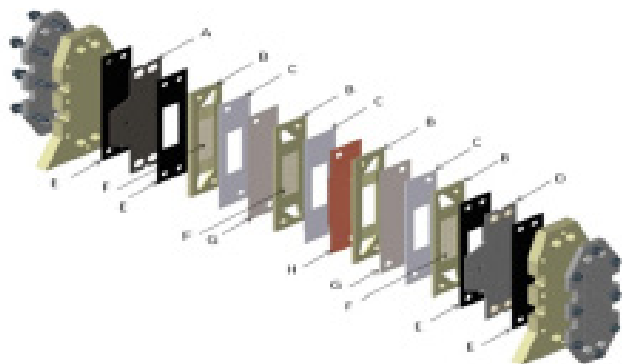


Fig. 1. Conformación de la celda de electrodiálisis. A) ánodo de Ti platinizado, B) espaciador, C) junta de teflón, D) cátodo de acero inoxidable, E) junta de neopreno, F) promotor de turbulencia, G) membrana catiónica Nafion, H) membrana aniónica Selemion.

La celda se adaptó a un sistema de recirculación (figura 2) con tres tanques de acrílico, dos de ellos se utilizaron para desalinizar la solución (uno para diluir y el otro para concentrar las soluciones) y el tercer tanque se utilizó para una solución de enjuague. Se utilizaron rotámetros Omega FL-2024 para ajustar el flujo volumétrico en la recirculación de las tres soluciones ya mencionadas, se utilizaron mangueras y tuberías de PVC de ¼ y ½ in de diámetro respectivamente, tres bombas centrífugas de la marca Little

Giant Pump type U21 de 1/30 HP para la recirculación. Una fuente de poder BK se ocupó para aplicar el potencial, un multímetro digital 6½ Agilent 34410A midió la intensidad de corriente del sistema. Se utilizaron potenciómetros digitales (kit OAKTON PC 450) para medir la conductividad eléctrica de las soluciones y el pH.

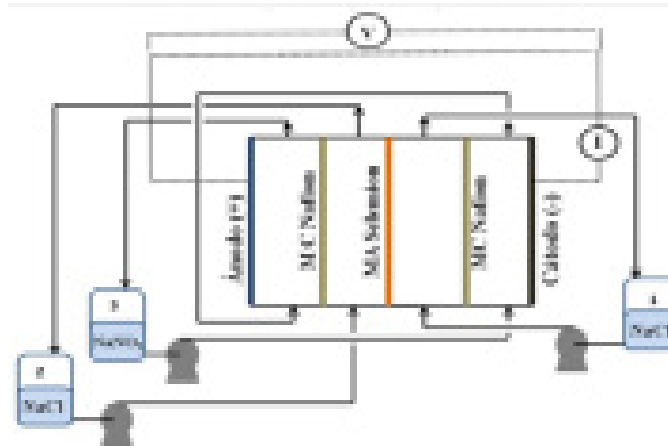


Fig. 2. Esquema del sistema de recirculación de la celda de electrodiálisis.

En los tres tanques de acrílico se colocaron las soluciones electrolíticas, dos de ellos se utilizaron para desalinizar la solución (una para diluir y la otra para concentrar las soluciones), con 1.5 L de solución 0.01 M NaCl en cada tanque y el tercer tanque se utilizó para una solución de enjuague con 1.5 L de solución 0.05 M NaNO₃. Se utilizó un rotámetro Omega FL-2024 para ajustar un flujo volumétrico de 8 gal /min en la recirculación de las tres soluciones ya mencionadas. Se ocupó una fuente de poder BK Precisión 1672 para aplicar el potencial de 7 V, un multímetro digital 6½ Agilent 34410A midió la intensidad de corriente del sistema. Durante la experimentación se registró la conductividad eléctrica y pH. Se tomaron muestras para cuantificar, la concentración de cloruros mediante el método argentométrico y para la concentración de iones sodio se utilizó la técnica de absorción atómica por emisión de flama, en donde se ocupó un espectrómetro de absorción atómica, VARIAN SpectrAA-200.

La construcción del modelo de ED se hizo en COMSOL Multiphysics donde se realiza el dibujo y se incorporan las condiciones utilizadas en la experimentación. Posteriormente se hace un estudio en estado estacionario, esto es necesario para agilizar el estudio en estado transitorio y así se ejecute más rápido y sin problemas de convergencia el programa de simulación. Los datos obtenidos del estudio en estado estacionario se alimentan como datos iniciales para el estudio en estado transitorio. Las ecuaciones correspondientes para resolver este tipo de problemas son las de conservación de masa y conservación de momentum.

Ecuación de continuidad (1) o conservación de masa y ecuación de Navier-Stokes (2).

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \cdot \vec{u}) = 0 \dots\dots\dots(1)$$

$$(\rho \vec{u} \cdot \nabla) \vec{u} = -\nabla P + \nabla \cdot \mu (\nabla \vec{u} + (\nabla \vec{u})^T) + \vec{F} \dots\dots(2)$$

Donde ρ es la densidad, \vec{u} es el vector velocidad, t es el tiempo, P es la presión, μ la viscosidad y \vec{F} una fuerza externa.

Otra ecuación que se utilizó es la de balance de cada componente (3) y de Nernst-Planck (Flux del ion y transporte de carga, ecuación 4), la cual dice que el flux del ion está dada por la sumatoria de los mecanismos de transporte que son difusión, migración y convección.

$$\frac{\partial c_i}{\partial t} + \nabla \cdot \mathbf{N}_i = 0 \dots\dots\dots(3)$$

$$\mathbf{N} = \underbrace{-D \nabla c}_{\text{Difusión}} - \underbrace{z u F c \nabla \phi}_{\text{Convección}} + \underbrace{c \vec{u}}_{\text{Migración}} \dots\dots(4)$$

Donde N es el flux molar, D es el coeficiente de difusión, c es la concentración, z es la carga de la especie, F es la constante de Faraday, ϕ es el potencial eléctrico.

Resultados y discusión

La conductividad es una medida proporcional a la concentración de iones en la solución y en el caso experimental la conductividad es determinada solo por los iones sodio y cloruro presentes porque se utilizó agua desionizada en la preparación de las soluciones. En la simulación la conductividad se obtuvo a partir de una relación entre la conductividad y la concentración, y está última se obtuvo por simulación en el programa comercial Comsol Multiphysics mediante la solución de los balances de materia y transporte de iones en los electrolitos y membranas.

Los resultados experimentales y calculados con el modelo, figura 3, muestran un comportamiento linealmente creciente en la solución a concentrar y linealmente decreciente en la solución a diluir, por lo que, se puede afirmar que la velocidad

de transferencia de iones es constante durante las tres horas de experimentación.

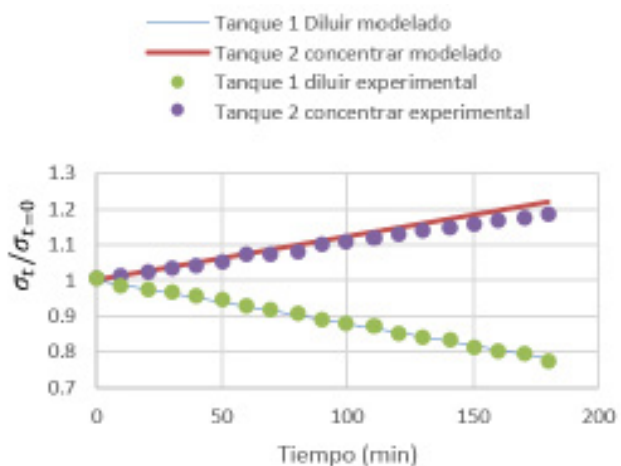


Fig. 3. Comparación de conductividad normalizada en función del tiempo calculada con modelado y los resultados experimentalmente a 7 V.

Con respecto a los resultados experimentales, en la figura 3 se muestra que la conductividad en el tanque a diluir disminuye un 23% y en el tanque a concentrar aumenta un 18%, con esto se confirma que los iones de la solución del diluido (tanque 1) se transfieren a la solución del concentrado (tanque 2) a través de las membranas teniendo un error del 5%. Hay que tomar en cuenta que experimentalmente las membranas no tienen una efectividad del 100% y puede existir mezclado cruzado entre los compartimentos. Adicionalmente, al desarmarse la celda se observaron incrustaciones de sal en los vértices. Esto es debido a la geometría del reactor, que puede favorecer la formación de zonas muertas entre los espaciadores y las membranas de intercambio iónico, evitando el transporte de los iones, es decir, la formación de áreas donde se quedan atrapadas pequeñas cantidades de sal. Kim y col. estudiaron un fenómeno similar en un proceso de desalinización mediante electrodiálisis.

La comparación entre la simulación y experimentación es importante porque determina si el modelo es correcto o no, y si se debe tomar en cuenta otros fenómenos y consideraciones. En las condiciones de 7 V, la comparación entre el modelado y la experimentación es muy buena por lo que los resultados experimentales validan el modelo y los resultados numéricos obtenidos con Comsol Multiphysics.

Para corroborar que los iones sodios y cloruros se hayan pasado a través de las membranas, se obtuvieron experimentalmente las concentraciones de iones sodio. Para comparar el transporte de los iones sodio y cloruro a través de las membranas, se obtuvieron experimentalmente las concentraciones de sodios. En la figura 4 se muestra la variación de concentración normalizada de sodio a un potencial

de celda de 7 V calculada con el modelo y la comparación con los datos experimentales. Se observa una discrepancia significativa entre ambos conjuntos de datos.

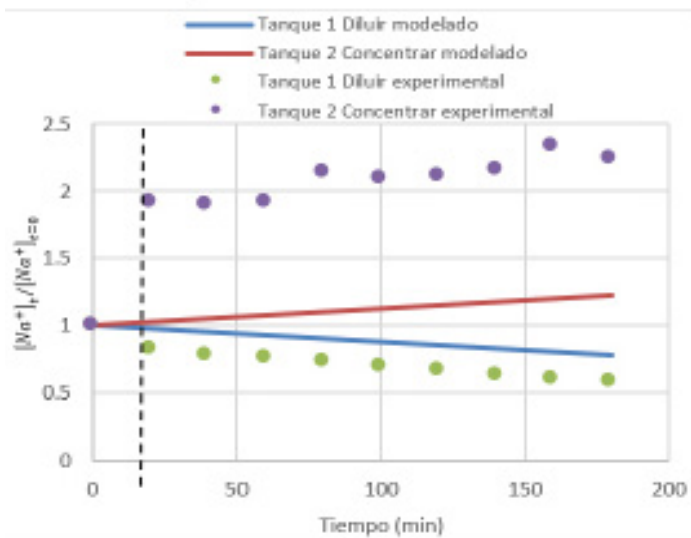


Fig. 4. Gráfica de concentración de Na^+ normalizada experimentalmente y modelado a 7 V.

La concentración experimental normalizada tanto de la solución concentrada y la solución diluida se aleja de las concentraciones obtenidas por modelado. En la figura 4, se observa un crecimiento abrupto en los primeros 20 minutos, aumenta la concentración un 90%, esto es algo que debe corroborarse ya que pudo haber errores experimentales en el momento de medir la concentración de sodio en el espectrómetro de absorción atómica. Sin embargo, considerando las tendencias a partir de los 20 min hasta las tres horas de experimentación, en el tanque 2 (solución a concentrar), se tiene un comportamiento casi lineal con un crecimiento del 33%, mientras que en el tanque 1 (solución a diluir), se tiene una disminución del 24.6%. La diferencia entre el crecimiento de concentración de iones en la solución de concentrado (33%) y la disminución en la solución de diluido (24.6%) pudo ser ocasionada por la sal formada en las zonas estancadas mencionadas anteriormente.

Respecto a la concentración de cloruros normalizada, los resultados del modelo y los experimentales muestran el comportamiento esperado, figura 5. En este caso la diferencia entre los resultados experimentales y el modelado es muy pequeña, por lo que se considera que los resultados experimentales validan los resultados obtenidos con el modelo resuelto en Comsol Multiphysics.

Los resultados experimentales de cloruros en el tanque a concentrar aumentaron en un 28% y en el tanque a diluir disminuyeron un 29%, tomando en cuenta los posibles errores experimentales y que la efectividad de las membranas no es del 100%, se puede considerar que el total de iones

cloruro transferidos corresponden entre ambos tanques, es decir los iones que faltan en un tanque son los que están en el otro. Por otra parte, los porcentajes que disminuyen de cloruros en un tanque e incrementa en el otro, se encuentran dentro de los porcentajes analizados con los iones sodio después de los 20 min de experimentación (33 y 24.6%) lo cual corrobora la rapidez de transporte de ambos iones en las respectivas membranas.

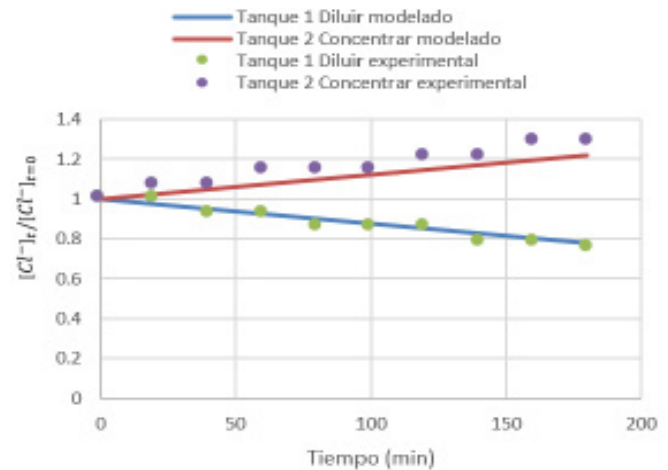


Fig. 5. Gráfica de concentración de Cl^- normalizada experimentalmente y modelado a 7 V.

Conclusiones

Al construir el modelo de celda de electrodiálisis en Comsol Multiphysics se obtuvieron resultados satisfactorios porque para un potencial eléctrico de 7 V los resultados obtenidos concuerdan con los resultados experimentales, es decir, que las ecuaciones gobernantes Navier- Stokes y Nernst- Planck describen favorablemente los fenómenos físicos presentes. De esta manera, los resultados experimentales validan los resultados obtenidos con el modelo resuelto en Comsol Multiphysics. Tanto experimental como en el modelado la conductividad eléctrica presenta un comportamiento linealmente creciente (o decreciente según se trate de la solución del concentrado o del diluido), lo que indica que la transferencia de iones es constante durante todo el proceso.

Agradecimientos

Investigación realizada gracias al fondo sectorial CONACYT-SENER-Sustentabilidad Energética (292862), Desarrollo de Tecnologías de almacenamiento de energía de bajo costo: baterías de flujo y celdas de combustible alcalinas. La sustentante agradece la beca recibida (No. de CVU 1014422).

Investigación realizada gracias al Programa Interno de Apoyo para Proyectos de Investigación PIAP2045.

Referencias

- MAIGROT E., Sabates J., (1889), Apparat zur Liuterung von Zuckersiften mittels Elektrizitit, Germ. Pat. Nr. 50443.
- CASSEL G.E. and Kempe D., (1894), Verfahren: Melasse, Sirop und andere Zuckersungen elektrolytisch zu reinigen, Germ. Pat. Nr. 78972.
- KOLLREPP A. and Wolf A., (1997), Verfahren zur elektrolytischen Reinigung zuckerhaltiger L-Ssungen unter Zusatz leicht angreifbarer Blei- oder, Germ. Pat. Nr. 136670.
- MORSE H.N. and J.A. Pierce, Zinkverbindungen, (1903), Z. Phys. Chem., 45, 589, Germ. Pat. Nr. 136670
- DONNAN EG., (1911), Theory of membrane equilibrium and membrane potential in the presence of non-dialysing electrolytes. A contribution to physical-chemical physiology, Elektrochem. Angewandte Phys. Chem., 17, 572-581.
- MANEGOLD E., Kalauch K., (1939), Filtration, Dialyse, Elektrolyse und ihre Kombinationen, Z. Kolloid 86, 93-101.
- JUDA W., and Mc Rae W. A., (1950), Coherent ion exchange gels and membranes, J. Amer. Chem. Soc., 72, 1044-1053.
- KRESSMAN T.R.E., (1950), Ion exchange resin membranes and resin impregnated filter paper, Nature, 165, 568-574.
- KIM Y, Walker W. S., Lawler D.F., (2002), Competitive separation of divs. mono-valent cations in electrodialysis: Effects of the boundary layer properties, water research, 46, p. 2042-2056.

IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA LA MEDICIÓN DE FUERZA BASADO EN EL EFECTO PIEZORESISTIVO



Andrés Medina Guzmán¹, Christian Manuel Moreno Rocha², Adriana Herazo Pérez³

¹*Departamento de Ciencias Naturales y Exactas, Universidad de la costa CUC, amedina10@cuc.edu.co*

²*Departamento de Energías universidad de la costa CUC, cmoreno7@cuc.edu.co*

³*Departamento de Ciencias Naturales y Exactas Universidad de la costa CUC, aherazo@cuc.edu.co*



Resumen

Un instrumento de medida consiste en una técnica o conjunto de técnicas que permitirán una asignación numérica que cuantifique las manifestaciones de un fenómeno que sea medible. Los instrumentos que se diseñen o implementen para una investigación son considerados herramientas operativas que permiten la recolección de los datos, sin embargo, es importante tener en cuenta que las prácticas de investigación sin una epistemología definida, se convierten en una instrumentalización de las técnicas, por lo que todo instrumento diseñado, sea cual sea, deberá ser una consecuencia de una articulación entre paradigma, epistemología, perspectiva teórica, metodología y técnicas para la recolección y análisis de datos. El uso de sensores de presión de contacto se ha popularizado en diferentes disciplinas de la ingeniería en los últimos años. Se utilizan en la caracterización de llantas para vehículos, rodamientos, túneles de viento, diseño de prótesis, análisis ergonómicos, entre otras áreas. Estos sensores, son diseñados con materiales que poseen ciertas propiedades tales como piezoelectricidad, piezorresistencia y capacitancia variable; sin embargo, la

característica más usada es la piezorresistencia. La implementación de un sistema, medidor de fuerza presentado en esta investigación está conformado básicamente de tres etapas. La primera etapa (etapa censora) está constituida por el sensor piezoresistivo FlexiForce modelo A201, fue él escogido debido a sus múltiples propiedades físicas y de funcionamiento. En la segunda etapa, a través de un circuito divisor de voltaje, se transformó la variación de resistencia del sensor piezoresistivo en una variación de voltaje. Debido a que los voltajes generados por el circuito divisor eran pequeños, se recomendó utilizar un amplificador de instrumentación para amplificar la señal sensada. Por último, la etapa tres abarca todo lo relacionado con la visualización de la medida, para lograr que la medida de fuerza se mostrara en la pantalla de una PC se diseñó un programa, a través del software LabView, que muestra de manera gráfica y numérica el valor obtenido de la medida realizada y su correspondiente unidad.

Palabras claves: Medición de Presión, diseños de instrumentos, equipo de medición, física aplicada.

1. Introducción

El efecto piezoresistivo describe el cambio en la resistividad eléctrica de un material conductor o semiconductor cuando se aplica tensión mecánica. En la actualidad los sensores piezoresistivos tienen una infinidad de aplicaciones, tales como automatización industrial, molduras de compresión, sellos de embalaje, medición de fuerzas en tenazas, paneles táctiles, interruptores On/Of, sistemas de alarmas, y algunas aplicaciones médicas como bomba de insulina, instrumentos quirúrgicos, vendajes, prótesis, pinzas, y entre otros (Smith, 1954). Al realizar una búsqueda detallada de la bibliografía relacionada con el tema se pudo constatar que los sensores piezoresistivos pueden ser utilizados en la construcción de un sistema medidor de fuerza (Pallas, 2003).

Este trabajo presenta una metodología para la implementación de un sistema medidor de fuerza utilizando el efecto piezoresistivo, que permite medir la fuerza que un cuerpo o fluido ejerce sobre una superficie determinada. Inicialmente se habla del efecto piezoresistivo y seguidamente se explica el funcionamiento de los sensores piezoresistivos y cuáles son las ventajas que estos presentan con respecto a otros sensores utilizados en la construcción de sistemas de medidas. Posteriormente se explican cuáles son los pasos para seguir para lograr un buen acondicionamiento de la señal y cuáles son las configuraciones electrónicas recomendadas para la amplificación de señales eléctricas.

Posteriormente se describen cuáles fueron los pasos realizados y los elementos utilizados para la construcción y calibración del medidor de fuerza, describiendo de manera concisa de qué forma se obtuvo la relación entre el voltaje generado por el circuito y la variable a medir, resaltando la importancia de la implementación de este sistema en ámbitos académicos e industriales, logrando la construcción a bajo costo de un equipo con medidas fiables y muy seguramente un gran espectro de aplicación con posibles mejoras.

2. Materiales y métodos.

2.1 Piezoresistividad

La piezoresistividad deriva su nombre de la palabra griega piezin, que significa "presionar". Es un efecto exhibido por diversos materiales que muestran un cambio en la resistividad debido a la presión aplicada. El efecto fue descubierto por Lord Kelvin en 1856, quien señaló que la resistencia de los cables de cobre y hierro aumenta cuando aumenta la tensión. También observó que alambres de hierro mostraban un cambio más grande en la resistencia que los de cobre. La primera aplicación del efecto piezoresistivo consistió en la medida de deformaciones en objetos y no apareció hasta la década de 1930, unos 75 años después del descubrimiento de Lord Kelvin. En lugar de utilizar cables de metal, estos

medidores de deformación (así llamados) se hacen generalmente a partir de una lámina delgada de metal montada sobre una película de respaldo, que se pueden pegar sobre una superficie. Un medidor de deformación de lámina metálica típica se representa en la figura 1 (Ramos, 2009).

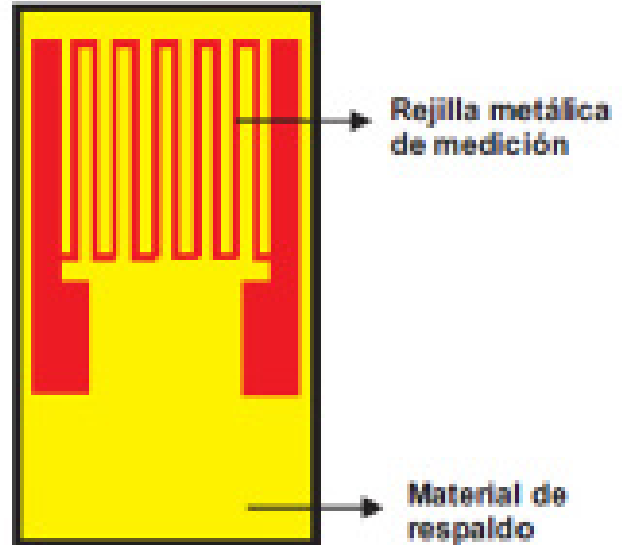


Fig. 1. Ilustración de un medidor de deformación de lámina metálica.

2.2 Sensores piezoresistivos

Los sensores piezoresistivos aprovechan la propiedad de algunos materiales conductores y semiconductores, cuya resistencia cambia cuando se someten a un esfuerzo mecánico (tracción o compresión) que los deforma. Dicho cambio es debido a la variación de la distancia interatómica (en el caso de los metales) y a la variación de la concentración de portadores (en el caso de los semiconductores). La resistencia de los materiales piezoresistivos depende de la temperatura (especialmente en el caso de los semiconductores). El sensor actúa como una resistencia detectora de fuerza en un circuito eléctrico. Cuando el sensor se descarga, su resistencia es muy alta. Cuando se aplica una fuerza al sensor, esta resistencia disminuye. La resistencia puede ser leída por la conexión de un multímetro a los conectores exteriores (Eugen, 2009).

2.2.1 Sensor FlexiForce

El sensor FlexiForce es un circuito impreso ultra-delgado y flexible, que se puede integrar fácilmente en la mayoría de las aplicaciones. Con su construcción fina como el papel, la flexibilidad y la capacidad de medición de la fuerza, el sensor de fuerza FlexiForce puede medir la fuerza entre casi cualquier par de superficies y es lo suficientemente resistente para soportar la mayoría de los entornos. FlexiForce tiene mejores propiedades de detección de fuerza, linealidad, histéresis, deriva, y sensibilidad a la temperatura que los otros sensores de fuerza de película delgada (Hollinger, 2011).

Los sensores se construyen de dos capas de sustrato. Este sustrato se compone de una película de poliéster (o polimida en el caso de los sensores de alta temperatura). En cada capa, se aplica un material conductor (plata), seguido por una capa de tinta sensible a la presión. El adhesivo se utiliza para laminar las dos capas de sustrato entre sí para formar el sensor. El círculo de plata en la parte superior junto con la tinta sensible a la presión define la “zona de detección activa”. Las pistas de conducción también son de Plata y se extienden desde el área de detección hasta los conectores del otro extremo del sensor, ver figura 2.

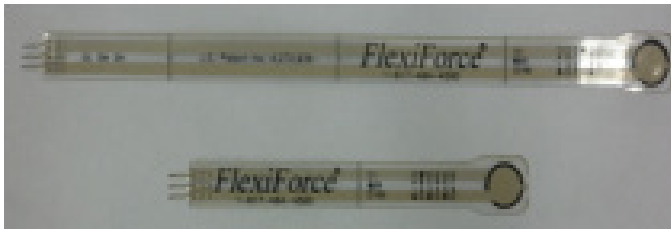


Fig. 2: Sensor FlexiForce modelo A201-25, tiene un rango de sensibilidad de 0 a 11 kgf (0 a 25 lbf).

La zona de detección activa es un círculo colocado en un extremo del sensor que tiene 9,53 mm de diámetro. El conector central es nulo.

El sensor actúa como una resistencia variable en un circuito eléctrico. Cuando se descarga el sensor, su resistencia es muy alta (mayor que 5 Mega-ohmios), cuando se aplica una fuerza al sensor, la resistencia disminuye. El cambio en la resistencia puede verse conectando un ohmímetro a los conectores externos del sensor y suministrarle una fuerza al área activa, ver figura 3. El sensor FlexiForce posee características similares a las celdas de carga y a las galgas extensiométricas (Tekscan, 2020).

El comportamiento típico de un sensor piezoresistivo al aplicarle una fuerza se muestra en la figura 4. Según dicha grafica se observa que conforme aumenta la fuerza aplicada al sensor su resistencia disminuye, es decir, el valor de resistencia es inversamente proporcional a la fuerza aplicada.

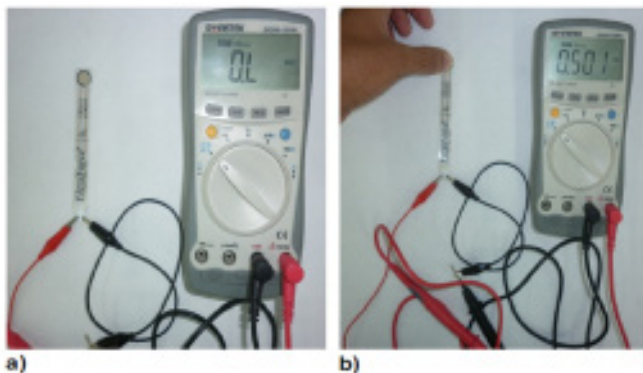


Fig. 3: Prueba realizada por medio de un multímetro.

a) Probando escalas, se encontró que aun en la escala máxima de resistencia (40 Mega-ohmios), el sensor, sin fuerza aplicada, indica un circuito abierto. b) Aplicando presión con el dedo, se obtienen distintos valores de resistencia que disminuyen a medida que se va ejerciendo más fuerza.

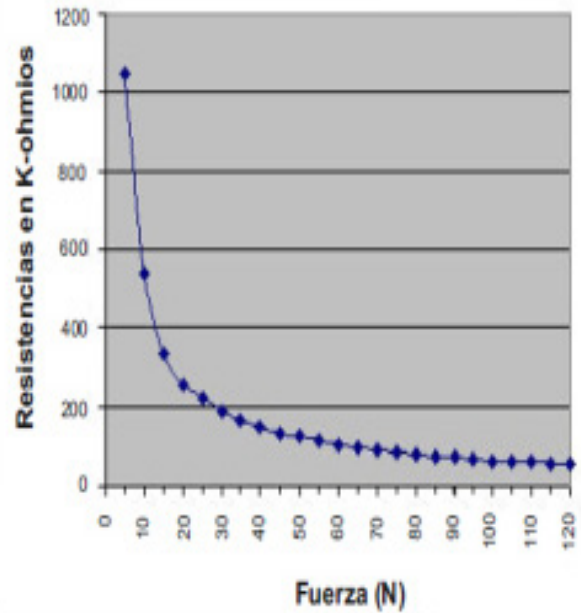


Fig. 4: Grafica típica de resistencia vs fuerza del sensor FlexiForce. Tomada del datasheet.

2.3 Amplificador de instrumentación

La señal de salida que proporciona el sensor no siempre se puede conectar directamente al aparato de medida. Los motivos son variados: ya sea porque la salida del sensor es débil, y será indispensable amplificarla; podría incluir ruido eléctrico que disminuir o eliminar, ser no lineal y requerir su linealización, o por otras razones diversas, es necesario entonces procesar la señal antes de que llegue al instrumento. El amplificador más útil para medición en instrumentación o control es el amplificador de instrumentación. Encontrará al menos uno de ellos en cada unidad de adquisición de datos. Está hecho de tres amplificadores operacionales y siete resistencias, que hacen el circuito en extremo estable y útil cuando es importante la exactitud, ver figura 5.

En la actualidad hay muchos circuitos integrados y versiones modulares disponibles en un solo encapsulado. Desafortunadamente estos encapsulados son relativamente costosos. Pero cuando se requiere rendimiento y precisión, el amplificador de instrumentación bien vale el precio, debido a que su comportamiento no puede igualarse con los amplificadores operacionales promedio (Christian, 2011).

Se puede ver el circuito como un amplificador aislado más un amplificador diferencial básico.

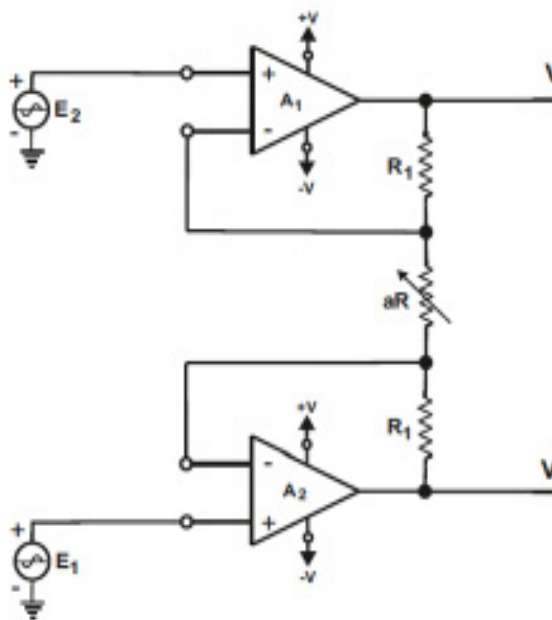


Fig. 5. Amplificador de instrumentación.

El voltaje total de salida V_0 del amplificador de instrumentación será (W. Kester, J. Bryant):

$$V_0 = (E_1 - E_2)(1 + (2R_1/aR)R_3/R_2) \quad (1)$$

Donde la ganancia total del amplificador de instrumentación es:

$$A_0 = V_0 / (E_1 - E_2) = (1 + (2R_1/aR)R_3/R_2) \quad (2)$$

Para el caso en que la resistencia R_3 sea igual a R_2 se tiene que:

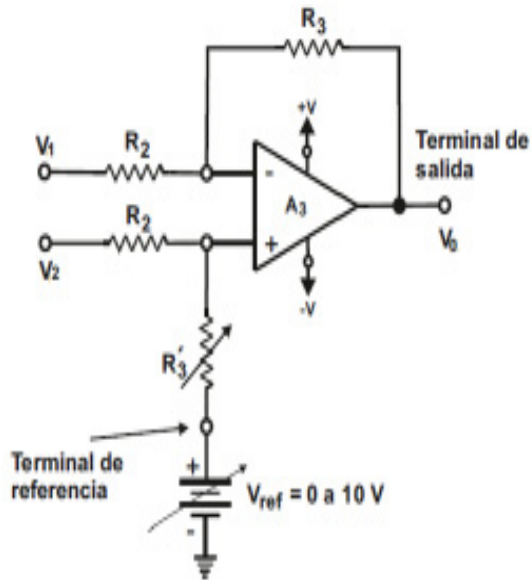
$$V_0 = (E_1 - E_2)(1 + (2R_1/aR)) \quad (3)$$

Y

$$A_0 = V_0 / (E_1 - E_2) = (1 + (2R_1/aR)) \quad (4)$$

Las características del amplificador de instrumentación se pueden resumir de la siguiente forma:

1. La ganancia de voltaje, desde la entrada diferencial ($E_1 - E_2$) a la salida de extremo único, se establece con una resistencia (aR).
2. La resistencia de entrada de ambas entradas es muy alta y no cambia al variar la ganancia.
3. V_0 no depende del voltaje común a E_1 y E_2 (voltaje en modo común), solo en su diferencia.



2.4 Seguidor de voltaje

El seguidor de voltaje se utiliza porque su resistencia de entrada es elevada (del orden de los megohms). Por tanto, extrae una corriente despreciable de la fuente de señal. Por ejemplo en la figura 6 la fuente de señal tiene, en circuito abierto, un voltaje, E_{gen} , de 1 V. La resistencia interna del generador es 90 k Ω . Dado que, por la terminal de entrada del amplificador operacional fluye una corriente mínima, la caída de voltaje a través de R_{int} es 0 V (Rubén, 2011). El voltaje E_i de la fuente de señal es el voltaje de entrada al amplificador y es igual a E_{gen} . Así

$$V_0 = E_i = E_{gen} \quad (5)$$

No se toma corriente de E_{gen} , la terminal de salida del amplificador operacional puede alimentar hasta 5 mA con un voltaje que se mantiene constante a E_{gen} .

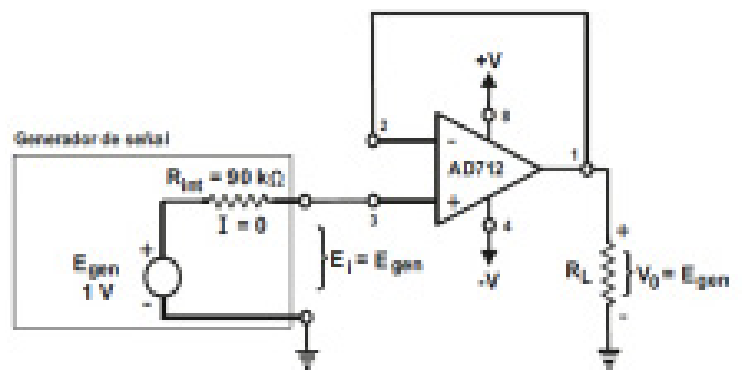


Fig. 6. Efecto de carga en un seguidor de voltaje.

3. Desarrollo experimental

La construcción del medidor de fuerza siguió las etapas mostradas en la figura 7.

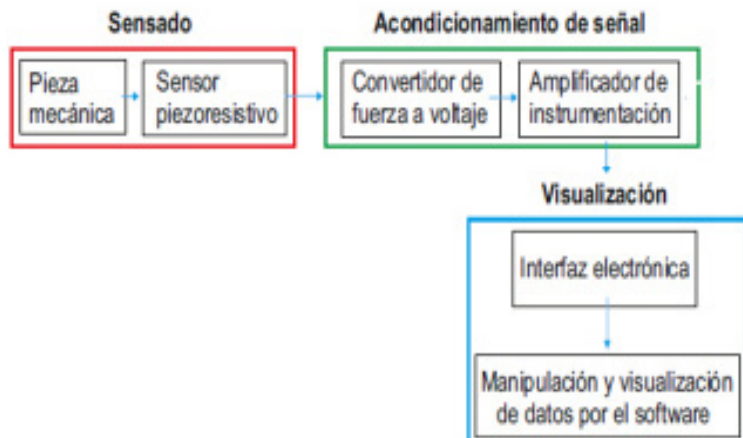


Fig. 7. Diagrama en bloques del medidor de fuerza.

3.1. Sensado

3.1.1. Pieza mecánica

Para un buen funcionamiento del sensor piezoresistivo toda la fuerza aplicada debe concentrarse únicamente en el área activa y siempre en el mismo ángulo, para así obtener el mismo valor de resistencia. Considerando las anteriores indicaciones para el buen funcionamiento del sensor piezoresistivo se procedió a diseñar una pieza mecánica capaz de concentrar toda la fuerza aplicada al sensor en su área activa.

Dicha pieza mecánica consiste en un disco plástico de 9.53 mm de diámetro y de aproximadamente 1 mm de grosor. También se decidió utilizar un pequeño rectángulo plástico (base 25 mm, altura 20 mm y grosor 1 mm) con el objetivo de estabilizar las masas colocadas sobre el área activa del sensor, ver figura 8.

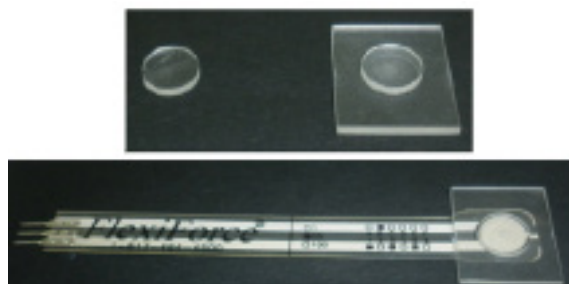


Fig. 8. La función del disco plástico es hacer que toda la fuerza aplicada al sensor se concentre en su área activa y el rectángulo plástico ofrece una mayor estabilidad a los cuerpos colocados encima del disco.

3.1.2. Sensor piezoresistivo

Después de investigar los diferentes sensores piezoresistivos ofrecidos por distintos fabricantes y proveedores se decidió por utilizar finalmente el sensor FlexiForce A201-25 (con rango de sensibilidad de 0 a 25 lb), ver figura 9.



Fig. 9. El modelo A201-25 tiene un rango de sensibilidad de 0 a 25 lb y viene con cuatro diferentes longitudes. Por disponibilidad del proveedor para este trabajo se utilizó un sensor FlexiForce con longitud de 102 mm.

Al igual que todos los sensores piezoresistivos el sensor FlexiForce A201-25 actúa como una resistencia variable dentro de un circuito eléctrico, cuando se descarga el sensor, su resistencia es muy alta (mayor que 5 Mega-ohmios) y cuando se aplica una fuerza al sensor, la resistencia disminuye. El cambio en la resistencia se puede leer mediante la conexión de un multímetro a los conectores externos del sensor.

Los terminales externos del sensor están conformados por tres conectores machos, donde las patas del borde son activas y la pata central es inactiva. Algunas especificaciones básicas del sensor FlexiForce pueden observarse en la Tabla 1.

Sensor FlexiForce Model A201	
Thickness	0.203 mm
Length	197 mm, 152 mm, 102 mm, 51 mm
Detection area	9.53 mm of diameter
Conector	3 pin male
linearity error	≤ 3%
response time	≤ 5us
force ranges	0-1 lbs, 0-25 lb, 0-100 lb
operating temperature	-40°C to 60°C

Tabla 1. Especificaciones físicas y de rendimiento del sensor FlexiForce.

3.2. Acondicionamiento de señal

3.2.1. Convertidor de fuerza a voltaje

Como ya se ha mencionado anteriormente el sensor FlexiForce A201-25 se comporta como una resistencia variable, esta variación de resistencia es inversamente proporcional a la fuerza aplicada, es decir, cuando el sensor es sometido a alguna fuerza su resistencia eléctrica disminuye y cuando está libre de fuerzas su resistencia eléctrica es muy alta.

Teniendo lo primero presente el siguiente paso a dar es el de convertir esta variación de resistencia en una variación de voltaje, considerando que esta variación de voltaje tiene que ser directamente proporcional a la fuerza aplicada al sensor. Esto se consiguió conectando el sensor FlexiForce A201-25 en serie con una resistencia de valor fijo, formando así un circuito divisor de voltaje, ver figura 10.

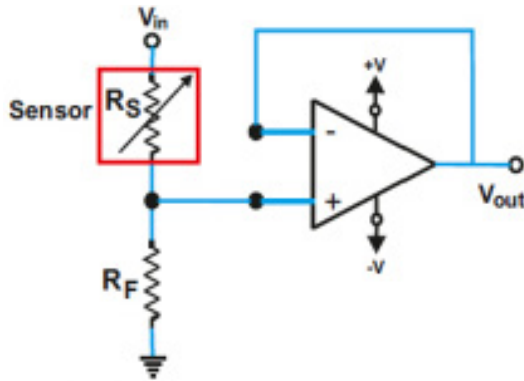


Fig. 10. Circuito divisor de voltaje para el sensor FlexiForce A201-25

El circuito mostrado en la figura 10 brinda una clara conversión de fuerza a voltaje, vemos que el voltaje de salida depende únicamente del cambio en la resistencia del sensor FlexiForce, ya que la resistencia RF tiene un valor fijo. A medida que la resistencia eléctrica del sensor RS sea menor el voltaje sobre la resistencia RF será mayor, el amplificador operacional en configuración de seguidor de voltaje es utilizado para medir el voltaje sobre la resistencia RF. La función del seguidor de voltaje es de servir como aislador, haciendo que no se drene corriente al conectar un multímetro o cualquier otro elemento, consiguiendo así que no se afecte el sistema.

La ecuación para el voltaje de salida del circuito mostrado en la Figura 10 es:

$$V_{out} = \frac{V_{in} R_F}{R_F + R_S} = \frac{V_{in}}{1 + \frac{R_S}{R_F}}$$

El circuito “convertidor de fuerza a voltaje” que finalmente se empleó es el mostrado en la Figura 11. El valor de la resistencia RF (20 k) se escogió de tal forma para que el voltaje de salida tuviera la mejor respuesta lineal y por criterios de diseño, el valor de Vin fue de 5 V (escogido por criterios del fabricante) y el amplificador operacional utilizado fue el AD712JN.

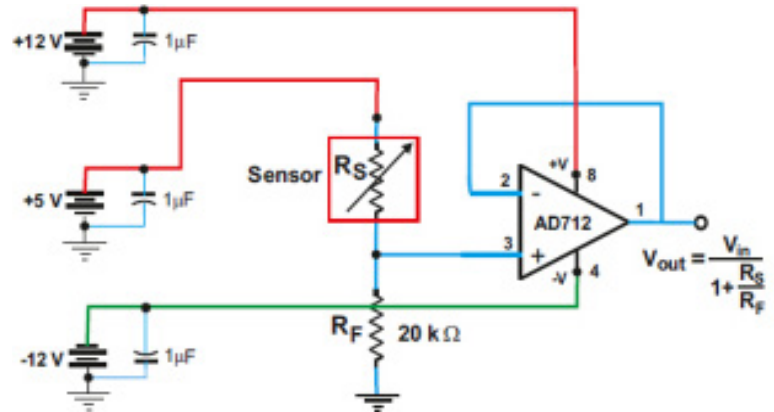


Fig. 11. Circuito convertidor de fuerza a voltaje para el sensor FlexiForce A201-25.

3.2.2. Amplificador de instrumentación

Un amplificador de instrumentación es un circuito con entrada diferencial cuya función principal es amplificar con precisión las señales de muy bajo nivel aplicadas a su entrada. Se escogió este tipo de amplificador ya que es perfecto para hacer acondicionamientos de señales, es muy preciso y puede ser calibrado fácilmente. El amplificador de instrumentación está conformado básicamente por una resistencia variable, 6 resistencias del mismo valor y 3 amplificadores operacionales, cabe mencionar que la ganancia y el voltaje de salida se gradúan únicamente a través de la resistencia variable. En la figura 12 se muestra el circuito que finalmente se utilizó para la construcción del amplificador de instrumentación.

El voltaje de salida del amplificador de instrumentación se proyectó para que tuviera un rango de 0 a ≈10 V (como máximo), esto se hizo con el fin de conectar dicha salida a una tarjeta de adquisición de datos NI USB-6008.

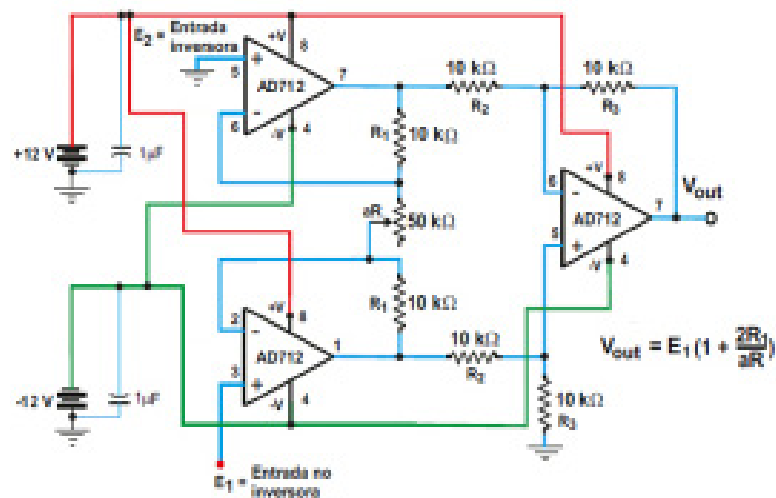


Fig. 12. Amplificador de instrumentación utilizado para el acondicionamiento de señal.

3.3. Visualización

3.3.1. Interfaz electrónica

Como ya se había mencionado anteriormente, en esta etapa se utilizó una tarjeta de adquisición de datos NI USB-6008 con el objetivo de poder conectar el circuito creado en la etapa de acondicionamiento con una PC, ver Figura 13. La NI USB-6008 se utilizó para este proyecto debido a su disponibilidad y además porque es una herramienta muy útil en el campo de la instrumentación electrónica, ya que cumple la función de convertidor análogo-digital y de interfaz acopladora.

NI USB 6008	
single-ended channels	8
different channels	4
resolution	12 bits
sampling rate	10 KS/s
performance	10 KS/s
maximum voltage range	-10 V, 10 V
maximum pressure	138 mV
minimum voltage	-1 V, 1V
minimum pressure	37, 5 mV
internal memory	512 B

Tabla 2. Especificaciones básicas de la NI USB-6008.



Fig. 13. Tarjeta de adquisición de datos NI USB-6008. En la Tabla 2 se muestran algunas especificaciones básicas de la NI USB-6008.

3.2. Visualización de datos.

En esta última etapa se utilizó el software LabView 10 para la visualización de los datos provenientes de la NI USB-6008. Básicamente el software LabView es una herramienta gráfica, esto significa que los programas no se escriben, sino que se dibujan, facilitando su comprensión. Al tener ya pre-diseñados una gran cantidad de bloques, se le facilita al

usuario la creación del proyecto. La principal característica de este software es la facilidad de uso, apropiado para programadores expertos como para personas con poco conocimiento en programación.

Los programas desarrollados mediante LabView se llaman instrumentos virtuales. Porque su aspecto y funcionamiento se parecen a los de un instrumento real. Todos los instrumentos virtuales tienen un panel frontal (interfaz gráfica del instrumento virtual con el usuario) y un diagrama de bloques (código fuente). Las paletas (iconos) contienen las opciones que se emplean para crear y modificar los instrumentos virtuales.

En la figura 14 se muestra el código fuente que se diseñó y finalmente se utilizó para la visualización de los datos.

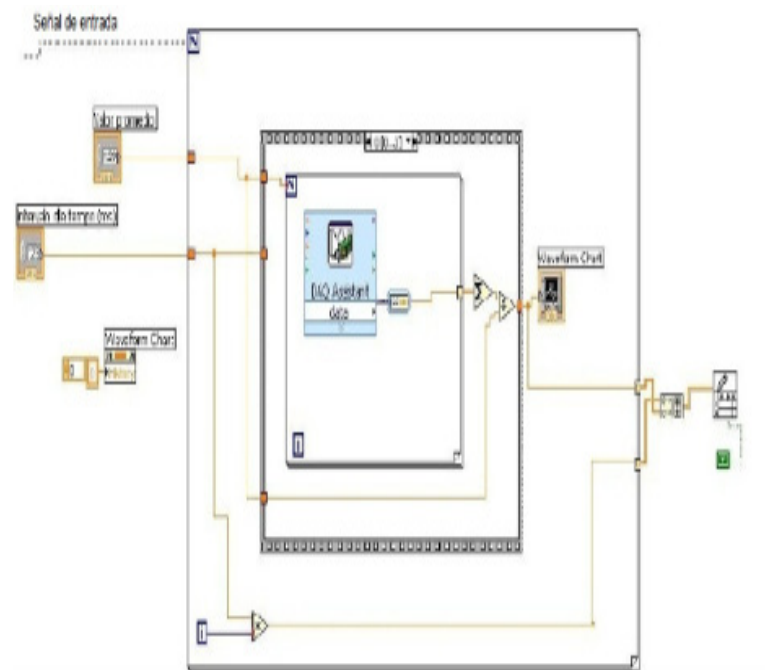


Fig. 14. Código fuente del programa utilizado para la visualización de datos.

4. Toma y análisis de Resultados.

Para la realización y culminación de esta etapa fueron necesarios algunos materiales e instrumentos, los cuales nos sirvieron como herramientas para la calibración y el buen funcionamiento del medidor de fuerza.

La variación de resistencia del sensor piezoresistivo Flexi-Force se logró a través de una serie de objetos con diferente masa, cabe mencionar que la masa de dichos objetos se determinó a través de una balanza digital Premier ed-1035, con rango de medida de 0 a 30 Kg; ver figura 15. Se decidió utilizar esta balanza digital debido a su disponibilidad, ya

que fue recientemente adquirida. Es importante referir, que dichos objetos (masas) se pesaron y fueron colocados sobre el sensor piezoresistivo de tal manera que la única fuerza que los afectara fuera la fuerza de atracción de la tierra (gravedad local), cuyo valor estándar es de $g = 9.80665 \text{ m/s}^2$.



a)



b)

Fig. 15. a) Objetos utilizados para lograr la variación de resistencia del sensor piezoresistivo b) Balanza digital Premier ed-1035.

4.1. Respuesta del sensor FlexiForce

Para cada valor de masa se realizaron diez mediciones de resistencia, cada una con aproximadamente un minuto de diferencia, dicho valor de resistencia fue registrado a través de un multímetro digital GDM-396. Según el fabricante, el peso máximo aplicable al sensor es de 25 lb (11;3398 kg) por lo que se tuvo cuidado de no sobrepasar dicho valor para evitar daños al sensor. Es importante mencionar que el sensor fue colocado sobre una pequeña lámina de fibra de vidrio, esto con el objetivo de garantizar que el sensor estuviese en una superficie totalmente plana al momento de aplicarle el peso (fuerza) sobre el área activa.

A continuación, se muestra la gráfica de Resistencia vs Masa obtenida, ver figura 16. El valor de resistencia mostrado es el promedio de diez mediciones. La masa del rectángulo y disco plástico utilizados para concentrar todo el peso en el área activa del sensor se consideró como despreciable, ya que al estar ambos encima de la balanza digital esta no registraba ninguna lectura.

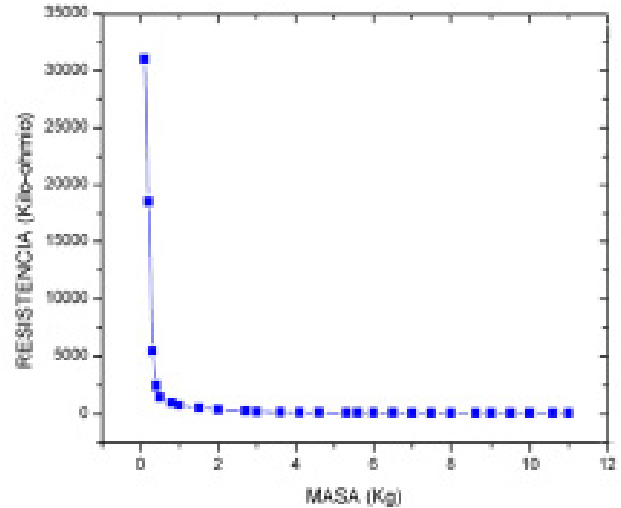


Fig. 16. Gráfica de Resistencia vs Masa obtenida a partir del sensor piezoresistivo FlexiForce A201-25.

Realizando la conversión de masa a fuerza, la gráfica anterior queda de la siguiente forma. Ver figura 17.

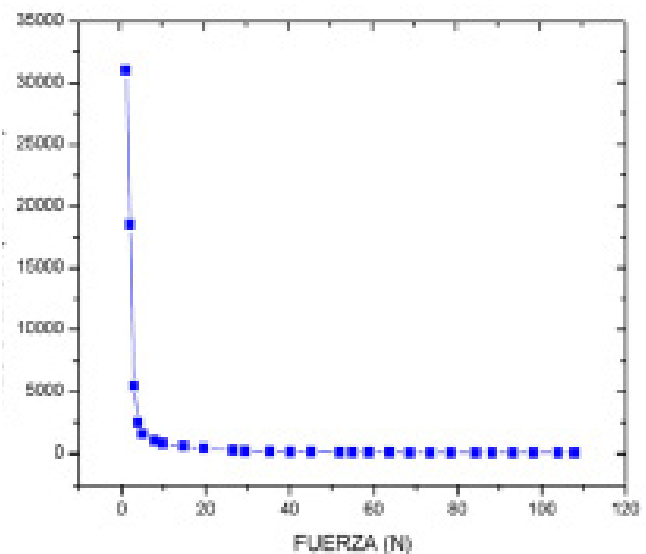


Fig. 17. Gráfica de Resistencia vs Fuerza obtenida a partir del sensor piezoresistivo FlexiForce A201-25.

Al realizar la gráfica de Fuerza vs Conductancia ($1/R$), ver figura 18, se puede observar que la curva presenta una tendencia lineal. El hecho que la conductancia tenga una

relación lineal con la fuerza aplicada al sensor, representa un evento favorable para la construcción del medidor de fuerza, ya que de esta forma se simplifican los pasos a la hora de calibrar el dispositivo.

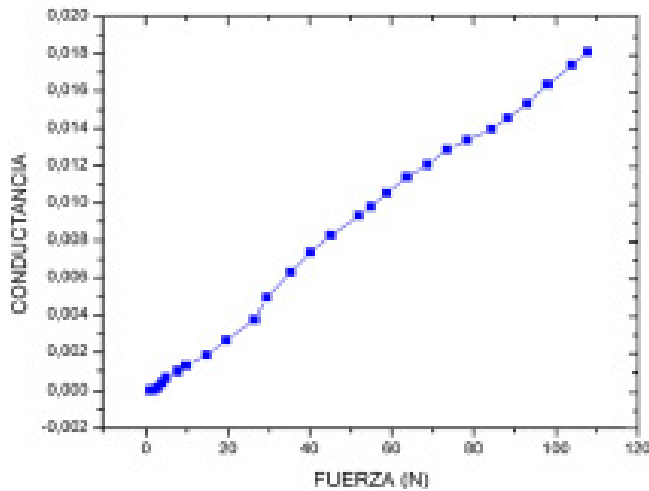


Fig. 18: Gráfica de Conductancia vs Fuerza. Al mirar la gráfica se puede apreciar la tendencia lineal que existe entre la conductancia (1/R) y la fuerza aplicada.

La figura 18 muestra que la conductancia (1/R) tiene un comportamiento lineal, para evaluar este parámetro se realizó una regresión lineal la cual está determinada por la ecuación (7), la cual está basada en el método de mínimos cuadrados.

$$y = a_0 + a_1x \quad (7)$$

Donde

$$a_1 = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \quad (8)$$

$$a_0 = \frac{n \sum x_i^2 \sum y_i - \sum x_i \sum x_i y_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \quad (9)$$

x_i = variable física (fuerza)

y_i = variable medida (resistencia)

n = número de mediciones efectuadas

Al aplicarse esta fórmula se obtuvo como resultado la recta descrita por la ecuación (10), ver Figura 19.

$$y = -1,73403 \cdot 10^{-4} + 1,72101 \cdot 10^{-4} x \quad (10)$$

$$r = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{\sqrt{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \sqrt{n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2}} \quad (11)$$

Para el cálculo del porcentaje de linealidad se utiliza el coeficiente de correlación el cual está dado por la ecuación (11). De la ecuación (11) por lo tanto se desprende una linealidad del 98,675%.

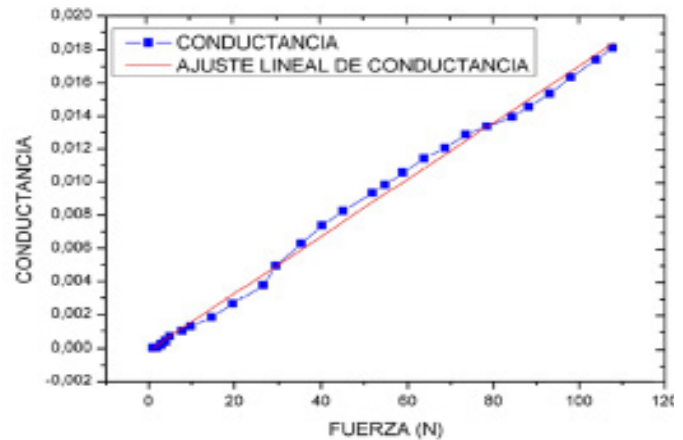


Fig. 19: Ajuste lineal de la gráfica de Conductancia vs Fuerza a partir del método de mínimos cuadrados.

Valores por encima de 111 N causan daños permanentes al sensor.

4.2 Acondicionamiento de señal

4.2.1. Comportamiento del convertidor de fuerza a voltaje

Como ya se ha mencionado anteriormente la conversión de fuerza a voltaje se logró a través del circuito mostrado en la figura 11. Al analizar la ecuación (6) nos damos cuenta que la variación del voltaje de salida depende básicamente del valor R_S (resistencia del sensor), ya que V_{in} (voltaje de alimentación) y R_F (resistencia fija) son constante. Pero el hecho que el voltaje de salida presente un comportamiento lineal también depende del valor de la resistencia R_F .

La figura 20 muestra la gráfica de Voltaje vs Fuerza, de nuestro circuito convertor de fuerza a voltaje, obtenida a partir de diferentes valores de resistencia R_F .

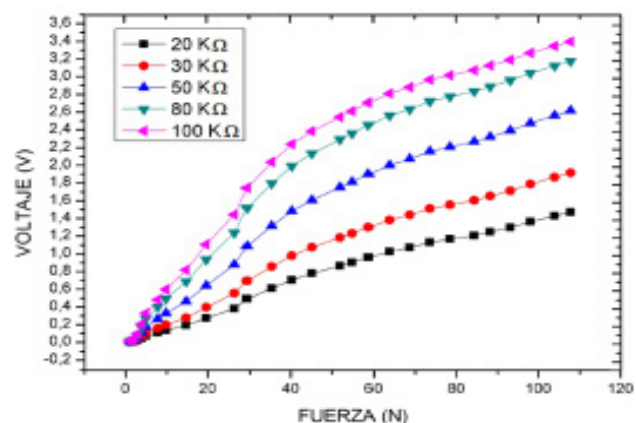


Fig. 20: Voltajes de salida del circuito convertidor de fuerza a voltaje para varios valores de resistencia R_F .

A partir de estos resultados se decidió que el valor de RF fuera de 20 KΩ, ya que con este valor de resistencia el circuito convertidor de fuerza a voltaje presenta una mejor respuesta lineal. Para resistencias por debajo de 20 KΩ se obtienen valores de voltajes muy pequeños, causando indistinguibilidad de una medida con otra y haciendo muy tedioso el trabajo.

4.2.2. Amplificación

Para amplificar la señal eléctrica proveniente del circuito convertidor de fuerza a voltaje se utilizó el amplificador de instrumentación mostrado en la figura 12.

La grafica de Voltaje vs Fuerza que se obtuvo al realizar el acople del circuito convertidor de fuerza a voltaje con el amplificador de instrumentación es la mostrada en la figura 21.

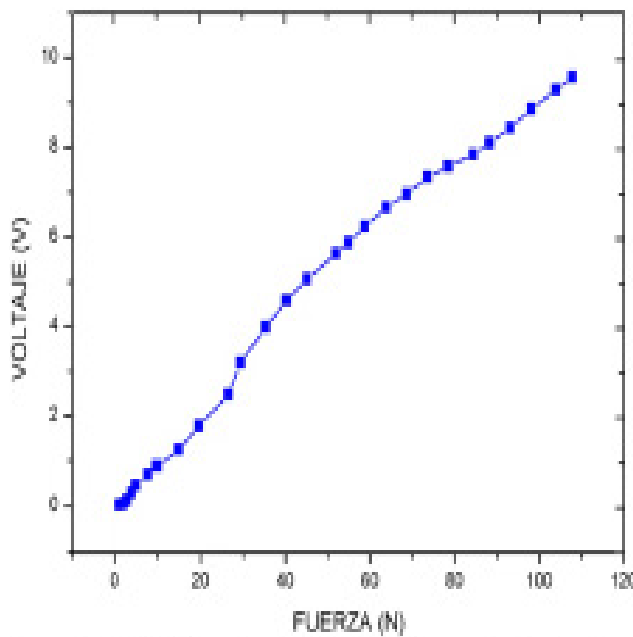


Fig. 21: Voltajes de salida obtenidos en la etapa de acondicionamiento.

4.3. Curva de calibración

Al realizar una regresión lineal (a partir del método de mínimos cuadrados) de los datos presentados en la figura 21 se obtuvo como resultado la recta descrita por la ecuación (12), ver figura 22.

$$V = 0,2081 + 0,092624 \cdot F \quad (12)$$

Donde

V = voltaje de salida.
F = fuerza aplicada.

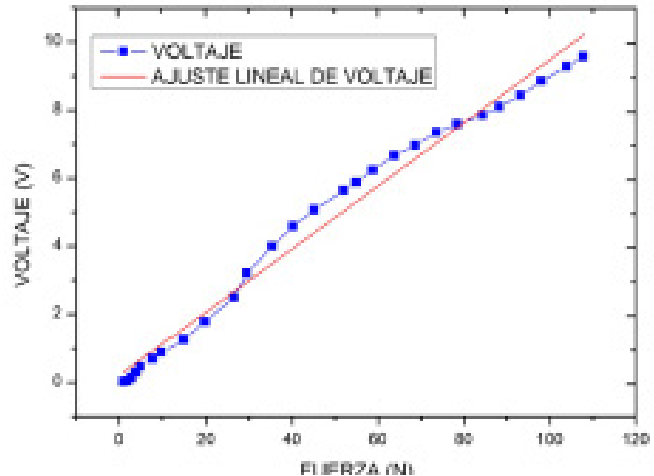


Fig. 22: Ajuste lineal de la gráfica Voltaje vs Fuerza a partir del método de mínimos cuadrados.

La ecuación (12) relaciona la variable medida y la señal generada. Para lograr determinar la magnitud de una fuerza desconocida a partir de la señal eléctrica generada por nuestro sistema de medida (circuito), procedemos a despejar el valor de F de la ecuación (12), ver figura 23.

$$F = 10,79 \cdot V - 2,246 \quad (13)$$

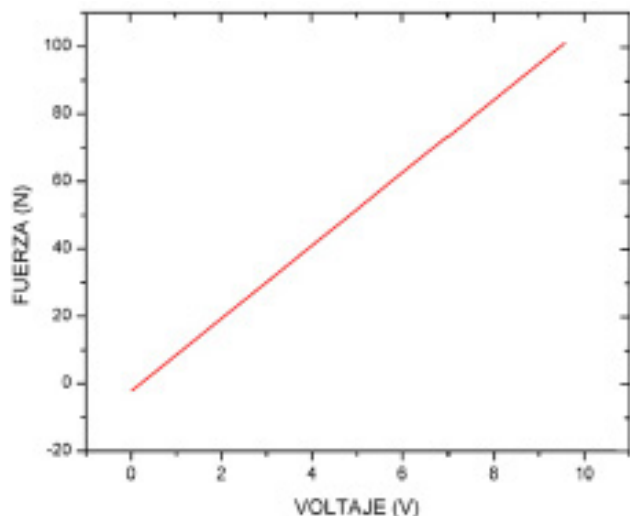


Fig. 23: Recta de calibración obtenida a partir de la ecuación (13).

La ecuación (13) está lista para ser utilizada en la determinación de fuerzas desconocidas que se apliquen sobre el área activa del sensor. El hecho de que pueda haber valores de fuerzas negativas (a causa del intercepto) nos está indicando que los valores en los que $10,79 \cdot V \leq 2,246$ no son confiables, ya que el sistema no está diseñado para medir fuerzas negativas, es decir que se empiezan a obtener valores confiables de fuerzas cuando $10,79 \cdot V > 2,246$.

5. Conclusiones

A partir de la ejecución del trabajo aquí presentado se puede concluir que:

- La utilización de sensores piezoresistivo para la construcción de un sistema medidor de fuerza, presenta ser una buena opción. Debido a que estos poseen una gran ventaja con respecto a otros sensores (capacitivos, piezoeléctricos, resistivos, etc.), tales como: amplio rango de medida, alta capacidad de detección, estabilidad en la señal de salida, fácil acondicionamiento de la señal, poca dependencia de la temperatura externa, su funcionamiento no se ve afectado frente a la presencia de campos eléctricos o magnéticos, entre otros.
- El circuito recomendado por el fabricante del sensor piezoresistivo FlexiForce evidentemente puede ser utilizado para la construcción de un medidor de presión o en su defecto un medidor de fuerza, pero las mediciones efectuadas a partir de este solo podrían dar resultados cualitativos del sistema de medida.
- Debido a que se utilizó una balanza digital Premier ed-1035 para determinar el valor de masa de las pesas utilizadas en la calibración del sistema, las medidas registradas por el medidor de fuerza están sujetas de cierto modo a la veracidad de los datos producidos por la balanza digital.

Referencias

- SMITH, CS, (1954), Efecto de piezorresistencia en germanio y silicio. Phys. Rev. 94, 42.
- PALLAS, R., (2003). Sensores y Acondicionamiento de Señal, cuarta edición, España, ISBN 84-267-1344-0, 60-63
- RAMOS D., (2009), Efecto de la adsorción biológica en la respuesta de resonadores nano-mecánicos, Madrid, ISBN 978-84-692-8462-9, 29-29.
- GASSMANN E., Gries A., (2009), Elektronische Druckmesstechnik, Editorial: Verlag Moderne Industrie, ISBN 978-3-937889-95-5, 8-13.
- HOLLINGER A. y M. M. Wanderley, (2011) Evaluation of Commercial Force-Sensing.
- TEKSCAN Inc. FlexiForce A201, (2020), Standard Force and Load Sensors. Recuperado de: www.tekscan.com.
- CHRISTIAN Q, Oñate J., Arias H. (2011), Instrumentación electrónica aplicada: Prácticas de laboratorio, Universidad del Norte, Barranquilla, Colombia. ISBN 978-958-741-139-3.
- KESTER W., J. Bryant, W. Jung, (2020) Amplifiers for Signal Conditioning.
- CARDENAS-ESPINOZA R. D. (2011) Metrología e Instrumentación, Druck und Books, ISBN 978-3-656-03007-2.



**CIENCIAS DE LA
EDUCACIÓN**

LAS COMPETENCIAS INFORMATIVAS Y TECNOLÓGICAS DE LOS ESTUDIANTES DEL COLEGIO DE BIBLIOTECOLOGIA DE LA UNAM DURANTE EL COVID-19

Angélica Guevara Villanueva¹, Angélica María Rosas Gutiérrez², Brenda Cabral Vargas³

¹Facultad de Filosofía y Letras, UNAM, angelicaguevara@filos.unam.mx

²Facultad de Medicina, UNAM, angiem.unamfm@gmail.com

³Instituto de Investigaciones Bibliotecológicas y de la Información, UNAM, brendacabralvargas@yahoo.com.mx

Resumen

La presente investigación tiene como objetivo general explorar las competencias informativas y tecnológicas presentes durante la contingencia sanitaria en los estudiantes inscritos en el semestre 2020-2 en la modalidad escolarizada de la licenciatura en Bibliotecología y Estudios de la Información que se imparte en la Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad Nacional Autónoma de México. Para llevar a cabo lo anterior se empleó el método exploratorio mediante la implementación de una encuesta y como instrumento para la recolección de los datos se desarrolló un cuestionario semiestructurado. La población participante fue de 190 alumnos de ambos turnos. Algunos de los resultados muestran que los estudiantes utilizaron principalmente el wifi para conectarse a sus clases mediante el uso del teléfono celular, asimismo, evaluaron sus competencias informativas y tecnológicas como “excelentes” y “buenas”, respectivamente, por lo que tuvieron la necesidad de consultar vídeos en YouTube para mejorar sus prácticas con respecto al uso de la tecnología.

Palabras clave: Competencias informativas; Competencias tecnológicas; Estudiantes de licenciatura; Colegio de Bibliotecología

Antecedentes

El COVID-19 ha transformado el sistema educativo mexicano y en el mundo. En esta “nueva normalidad,” los maestros adscritos a un sistema escolarizado -presencial- se han visto en la necesidad de impartir clases sincrónicas y asincrónicas a través de plataformas tecnológicas, utilizar nuevos recursos didácticos y adaptar sus contenidos a una nueva forma de enseñanza. Pero también, ha implicado que tanto los maestros y los alumnos, cuenten con las competencias informativas y tecnológicas que se requieren en esta nueva modalidad emergente de enseñanza-aprendizaje.

Ante este panorama, la presente investigación se desarrolló debido a la necesidad de conocer el escenario que vivieron los estudiantes para dar continuidad a su semestre a distancia de la licenciatura en Bibliotecología y Estudios de la Información inscritos en el sistema escolarizado de la UNAM. La investigación considera que al ser estudiantes de una modalidad de enseñanza presencial en donde las tecnologías juegan un papel no fundamental, sus necesidades personales y requerimientos tecnológicos se han visto transformados y limitados, para aprender en un medio digital derivado de las circunstancias a las que mundialmente nos condujo la propagación del COVID-19.

Así, partiendo de lo anterior, es importante reflexionar sobre lo siguiente ¿Cuáles son los principales desafíos tecnológicos que se presentaron en los alumnos del sistema escolarizado para continuar con sus estudios a distancia? ¿Qué habilidades, conocimientos y aptitudes poseen los alumnos en el uso de la tecnología y en la búsqueda y recuperación de información bajo esta modalidad emergente de enseñanza-aprendizaje?

Objetivos

El objetivo general de la investigación es explorar las competencias informativas y tecnológicas presentes durante la contingencia sanitaria en los estudiantes inscritos en el semestre 2020-2 en la modalidad escolarizada de la licenciatura en Bibliotecología y Estudios de la Información que se imparte en la Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Y, como particular:

- Describir la disponibilidad y uso de la tecnología que tuvieron los estudiantes para asistir a sus clases a distancia y poder realizar sus diversas actividades académicas.

Metodología

Para llevar a cabo el estudio se determinó emplear el método exploratorio. A su vez, fue seleccionada la técnica de la encuesta y como instrumento para la recolección de los datos se desarrolló un cuestionario semiestructurado. El cuestionario se realizó en un formulario de Google integrado por diversas secciones (características demográficas y académicas, disponibilidad y uso de la tecnología y competencias informativas) y se aplicó del 31 de agosto al 26 de septiembre, es decir, al término del semestre.

Población de estudio

De acuerdo con los datos proporcionados en el tercer informe de actividades del año 2020 de la Facultad de Filosofía y Letras de la UNAM, la población de estudiantes en la carrera de Bibliotecología y Estudios de la Información estuvo representada por 307 inscritos bajo la modalidad escolarizada. Pese a este dato, cabe resaltar que esta cifra fue variable debido a que algunos alumnos se dieron de baja temporal durante la pandemia por lo que la cifra última proporcionada por la Coordinación del Colegio de Bibliotecología correspondió a 250 alumnos.

A razón de la población se optó por aplicar una muestra no probabilística con sujetos voluntarios (Hernández et. al., 2010) fundamentado en los siguientes criterios de inclusión:

- Estudiantes del sistema o modalidad escolarizado •Ciclo escolar 2020-2 (4 de mayo al 12 de septiembre) •Estudiantes de los semestres pares (2,4,6 y 8)

- Estudiantes de ambos turnos

- Estudiante de ambos géneros (masculino y femenino)

Resultados y discusión

1. Características demográficas y académicas

Desde un punto de vista demográfico la población encuestada (190 participantes) se caracterizó por tener una edad promedio de 23.72 años, lo que significa un decremento en la baja estadística en los estudiantes adultos para la licenciatura, contrario a lo que puede suceder en otras carreras. Entre los encuestados, la presencia femenina fue mayoritaria (133, 70%), lo que no es de sorprender en esta licenciatura, como menciona Cortes y Dugatto (2011), existen “modelos culturales donde las mujeres se inclinan por profesiones relacionadas con el servicio, lo humanístico, la salud, la educación y [entre ellas], la bibliotecología”. Por otra parte, existen cifras estadísticas que reflejan esta constante desde hace varios años, en la Escuela Nacional de Biblioteconomía y en el Colegio de Bibliotecología de la UNAM (Butrón Yañez y Arreola Navarrete, 2004).

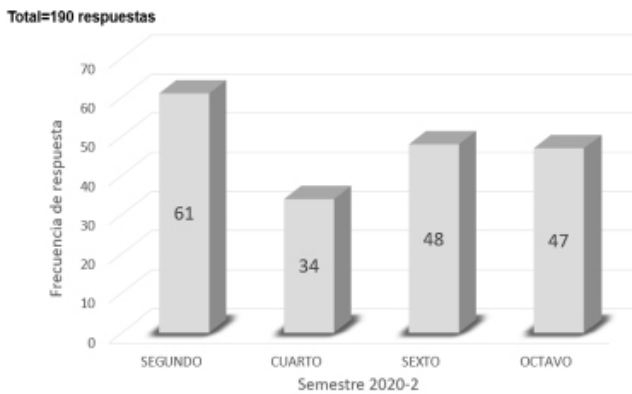
El estado civil de frecuencia predominante fue el “soltero” (167, 87%), este hecho parece indicar que las responsabilidades que implican el matrimonio, los hijos, o una relación de pareja, no forma parte de sus expectativas, quizás porque priorizan sus estudios.

Durante la encuesta se evidenció que la zona de residencia dominante es la Ciudad de México (68%). De las 15 Alcaldías que se identificó la mayor población está distribuida entre Tlalpan (20), Álvaro Obregón (16), Coyoacán (15) e Iztapalapa (15). El resto de los encuestados (48; 25%) se ubicó en 19 municipios del Estado de México, principalmente en Ecatepec de Morelos (7) y Nezahualcóyotl (7). Esto significa que, en la Ciudad de México, se concentra más de la mitad de los estudiantes universitarios en bibliotecología.

La ruptura de la continuidad en las actividades académicas por causa del COVID-19, no sólo provocó que la población estudiantil se mantuviera en sus hogares, sino que regresarán a sus lugar de origen, como lo mostraron los resultados obtenidos, ya que algunos encuestados (50; 26.3%) mencionaron haber regresado a su lugar de procedencia, no solo en las Alcaldías o Municipios del Estado de México, sino también a los estados como Coahuila (2), Guerrero (1), Oaxaca (1), Querétaro (1), Hidalgo (1), Yucatán (1) y Colombia (3), (estos últimos son estudiantes de intercambio académico). En cuanto al perfil académico (véase la Fig. 1) el mayor número de participantes (32%) procedió del segundo semestre.

Cabe mencionar que la encuesta se aplicó en el semestre 2020-2 que corresponde sólo a los semestres pares.

Fig. 1. Distribución de participantes por semestre



El perfil académico de los encuestados, de acuerdo con los resultados, tiende a mostrar que estos cumplen con el avance de créditos señalados en el mapa curricular de su plan de estudios, ya que el 81.1% (154) dijo ser estudiante regular, es decir han acreditado sus asignaturas en tiempo y forma desde su año de ingreso, independientemente del año y semestre en el que se hayan inscrito.

En la licenciatura en cuestión, existen asignaturas obligatorias que se dividen en dos grupos en la mañana y dos grupos en la tarde. Para el caso de este estudio, se observó una preferencia entre los encuestados por el turno matutino (75; 39.5%), a diferencia del turno vespertino (56; 29.5%), sin embargo, algunos participantes mencionaron tomar asignaturas en ambos turnos.

2. Disponibilidad y uso de la tecnología ante la contingencia sanitaria

La pandemia del COVID-19 en nuestro país y el cierre de escuelas por el confinamiento sanitario (Guzmán Gómez, 2020), ha llevado a experimentar “un singular tránsito desde el aula, y los espacios de [estudio como la biblioteca], recreo y descanso, hasta la sala y el comedor de casa” (IISUE, 2020), por ello surge la necesidad por conocer la disponibilidad y uso de la tecnología con la que contaron los encuestados para iniciar y concluir su semestre 2020-2.

Conexión a Internet. Dado que las clases presenciales fueron sustituidas por los estudios en línea, los encuestados mencionaron que principalmente utilizaron una conexión por wifi (98; 51%), sin embargo, hubo quienes complementaron su conexión a internet usando tanto datos móviles como wifi (87; 46%), y curiosamente una mínima parte de los estudiantes se conectó únicamente con datos móviles (5; 3%).

Dispositivos utilizados para tomar clase. Los dispositivos empleados con mayor frecuencia por los participantes para

tomar sus clases en casa o fuera de casa durante la pandemia, fueron: el celular o iPhone y la computadora portátil como se muestra en la Tabla 1. Solo un participante mencionó que el dispositivo lo pudo obtener con poco tiempo.

Tabla 1. Dispositivos utilizados para tomar clase durante la pandemia

Dispositivo	Frecuencia	Porcentaje
Celular o iPhone	143	75.3%
Computadora portátil	122	64.2%
Computadora de escritorio	55	28.9%
Tableta	28	14.7%

Propiedad vs préstamo de dispositivos. De los 190 participantes el 80% (153) reportó que contaba con equipo propio. Sin embargo, de éstos sólo el 38% (68) no compartían su dispositivo con otras personas. Quienes mencionaron que utilizaron un dispositivo prestado, únicamente el 6% (11), no lo compartían con otras personas. Solo una persona mencionó que rentó un equipo y además tenía que compartirlo.

Plataformas utilizadas para tomar las clases a distancia. La UNESCO (2020) elaboró un listado que incluye 60 herramientas tecnológicas y plataformas de apoyo a la educación, de éstas, en la Tabla 2, se observa que la plataforma de comunicación más utilizada entre los estudiantes encuestados fue Zoom. Otras de uso inferior que manifestaron los participantes fueron: Cisco Webex y Skype. Cabe mencionar que los estudiantes también expresaron hacer uso frecuente del correo electrónico (132; 69.5%), el WhatsApp (113; 59.5%) y las redes sociales (72; 37.9%).

Tabla 2. Plataformas de comunicación utilizadas para tomar clases En cuanto a plataformas para aulas virtuales que usaron con

Plataforma	No de participantes	Porcentaje
Zoom	187	98.4%
Google Meet	183	96.3%
Microsoft Team	10	5.3%
GoToMeet	7	3.7%

mayor frecuencia los participantes para tomar sus clases

se identificó que Google Classroom fue la de presentó un porcentaje alto de uso (160; 84.2%) a diferencia de Moodle (30; 15.8%) que refirieron los estudiantes. Esto sugiere que entre los profesores se conoce más las aplicaciones de Google, que Moodle.

Problemas presentes para tomar clases a distancia. El mayor problema de acuerdo con la Tabla 3 fue la conexión a internet. Los participantes de octavo semestre son los que presentaron el porcentaje más alto (31 de un total de 47; 66%). En los participantes ubicados en los municipios del Estado de México fue en donde se identificó más este problema (32 de 48; 66%) a diferencia de la Ciudad de México (78 de 129; 60.46%). Por lo anterior se deduce que la mala calidad de la conexión puede influir en la entrega de sus tareas (Arellano Lobo, 2020) o al tomar clases de manera sincrónica.

Tabla 3. Problemas frecuentes para tomar clases a distancia

Problemas	Frecuencia	Porcentaje
Fallas conexión a internet	118	62.1%
Fallas en equipo	33	17.4%
Limitantes en equipo	13	6.8%
Ninguno	5	5.8%

3. Competencias informativas en el medio digital ante la contingencia sanitaria

Las competencias informativas o informacionales, de acuerdo con Sánchez Díaz (2014) consisten:

En poner en práctica, de forma combinada o integrada, en un contexto y con un contenido determinado (transferible), todos los recursos (habilidades, conocimientos, actitudes) para solucionar con éxito problemas y aprender a aprender, a partir de la interacción efectiva con la información; sin delimitación de tipo, formato y soporte.

Para los intereses de este estudio, se preguntó a los participantes sobre cómo evalúan sus conocimientos, habilidades y aptitudes en la búsqueda y uso de la información durante la contingencia sanitaria en diversas fuentes y/o recursos electrónicos (véase Tabla 4). El 80 % (153) de ellos, en general calificó como “excelente” o “buena” su competencia en la búsqueda y uso de los libros electrónicos. Segmentados por semestre, las mayores respuestas fueron de los alumnos del sexto semestre (41 de 48; 85.4%), seguidos por los de cuarto semestre (28 de 34; 82.35%), segundo

semestre (48 de 61; 78.6%) y finalmente el octavo semestre (36 de 47; 76.56%).

Los recursos interactivos recibieron evaluaciones muy bajas, por segmentación de semestre, los alumnos de cuarto año (23 de 34; 67.64%) fueron los que mayoritariamente emitieron esta calificación, en segundo lugar los encuestados del segundo semestres (28 de 61; 45.90%), y en igualdad de frecuencia los de sexto (21 de 48; 43.75) y octavo semestre (21 de 48; 43.75%)

Tabla 4. Evaluación de competencias en la búsqueda y uso de fuentes y recursos electrónicos

Fuentes/Recursos electrónicos	1	2	3	4	5
Libro	36	117	30	6	1
Revista	27	94	55	7	4
Tesis	52	92	32	9	4
Obras de consulta	25	91	52	16	3
Bases de Datos	28	89	57	14	2
Repositorios	22	79	66	15	7
Recursos interactivos	16	79	59	21	13
Catálogos	35	97	41	9	6

1. Excelente, 2. Bueno, 3. Regular, 4. Malo, 5. No lo sabe

Solo el 23.15% (44) menciona algunos motivos por los cuales consideraron estas competencias como regulares o malas. Segmentados por semestre, los estudiantes inscritos en cuarto semestre fueron los más participativos (10 de 34; 29.41%), sus comentarios versaron sobre el desconocimiento para identificar las fuentes que requieren o que existen como por ejemplo, las bases datos; sobre la búsqueda y recuperación de la información, como son las estrategias de búsqueda y uso de filtros en las búsquedas avanzadas; así como problemas para identificar sus necesidades de información o las fuentes confiables, y por último afirmaron la necesidad de implementar cursos de alfabetización informacional.

Por otra parte, el 85% (62) de los participantes buscó materiales adicionales a los recomendados por el profesor, con la finalidad de complementar y fortalecer su aprendizaje. El formato digital fue el más utilizado (123,74.1%), aunque también algunos participantes indicaron que buscaron tanto

en formato digital como impreso (39, 23.5%), y curiosamente sólo 4 (2.4%) estudiantes indicaron que buscaron materiales impresos.

El 62% (118) de los estudiantes respondió afirmativamente a la necesidad de tener que aprender el uso de herramientas digitales para la realización de las actividades derivadas de las clases a distancias. Sin embargo, sólo el 31.5% mencionó cuales fueron las herramientas que tuvieron que aprender a utilizar. Segmentados por semestre, fueron los de sexto y octavo semestre (25.26%) los más participativos. De sus respuestas se identificó una variedad de herramientas, que se citan a continuación:

- Edición de imágenes y diagramas de diverso tipo: Canva, GoCongr, LucidChart, miMind, Creately, XMind, Story Maps y Paint, con las cuales realizaron diagramas de flujo, líneas de tiempo, mapas mentales e infografías, entre otros.

- Videos y presentaciones: Loom, Moovly, Explaindio; Powtoon, Filmora y Prezzi

- Creación de páginas web: Google Sites y Wix

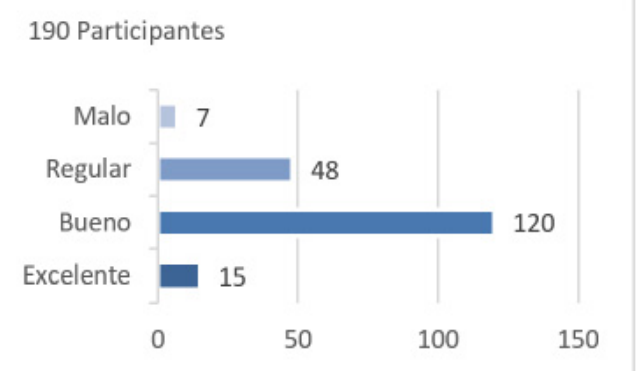
- Herramientas que apoyan elaboración de instrumentos didácticos y de evaluación: Kahoot, Educaplay y Schoology
- Gestores de libros electrónicos y edición de metadatos como Calibre y MARCedit

- Trabajo colaborativo a través de Google Documents y Slideshare

- Otras como Google Drive para el almacenamiento de archivos, People Art Factory para exposiciones virtuales y Wunderlist para la organización de tareas (descontinuada)

El 88% (168) calificó sus conocimientos, habilidades y aptitudes en el uso de la tecnología ante la contingencia sanitaria como “Buena” y “Regular” (véase Fig. 2).

Fig. 2. Evaluación de las competencias en el uso de la tecnología La necesidad de mejorar el aprendizaje en el uso de los



recursos informativos y las herramientas tecnológicas para

tomar las clases a distancia o realizar las actividades escolares, condujo a los participantes a consultar principalmente videos en YouTube (véase Tabla 5) De estos, participo un mayor número de mujeres (58; 78.66%), quienes principalmente estuvieron inscritas en el segundo semestre (18; 30.5%).

Tabla 5. Fuentes para mejorar el uso de los recursos informativos y las herramientas tecnológicas

Fuentes de consulta	Participantes	Porcentaje
Videos de YouTube	75	39.5%
Compañeros de clase	45	23.7%
Recomendaciones del profesor	23	12.1%
Familiares, compañeros de trabajo o amistades	17	8.9%
Cursos adicionales	14	7.4%
Otros	16	8.4%

Por su parte, los encuestados que seleccionaron en su respuesta “otro”, en su mayoría fueron mujeres (68.75%). Algunas respuestas reflejaron que los estudiantes tienen que consultar más de una fuente para resolver sus dudas, como se muestra en las siguientes expresiones:

- Realicé una prueba y error
- Me basé en lo que ya sabía y en lo que algunos profesores comentaron en sus clases
- Consulté a compañero y los videos de YouTube
- Experimentando por mi cuenta
- Consulté a mis compañeros de clase y a mis profesores y me dieron recomendaciones, consulté videos en YouTube y tuve apoyo familiar

Conclusiones

Los resultados obtenidos permiten concluir los siguientes aspectos:

- . La edad de los estudiantes fluctúa entre los 20 y 24 años de edad, predominando el género femenino y su estado civil soltero(a).
- . La zona en donde vive la mayor población de estudiantes se localiza en las alcaldías Tlalpan, Álvaro Obregón, Coyoacán

e Iztapalapa.

. Los alumnos de segundo semestre fueron quienes accedieron en gran medida a participar de manera voluntaria en la investigación, asimismo, afirmaron ser alumnos regulares inscritos en el turno matutino.

. Para asistir a sus clases a distancia wifi fue la conexión principal que emplearon mediante el uso del teléfono celular seguido, de la computadora portátil.

. La mayoría tuvo un dispositivo tecnológico propio, sin embargo, hubo quienes manifestaron utilizar equipo prestado.

. Zoom y Google Classroom son la plataforma de comunicación y aula virtual respectivamente más requeridas para tomar sus clases a distancia.

. El problema más frecuente que se presentó para continuar con sus clases a distancia fue las fallas de conexión a internet.

. Sus conocimientos, habilidades y aptitudes en la búsqueda y uso de la información en diversas fuentes y recursos de información revelo que un porcentaje mayor evaluó como “excelente” y “bueno” sus competencias al buscar y hacer uso de los libros electrónicos, seguido de las tesis electrónicas, pero no así, al emplear los recursos interactivos en donde se mostró que sus competencias fueron “bajas”.

. Una gran mayoría de estudiantes manifestó la inquietud por indagar otros materiales que reforzarán y complementarán su aprendizaje.

Tuvieron la necesidad de aprender el uso de diversas herramientas que les permitieran editar imágenes y diagramas, elaborar vídeos y presentaciones, crear páginas web e instrumentos didácticos y de evaluación, entre otros.

. Sus competencias al hacer uso de la tecnología fueron calificadas como “buenas” y “regular.”

. Para mejorar sus competencias tecnológicas y en el uso de las fuentes y recursos, principalmente, recurrieron a consultar vídeos en YouTube.

Agradecimientos

Agradecemos a la Coordinación de la Licenciatura en Bibliotecología, a los profesores que difundieron el cuestionario y a los alumnos que de manera voluntaria participaron en la investigación.

Referencias

- ARELLANO Lobo, J.A. (2020). Porcentaje de estudiantes que cumplen tareas en clases virtuales y barreras enfrentadas en el proceso. En: Experiencia de la docencia universitaria en tiempos del COVID-19. 1ª ed. Universidad Autónoma Gabriel René Moreno.
- BUTRÓN Yáñez, K; Arriola Navarrete, O. (2004). Nadando a contracorriente: el papel de las mujeres mexicanas en la bibliotecología. En XXXV Jornadas Mexicanas de Biblioteconomía, Cancún (Mexico), 11-14 May 2004. [Conference paper].
- CORTÉS, M. B; Dugatto, V.P. (2011). Estereotipos del profesional bibliotecólogo/a en la Universidad Nacional de Córdoba, 2009. Actas de las 2ª Jornadas de Intercambios y Reflexiones acerca de la Investigación en Bibliotecología, http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/trab_eventos/ev.913/ev.913.pdf
- GUZMÁN Gómez, C. (2020). Daños y saldos de la pandemia por covid-19 en escuelas vulnerables: el caso de los Telebachilleratos Comunitarios en México. Disponible en: <http://www.comie.org.mx/v5/sitio/>
- HERNÁNDEZ, S. R., Fernández, C. C., Baptista, L. Ma. del P. (2010). Metodología de la investigación. 5ª ed. McGraw-Hill.
- IISUE. (2020). Educación y pandemia. Una visión académica, UNAM. https://www.iisue.unam.mx/investigacion/textos/educacion_pandemia.pdf
- LINARES, S. J. E. (2020). Tercer informe de actividades 2019-2020. Facultad de Filosofía y Letras, UNAM. http://www.filos.unam.mx/wp-content/uploads/2020/06/Tercer_Informe_de_Actividades_FFyL_2019_2020.pdf
- SÁNCHEZ Díaz, M. (2014). Diagnóstico de las competencias informacionales en Ciencias de la Información desde la percepción del estudiante de la Universidad de la Habana. Investigación Bibliotecológica, 29, 67, 201-218. doi.org/10.1016/j.ibbai.2016.02.042
- UNESCO (2020). Distance learning solutions, UNESCO, Marzo 2020, Acceso en <https://en.unesco.org/themes/education-emergencies/coronavirus-schoolclosures/solutions>

EL LABORATORIO DE BIOQUÍMICA, DE LA UNIVERSIDAD A LA CASA DURANTE EL COVID-19: SEPARANDO PIGMENTOS DE ESPINACA POR CROMATOGRAFÍA SIN MORIR EN EL INTENTO

Tais Nopal Guerrero

Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Autónoma de México, biotais@hotmail.com

Resumen

La contingencia que inició en Marzo por la propagación del virus SARS-CoV-2 y que posteriormente se extendió, generó la necesidad de adaptar las prácticas del laboratorio de Bioquímica General para las carreras LBD y LF impartidas en nuestra Facultad para que pudieran realizarse en casa de manera sencilla utilizando material de fácil acceso obteniendo excelentes resultados. El objetivo de este trabajo es dar a conocer la forma en que el profesorado ha tratado de minimizar el impacto generado por utilizar la modalidad en línea en el desarrollo de la parte experimental de asignaturas teórico-prácticas. Prácticas como la No. 3: Técnicas cromatográficas del curso, se adaptaron a un micrométodo utilizando materiales como espinacas, azúcar, alcohol, acetona de uñas, botella de PET, entre otros; pudiendo separar de manera eficiente 4 - 5 pigmentos de espinaca por técnicas cromatográficas como la de papel, en columna y utilizando el gis como una fase estacionaria.

Palabras clave: pigmentos fotosintéticos, cromatografía, separación, adsorción, reparto, clorofila, carotenos

Antecedentes

Debido a la contingencia derivada por la pandemia del virus SARS-CoV-2 en México y que se ha extendido hasta la fecha, se tuvo que buscar alternativas para la enseñanza de la parte experimental de la asignatura Bioquímica General impartida a la Licenciatura en Bioquímica Diagnóstica (LBD) y Licenciado en Farmacia (LF).

El primer reto que se presentó fue ¿cómo generar en el alumno que está resguardado en casa el mismo aprendizaje obtenido en el laboratorio?

Difícil de resolver esta disyuntiva cuando sabemos que en casa el alumno no cuenta con material de laboratorio, reactivos y muestras para trabajar y reproducir las prácticas realizadas en la universidad y generar el aprendizaje esperado.

Anteriormente se han realizado separaciones cromatográficas de éstos pigmentos de forma casera y evidencia de ello son los videos que podemos encontrar a You Tube y los documentos registrados en la red (<https://www.dequimica.info/separacion-pigmentos-hoja-espinaca/>. http://www.quimica2011.es/sites/default/files/cromatografia_color.pdf). Sin embargo la mayoría de éstos trabajos son de cromatografía realizada en papel, nuestro interés era que los alumnos manejan

diferentes tipos de cromatografía para que comprendieran los fenómenos fisicoquímicos que se llevan a cabo en cada una y que permiten la separación de componentes de una muestra biológica y magnificaran la importancia de comprender éstas técnicas importantes en el ámbito bioquímico.

Basándonos en la Práctica de Técnicas Cromatográficas del manual de Bioquímica General que utilizamos para el laboratorio de la misma asignatura, la información encontrada en la red relacionada con el tema para realizar prácticas en ambientes fuera de los laboratorios universitarios y nuestra experiencia en la realización de la técnica se diseñó una práctica donde se realizó la separación de pigmentos de espinacas en cromatografía en papel sustituyendo el papel filtro con papel de una hoja bond, cromatografía en columna utilizando como fase estacionaria azúcar y cromatografía en gis que funcionó como un análogo de la cromatografía en capa fina.

La extracción de los pigmentos se realizó utilizando alcohol del 70° el cual el alumno pudo conseguir en una farmacia. Posteriormente la separación se realizó con una mezcla de etanol: acetona (la acetona utilizada fue acetona para uñas), mezcla de solventes elegido por el tipo de polaridad que presentan y que permitirían la separación de los carotenos, xantofila, clorofila a y clorofila b pigmentos que queríamos separar de la muestra elegida. Además, se ajustaron los volúmenes a utilizar de los reactivos para disminuir al máximo el uso de los mismos con la finalidad de generar lo menos posible desechos. Los resultados obtenidos en la experimentación concordaron con lo especulado teóricamente con respecto al orden y la cantidad de pigmentos obtenidos (Torossi, 2007) utilizando estas técnicas adaptadas para poder realizarse con material de recicle y de forma sencilla por los alumnos aún sin tener la asistencia del profesor de manera directa.

Objetivo(s)

Que el alumno comprenda el fundamento y la utilidad de la cromatografía como herramienta bioquímica de separación al realizar la separación de pigmentos de espinaca mediante diferentes técnicas cromatográficas adaptadas para poder realizarlas en casa utilizando material y reactivos de fácil acceso y económicos.

Identificar los diferentes fenómenos físico-químicos que permiten la separación de componentes de un extracto de espinaca utilizando diferentes tipos de cromatografía.

Parte experimental

Un aspecto interesante e importante de la adaptación de las técnicas cromatográficas fue el de disminuir al máximo el volumen de reactivos utilizados, ya que siendo realizadas en el ambiente del hogar es necesario generar desechos químicos al mínimo.

Reactivos

Extracción de pigmentos de espinaca
30 ml Alcohol etílico desnaturalizado 70° G.L.

Cromatografía en papel
5 ml Alcohol etílico desnaturalizado 70° G.L.
5 ml acetona para uñas sin color

Cromatografía en gis
2.5 ml Alcohol etílico desnaturalizado 70° G.L.
2.5 ml acetona para uñas sin color

Cromatografía en columna
15 ml Alcohol etílico desnaturalizado 70° G.L.
15 ml acetona para uñas sin color

Material

Extracción de pigmentos de espinaca

Biológico

3 hojas grandes de espinaca. Lavadas y sin la vena central

No Biológico

1 procesador moulinex o 1 molcajete

1 recipiente para la maceración de la espinaca

1 coladera pequeña o gasa o manta de cielo

1 jeringa de 20 ml

1 jeringa de 10 ml

1 jeringa de 5 ml

1 frasco de vidrio con tapa

1 marcador permanente

Cromatografía en papel

Material Biológico

Extracto de espinaca

Material no biológico

1 hoja bond blanca tamaño carta

1 regla

1 lápiz

1 palillo de comida china o 1 lápiz

Diurex

1 jeringa de 10 ml

1 jeringa de 5 ml

1 vaso de vidrio largo

1 marcador permanente

1 pedazo de papel aluminio (tamaño suficiente para tapar la boca del vaso de vidrio)

Cromatografía en gis

Material Biológico

Extracto de espinaca

Material no biológico

1 gis blanco (no encerado)

1 regla

1 lápiz

1 jeringa de 5 ml

1 recipiente de vidrio (no alto) para realizar la cromatografía

1 marcador permanente

Cromatografía en columna

Material Biológico

0.5 ml Extracto de espinaca

Material no biológico

1 filtro de papel de cafetera o algodón

2 cucharadas soperas de azúcar o 20 g

1 moneda de 1 peso para cortar el papel para colocar en la jeringa de 20 ml

1 cono para huevo de plástico

1 frasco o vaso para la mezcla de solventes

1 cuadro de papel aluminio para tapar el frasco o vaso

1 lápiz

Tijeras

1 círculo de cartón del diámetro de la botella de PET (revisa tamaño)

1 jeringa de 20 ml

1 jeringa de 10 ml

1 botella de PET (en el video se utilizó de Fuze Tea de 600 ml)

1 cuchillo o bisturí o cutter para recortar la botella de PET como se muestra en el video

1 marcador permanente

Diseño experimental

La metodología para realizar la cromatografía en papel es más que conocida y realizada en ambientes donde no hay un laboratorio, sin embargo, uno de los primeros desafíos para realizar ésta técnica es contar con papel filtro para realizarla. Debido a lo anterior se probó con papel periódico y con papel bond, siendo el último la mejor opción. En el caso de la cromatografía en columna el desafío al que nos enfrentamos era como implementar un sistema que detuviera el dispositivo que fungía como columna (jeringa) para poder realizar la separación y al mismo tiempo poder ir agregando la mezcla de reactivos y obtener las fracciones de separación. Por lo anterior se diseñó el siguiente dispositivo (Fig. 1) con una botella de plástico de refresco, un círculo de cartón y una jeringa. La botella se recortó como se observa en fotografía con ayuda de un cutter, posteriormente se va a colocar un disco de cartón para sostener los recipientes donde se recolectarán las fracciones obtenidas en la separación de los pigmentos de espinaca.

Para poder realizar la recolección de las fracciones obtenidas de la columna cromatográfica y a falta de tubos de ensaye,

se cortó un cono de plástico para huevo de tal manera que se obtuvieran pequeños dispositivos para recolectar dichas fracciones (fig 2)



Fig 1. Dispositivo diseñado para realizar la cromatografía por columna



Fig 2. Recipientes para recolectar las fracciones obtenidas en columna cromatográfica

La extracción de los pigmentos se realizó con etanol conseguido en la farmacia y los solventes para el corrimiento de las cromatografías que fue una mezcla de etanol-acetona se pudo preparar utilizando acetona para uñas.

Resultados y discusión

De los tipos de cromatografía donde se utiliza una fase estacionaria sólida se deriva la cromatografía en columna y la cromatografía en capa delgada donde el fenómeno que da paso a la separación de pigmentos es la adsorción (Furuken, 2006) en este caso la técnica utilizada para emular la cromatografía en capa fina es la realizada en el gis, entre los componentes del gis encontramos $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ y CaCO_3 (Meizoso y López, 2004) los cuales se consideran tienen un buen

poder adsorbente (Furuken, 2006). Para la cromatografía en columna la fase estacionaria sólida utilizada fue el azúcar la cuál ya se usaba en nuestro laboratorio con anterioridad. Para la cromatografía en papel al no contar con el papel filtro se hizo uso del papel bond, ésta última pertenece al tipo de cromatografía de partición ya que ambas fases son líquidas.

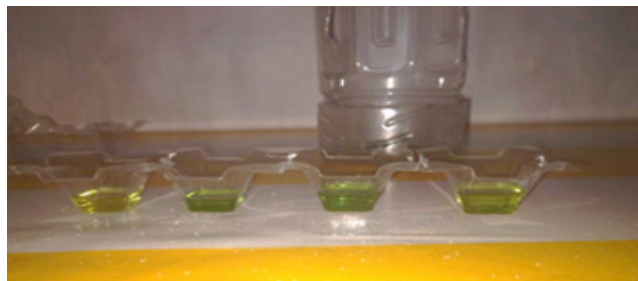
La separación de los pigmentos de espinaca pudo realizarse de manera exitosa ya que se utilizó un eluyente conformado con solventes de baja polaridad como lo son el etanol y la acetona y se observó la presencia de 4 tipos diferentes de pigmentos los cuales pudieron identificarse por los colores reportados (Torossi, 2007), carotenos, xantofilas, clorofila a y clorofila b (tabla 1).

Disolvente Etanol:acetona (1:1)		
Pigmentos	Color obtenido	Distribución
Carotenos	Amarillo naranja	Frente del solvente (4)
Xantofilas	Amarillo	(3)
Clorofila a	Verde azulado	(2)
Clorofila b	Verde amarillo	Punto aplicación (1)

Tabla 1. Pigmentos separados del extracto de espinaca y sus características



Fig. 3. Cromatografía en gis y en papel



Conclusiones

La adaptación de las técnicas de cromatográficas para realizarlas en casa fue exitosa ya que se obtuvieron los pigmentos reportados y en el orden de separación habituales. Los alumnos pudieron entender que diferentes fenómenos físico-químicos se presentan en los diferentes tipos de fases estacionarias y pudieron diferenciarlas en cromatografía de adsorción y de reparto.

Se logró usar un volumen mucho menor de solvente en las tres técnicas ya que en las prácticas en el laboratorio oscila entre 100 y 300 ml, mientras que en ésta adaptación el uso de solventes fue como máximo 50 ml.

Logramos rebasar las barreras de la distancia en la enseñanza de la bioquímica hacia los alumnos ya que les pareció una práctica interesante y aprendieron los conceptos básicos.

Referencias

- ¹FURUKEN, M. (2006). Cromatografía- Equilibrios de Absorción y Partición. Obtenido de http://www.geocities.ws/ttmodulo2/08_Cromatografia_Apunte_2006.pdf
- ²MEIZOSO, M. y López, A. (2004) Resistencia a flexión y porosidad de la tiza. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/238793138_RESISTENCIA_A_FLEXION_Y_POROSIDAD_DE_LA_TIZA
- ³TOROSI, D. (2007) Una experiencia sencilla con fundamentos complejos: la separación de pigmentos fotosintéticos mediante cromatografía sobre papel. Aula y Laboratorio de Química. p 45
- ⁴<https://www.bing.com/videos/search?q=separaci%C3%B3n+de+pigmentos+de+espinaca&view=detail&mid=A2053E8D4AF9C1FF583FA2053E8D4AF9C1FF583F&FORM=VRD-GAR&ru=%2FVIDEOS%2FSEARCH%3FQ%3DSEPARACI%25C3%25B3N%2BDE%2BPIGMENTOS%2BDE%2BESPINACA%26%26FORM%3DVIDV-VXX>
- ⁵<https://www.bing.com/videos/search?q=separaci%C3%B3n+de+pigmentos+de+espinaca&ru=%2FVIDEOS%2FSEARCH%3FQ%3DSEPARACI%25C3%25B3N%2BDE%2BPIGMENTOS%2BDE%2BESPINACA%26%26FORM%3DVIDV-VVXX&view=detail&mid=8DA89FF77F48C5ECE8A88DA89FF77F48C5ECE8A8&rvsmid=A2053E8D4AF9C1FF583FA2053E8D4AF9C1FF583F&FORM=VDQVAP>

SECUENCIA DIDÁCTICA PARA LA ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DE LAS PROPIEDADES FISCOQUÍMICAS DEL AGUA EN EL NIVEL MEDIO SUPERIOR

Araceli Araujo-Martínez, Adolfo Obaya, Guadalupe I. Vargas Rodríguez, Carlos Montaña-Osorio, Yolanda Marina Vargas-Rodríguez

MADEMS-Química, 1Departamento de Ciencias Químicas, Campo 1, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM. Av. 1o de Mayo s/n, Sta. Ma. Las Torres, Cuautitlán Izcalli 54740, Estado de México, México. ymvargas@unam.mx.

Resumen

Debido a la dificultad que se presenta en el manejo conceptual para las propiedades del agua como son tensión superficial, fuerza de adhesión, fuerza de cohesión, densidad, capilaridad y capacidad calorífica; los alumnos de nivel medio superior presentan bajos índices de aprendizaje significativo. Con el objetivo de mejorar los aprendizajes el tema de propiedades del agua, en este trabajo, se presenta una secuencia didáctica para la visualización de dichos conceptos por medio de diversos experimentos realizados dentro del salón de clases. La secuencia didáctica se desarrolló con 4 experimentos que se realizaron en el aula, con materiales sencillos y de bajo costo, así como de fácil acceso. Los aprendizajes se evaluaron a través de cuestionarios argumentativos, dichas preguntas que conformaban cada cuestionario fue clasificada con base en la Taxonomía de Bloom.

Los resultados obtenidos muestran que los alumnos lograron el reconocimiento, comprensión, análisis y/o aplicación de las propiedades en diferentes niveles. La estrategia fue realizada fácilmente en el aula y arrojó resultados positivos. Por su sencillez esta secuencia puede aplicada en el laboratorio o en el aula.

Antecedentes

El agua es una sustancia con la que el ser humano tiene contacto desde su concepción y este líquido es vital para su desarrollo y crecimiento. Dicho líquido tiene diversas propiedades las cuales algunas de ellas son muy particulares. Dichas propiedades son estudiadas durante la asignatura de Química III en quinto grado de Preparatoria UNAM. Sin embargo, se ha comprobado que cuando existe un manejo teórico-práctico de los conceptos, se tiene una construcción del conocimiento así como el desarrollo de las habilidades kinestésicas de los mismos.

Objetivo

Diseñar y aplicar una secuencia didáctica teórico-práctica con experimentos que se realicen en el aula para mejorar la enseñanza y aprendizaje de las propiedades fisicoquímicas del agua, en alumnos de Nivel Medio Superior.

Metodología

La realización de este estudio se llevó a cabo en la Universidad del Valle de México, Plantel Lago de Guadalupe, con

los grupos de quinto grado de preparatoria, planeándose 2 sesiones de 2 horas por grupo en su materia teórica.

A ambos grupos se les realizó un examen diagnóstico (pretest) antes de implementar la secuencia didáctica; esto permitió evaluar los conocimientos, ideas y concepciones de cada estudiante.

Posteriormente, mediante una lluvia de ideas se activaron los conocimientos acerca de la composición y propiedades del agua; seguido de una presentación digital sobre la composición del agua, su estructura, geometría y sus estados físicos, reforzando con un ejercicio donde aplicaron imágenes que ejemplificaban los cambios de estado que presenta el agua en la vida cotidiana, así como de una actividad de reforzamiento (crucigrama).

A continuación, mediante una lluvia de ideas se les cuestionó acerca del significado de los conceptos de fuerza de cohesión y fuerza de adhesión; una vez discutido los términos, conceptos y palabras claves, se les explicó ambos conceptos, sus similitudes y diferencias, así como la generación de la tensión superficial. Posteriormente, realizaron dos micro experimentos para observar la tensión superficial: a) con un gotero desechable, una moneda y agua; b) con un vaso de 10 mL vaso de muestra alimenticia, agua y alfileres, retando a los estudiantes a hacer flotar un alfiler. Con ayuda de los experimentos sobre sus mesas se les reforzó el concepto de ambas fuerzas explicándolas sobre el mismo experimento.

Adicionalmente, se aplicó un cuestionario teórico con diversas preguntas clasificadas de acuerdo con la Taxonomía de Bloom.

Como actividad complementaria, se les pidió a los estudiantes que colocaran un vaso de agua al congelador el cual debía estar marcado antes y después de que agua se congelara. En la clase posterior se expuso el concepto y el fenómeno que presenta el agua al congelarse y posteriormente se aplicó un cuestionario (densidad y puentes de hidrógeno).

También, se realizó un experimento con ayuda de dos globos y dos velas en donde un globo se encontraba lleno de agua y otro con similar volumen solo contenía aire. Al observar los resultados del experimento se les cuestionó sobre el fenómeno observado, y se explicó el concepto de capacidad calorífica. Adicionalmente, se aplicó un ejercicio de reforzamiento y evaluación del concepto visto.

Al terminar la exposición de los temas se les aplicó cuestionario de falso/verdadero con diferentes aseveraciones en donde se evaluaba la atención, así como la memoria y el análisis de cada situación.

Finalmente, se aplicó un examen (post test) con 16 reactivos divididos en: 11 reactivos de respuesta alternativa y 5 preguntas abiertas para evaluar el aprendizaje de cada estudiante. Cada una de las preguntas que conformaban los cuestionarios, así como los exámenes, fueron clasificadas de acuerdo con los niveles taxonómicos de Bloom.

Nivel	Taxonomía de Bloom
N1 Conocimiento	El estudiante reconoce o recuerda información sin ser necesaria su comprensión.
N2 Comprensión	Se entiende el significado de la información recibida, por lo tanto, existe una relación entre los conceptos, la información y se puede explicar o describir.
N3 Aplicar	Selecciona la información y la utiliza para resolver un problema o circunstancia que se presenta.
N4 Análisis	Se logra fragmentar la información, identificar cada uno de los componentes, realizar hipótesis.
N5 Síntesis, (evaluar)	Se logra generar ideas propias a partir de conocimiento básico para resolver un problema.
N6 Evaluación (crear)	Se evalúan diferentes métodos para resolver un problema

Resultados principales

Los resultados se simplifican en la siguiente tabla donde se resume el nivel taxonómico por ejercicio y cuestionario aplicado:

Ejercicio	Nivel taxonómico logrado
Ejercicio cambios de estado del agua	70% de los estudiantes tiene un nivel taxonómico de Conocer – Comprender (N1/N2)
Crucigrama	94 % de estudiantes lograron obtener un nivel taxonómico de Conocer – Comprender (N1/N2)
Cuestionario densidad	71% de los estudiantes logró un nivel N4 (Análisis)
Cuestionario tensión superficial	73% de los estudiantes lograron un nivel N4 (Análisis)
Cuestionario capacidad calorífica	78 % estudiantes lograron un nivel N4

En la figura 1 se muestran los resultados del pretest en color azul y los resultados del post test en color rojo. Dicho

examen se utilizó antes y después y la aplicación de la secuencia didáctica para evaluarse por medio de la ganancia conceptual de Hake.

El índice de Hake se obtiene según la fórmula:

$$g = \frac{\%postest - \%pretest}{100 - \%pretest}$$

Observando un incremento en los resultados y logrando una ganancia de Hake del 0.4. lo que indica una ganancia conceptual de nivel medio.

- a) Sólido a líquido, proceso de evaporación
- b) Líquido a sólido, proceso de congelación
- c) Sólido a líquido, proceso de fusión
- d) Solido a gas, proceso de sublimación

4. ¿Cuál es la temperatura de congelación del agua?

- a) 100°C
- b) 25°C
- c) 0°C
- d) -25°C

5. ¿Cuál es la temperatura de ebullición del agua?

- a) 100°C
- b) 25°C
- c) 0°C
- d) -100°C

6. Un cubo de hielo formado con 5 mililitros de agua, en comparación con 5 mililitros de agua líquida:

- a) El agua líquida ocupa más espacio que el hielo
- b) El agua líquida ocupa menos espacio que el hielo
- c) Ocupan el mismo espacio sin importar el estado de agregación
- d) Ninguna de las anteriores

7. La interacción que presenta un hidrógeno de una molécula de agua con el oxígeno de otra molécula de agua es:

- a) Un enlace que forma el agua con otras soluciones
- b) Una fuerza intermolecular: resultado de los átomos y la electronegatividad que poseen dichos átomos; que componen el agua
- c) Es una reacción que tienen las soluciones con el agua.
- d) Puente de hidrógeno

8. ¿Qué es la tensión superficial?

- a) Es el resultado de las fuerzas de cohesión y fuerzas de adhesión.
- b) Es la resistencia que tienen las moléculas a fluir.
- c) Es la capacidad de absorber calor.
- d) Es la capacidad que tiene para ascender por un capilar.

9. ¿Qué es la capilaridad?

- a) Es el resultado de las fuerzas de cohesión y fuerzas de adhesión.
- b) Es la resistencia que tienen las moléculas a fluir.
- c) Es la capacidad de absorber calor.
- d) Es la capacidad que tiene para ascender por un capilar.

10. ¿Qué es la capacidad calorífica del agua?

- a) Es el resultado de las fuerzas de cohesión y fuerzas de adhesión.
- b) Es la resistencia que tienen las moléculas a fluir.
- c) Es la capacidad de absorber calor hasta aumentar un grado su temperatura
- d) Es la capacidad que tiene para ascender por un capilar.

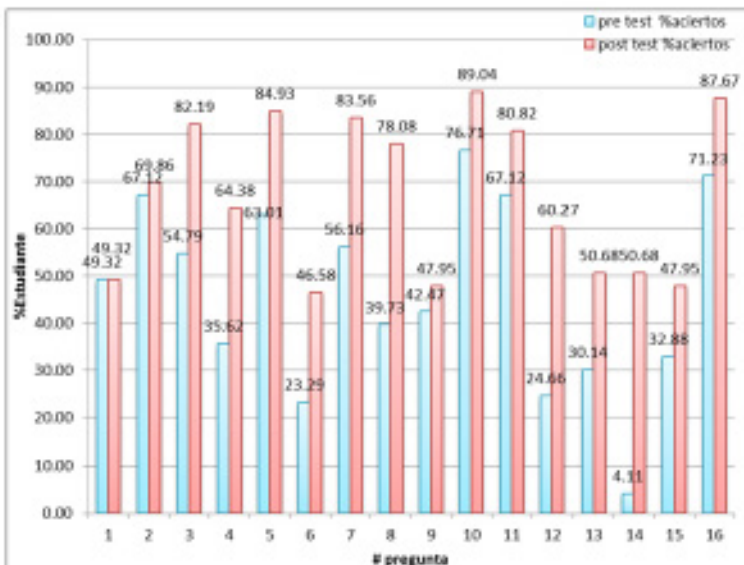


Fig. 1. Resultados en la aplicación del pretest y post test.

Tabla 1 : Examen diagnóstico

I. Instrucciones: conteste correctamente

1. ¿Cuál es la composición de una molécula de agua?

- a) Dos átomos de hidrogeno y uno de oxigeno
- b) dos átomos de oxígeno y dos de hidrógeno
- c) Dos átomos de oxígeno y uno de hidrogeno
- d) Dos moléculas de hidrógeno y una molécula de oxígeno.

2. Los cambios de estado del agua son:

- a) Reacciones químicas.
- b) Un cambio físico.
- c) Una reacción por la temperatura y presión
- d) Son cambios físicos que dependen de la temperatura y presión del ambiente

3. Cuando un cubo de hielo se derrite pasa de estado....a estado....

11. ¿Qué es la densidad?

- a) Es la cantidad de materia por unidad de volumen
- b) Es la adhesión de las partículas entre ellas.
- c) Es la resistencia a fluir.
- d) Es la capacidad que tiene para ascender por un capilar.

12. Dibuja la estructura del agua

13. Te encuentras en una fiesta y te acercan un vaso con agua "natural" y un cubo de hielo adentro del mismo. ¿el cubo, flota? Si o No ¿por qué?

14. ¿Cuál es la diferencia entre fuerza de cohesión y fuerza de adhesión?

15. En un vaso se agregan 10 mililitros de agua y 10 mililitros de aceite de cocina, posteriormente se deja reposar durante un lapso de tiempo. Dibuja como se observaría el vaso que contiene ambos líquidos.

16. ¿Por qué si hay tanta agua en los océanos, ríos, lagos, polos (norte y sur), existen tantos programas y campañas que invitan a la población a su cuidado?

Conclusiones

Con el objetivo de mejorar la enseñanza y aprendizaje de las propiedades fisicoquímicas del agua, en alumnos de Nivel Medio Superior, en este trabajo se diseñó y aplicó una secuencia didáctica teórico-práctica con experimentos que se realizaron en el aula.

La planeación y diseño de ejercicios, cuestionarios y exámenes con base en la taxonomía de Bloom permitió visualizar el nivel de adquisición de conocimientos así como analizar el desempeño de cada uno de ellos y de forma grupal.

Con base en los resultados de la evaluación, se observó que la aplicación de esta secuencia didáctica favoreció significativamente la comprensión y el aprendizaje de las propiedades fisicoquímicas del agua.

La implementación de prácticas en el salón de clases motivó el aprendizaje de los alumnos y estimuló su interés y les permitió desarrollar sus habilidades kinestésicas, así como la visualización de conceptos abstractos.

Esta secuencia didáctica, por la utilización de materiales económicos y fácilmente asequibles, puede ser aplicada en otras escuelas de Nivel Medio Superior, en particular aquellas que no cuentan con laboratorio.

Referencias

- ¹APARICIO, G., & Ostos, O. O. (2018). El constructivismo y el construccionismo. *Revista Interamericana de Investigación, Educación y Pedagogía*, 115-120.
- ²CARBAJAL, A., & González, M. (2012). PROPIEDADES y funciones biológicas del agua. *Agua para la salud. Pasado, presente y futuro.*, 33-45.
- ³CASTAÑEDA, R. (2016). Cambios en los puntos de fusión y de ebullición del agua debido a una variación en la presión. México: Secretaría de Educación Pública .
- ⁴GONZÁLEZ, R., & Crujeiras, P. B. (2016). Aprendizaje de las reacciones químicas a través de actividades de indagación en el laboratorio sobre cuestiones de la vida cotidiana. *Enseñanza de las ciencias* , 143-160.
- ⁵GRANILLO, V. M., Valdivia, U., & Villarreal. (2014). *Biología General. Los sistemas vivos*. México: Grupo Editorial Patria, S.A de C.V.
- ⁶INEE. (2018). La educación media superior en México. Obtenido de: <https://www.inee.edu.mx/la-educacion-media-superior-en-mexico/>.
- ⁷KHAN Academy. (2019). Capacidad calorífica, calor de vaporización y densidad del agua. Obtenido de: <https://es.khanacademy.org/science/biology/water-acids-and-bases/water-as-a-solid-liquid-and-gas/a/specific-heat-heat-of-vaporization-and-freezing-of-water>.
- ⁸MAZARI, M. (2003). El agua como recurso. ¿Como ves?, 10- 12.
- ⁹McNAUGHT, A. D., & Wilkinson, A. (2012). *Compendium of chemical Terminology*. Oxford: Blackwell Scientific Publications.
- ¹⁰MONTE I. (2016). *Agua, pH y equilibrio químico*. México: Secretaria de Educación Pública.
- ¹¹MOSQUEIRA, S. (2014). *Introducción a la Química y el ambiente*. México: Grupo Editorial Patria.
- ¹²NACIONES Unidas. (2003). *Agua para todos, Agua para la vida*. Paris, Francia: UNESCO, MUNDI-PRENSA.
- ¹³OBAYA, A., Flores, G., & Rosas, M. (1999). Las metas de la educación en ciencias. *ContactoS*, 23 -26.
- ¹⁴ORTIZ, G. (2015). El constructivismo como teoría y método de enseñanza. *Sophia*, 93-110.
- ¹⁵SOUZA V., V. (2016). La larga marcha del oxígeno en la Tierra. *Oikos*, 18-21.
- ¹⁶TIMBERLAKE, K. (2011). *Química, Una introducción a la química general, orgánica y biológica*.

SECUENCIA DIDÁCTICA PARA LA ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DE LA SÍNTESIS DE POLÍMEROS EN LA EMS ENMARCADA EN CIENCIA-TECNOLOGÍA-SOCIEDAD-AMBIENTE (CTSA)

Anabel Hernández Escamilla,¹ Guadalupe Iveth Vargas Rodríguez,² Adolfo Obaya Valdivia³ y Yolanda Marina Vargas Rodríguez⁴

*Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México,
¹anabelmenao@gmail.com; ²fico2_1304@hotmail.com; ³obaya@unam.mx; ⁴ymvargas@unam.mx*

Resumen

Con el objetivo de mejorar la comprensión de tema de síntesis de polímeros en el Nivel Medio Superior y hacer una reflexión hacia la problemática que genera el uso excesivo de polímeros en la vida cotidiana, en este trabajo se presenta una secuencia didáctica para la enseñanza y aprendizaje de la síntesis de polímeros y su impacto ambiental, enmarcada en ciencia-tecnología-sociedad-ambiente (CTSA). Esta actividad, se aplica a estudiantes de 16 a 18 años del Nivel Medio Superior. La actividad es introductoria para la enseñanza y aprendizaje de la síntesis de polímeros. Se realiza un pretest, para evaluar sus conocimientos previos. Se presenta una sesión teórica utilizando TICs, que cubre la clasificación de los polímeros con base en sus unidades constituyentes (homopolímeros, copolímeros), en su origen, en sus propiedades físicas, en su formación, y se da énfasis en polímeros de uso cotidiano. También, se revisan las características de la polimerización por adición y por condensación. Los alumnos realizan diversas actividades, como pelota preguntona, papel en la pared y dos experimentos de laboratorio de que ilustran la síntesis de polímeros por adición y por condensación respectivamente. Para evaluar

el impacto ambiental, tanto de la síntesis como de la disposición de los polímeros, se presenta la síntesis industrial de polietilentereftalato (PET) y Poliestireno (PS), en diagramas de flujo ecológicos, los alumnos recortan y pegan en el diagrama los pictogramas, rombos de seguridad y símbolos de reciclaje de los polímeros correspondientes. Los resultados cuantitativos del examen y las discusiones después de las actividades muestran una mejor comprensión del tema de polímeros y su síntesis. El diagrama de flujo con símbolo de reciclaje, pictogramas y rombos de seguridad permite a los alumnos, visualizar los riesgos a la salud y al ambiente de la síntesis de polímeros a nivel industrial, así como ver la disposición de los plásticos. Estas actividades se pueden aplicar para la enseñanza del tema de polímeros en estudiantes del nivel medio superior, además de que permiten hacer una reflexión hacia la problemática que genera el uso excesivo de polímeros en el siglo XXI.

Palabras clave: Secuencia didáctica, Polímeros, Plásticos, CTSA, Educación Media Superior, Reciclaje, TIC's.

Antecedentes

Dada la importancia de los polímeros sintéticos que nos rodean en el siglo XXI, así como de los biopolímeros y la importancia de la disposición de estos en materia de reciclaje el Comité de Capacitación Profesional de la Sociedad Química Americana (ACS) requiere la enseñanza de al menos dos de estos temas en los cursos de química en el Nivel Licenciatura (Ford, 2017). Es por ello por lo que es necesario que se den cursos introductorios de polímeros en el Nivel Medio Superior (Pérez Campillo & Chamizo Guerrero, 2016).

En este sentido, el Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) en el Área de Ciencias Experimentales con base en el enfoque didáctico incorpora a la cultura básica del estudiante, conocimientos, habilidades, interpretar actitudes y valores que le permita utilizar racionalmente la naturaleza, así como promover la interacción responsable y consciente del alumno con la ciencia, la tecnología y la sociedad. Para lograr este propósito es necesaria la incorporación de estructuras y estrategias del pensamiento del estudiante que le posibilite desarrollar un pensamiento flexible y crítico de mayor madurez intelectual para comprender y discriminar la información que cotidianamente se presenta como científica; a comprender fenómenos naturales que ocurren en su entorno; a elaborar explicaciones racionales sobre esos fenómenos, a valorar el desarrollo tecnológico y su uso en la vida diaria, así como a comprender y evaluar el impacto ambiental derivado de las relaciones ciencia-tecnología-sociedad y ambiente (CTSA) (CCH, 2016).

Dentro de este marco el diseño de una secuencia didáctica representa una poderosa herramienta pedagógica para apoyar al estudiante en el desarrollo competencias que les permitan ser generadores del desarrollo del conocimiento, así también incluir estrategias de aprendizaje que sean capaces de facilitar la integración de saberes, tales como el uso de las TIC como herramienta de aprendizaje de la química ya que se ha demostrado que en las aulas de química del Nivel Medio Superior son de gran utilidad debido a se puede trabajar y aprender a distancia (González Barajas, Kaplan Navarro, Reyes Osua, & Reyes Osua, 2010).

Con base en lo anterior se presenta el diseño de una secuencia didáctica donde se considera al alumno como el actor de la construcción de su conocimiento y el profesor se constituye un guía y asesor que le va planteando al estudiante situaciones que él debe ir investigando y resolviendo, con el fin de mejorar la enseñanza y aprendizaje del tema de polímeros; su concepto, síntesis, aplicación e importancia en la sociedad, incluyendo a los diagramas ecológicos y los códigos de identificación de reciclaje de los polímeros utilizados en la vida cotidiana.

Objetivo(s)

Diseñar, aplicar y evaluar una secuencia didáctica a través de diversas estrategias y mediante la aplicación de la métrica denominada el diagrama de flujo como semáforo de seguridad ecológica de los experimentos de laboratorio para mejorar la comprensión del tema de polímeros, así como concientizar al alumno del impacto ambiental de la producción y empleo de los polímeros, para hacer uso responsable de estos materiales.

Metodología

Población y muestra:

La secuencia didáctica se aplicó grupo conformado por 26 estudiantes de sexto semestre, 12 hombres y 14 mujeres, pertenecientes al CCH Vallejo. El rango de edad de los alumnos se encuentra entre los 17 y 18 años.

Se realizó un pretest, para evaluar sus conocimientos previos. En relación con las TICs se presentó una sesión teórica utilizando un GIF, que cubre la clasificación de los polímeros con base en sus unidades constituyentes (homopolímeros, copolímeros), en su origen, en sus propiedades físicas, en su formación, y se dio énfasis en polímeros de uso cotidiano. También, se revisaron las características de la polimerización por adición y por condensación. Se realizaron diversas actividades colaborativas durante la secuencia didáctica, como como pelota preguntona, papel en la pared y dos experimentos de laboratorio que ilustraron la síntesis de polímeros por adición y por condensación respectivamente. Tales estrategias fueron punto de observación por el docente y se mencionan a continuación: expresar ideas y conceptos mediante representaciones lingüísticas, identificar las ideas clave en una exposición oral, infiriendo conclusiones a partir de ellas, manejar las tecnologías de la información y la comunicación para entender información, en este caso el uso de la presentación en PowerPoint y el GIF que se incluyó dentro de ésta, pensar de forma crítica y reflexivamente sintetizando evidencias obtenidas mediante la experimentación para producir conclusiones y formular nuevas preguntas, sustentar una postura personal sobre el tema, considerando otros puntos de vista, estructurar ideas y argumentar de manera clara, coherente y sintética, trabajar en forma colaborativa, comprendiendo así las implicaciones biológicas, económicas y sociales del daño ambiental que puede tener hacer síntesis de polímeros a nivel industrial, en este caso tomando como base el diagrama de flujo ecológico presentado para cada experimento.

Para evaluar el impacto ambiental, tanto de la síntesis como de la disposición de los polímeros, se presentaron la síntesis industrial de polietileno tereftalato (PET) y Poliestireno (PS), en diagramas de flujo ecológicos, los alumnos recortaron y pegaron en el diagrama los pictogramas, rombos de seguridad

y códigos de reciclaje de los polímeros correspondientes. Posteriormente, los alumnos generaron conclusiones acerca de estos diagramas.

Además, se solicitó a los alumnos una propuesta individual para contribuir a la disminución del uso de PET y PS.

Para evaluar la eficacia de la secuencia didáctica para la enseñanza - aprendizaje de tipos de polimerización: condensación y adición, se aplicó un test de 9 preguntas, dicho test es el mismo que se aplicó tanto al inicio como al final de la secuencia, y para fines prácticos se distinguen como pretest y postest.

Resultados y discusión

En la figura 1 y 2 se presentan los diagramas de flujo para la síntesis de PS y PET, se observa que en este ejemplo los alumnos identificaron el nivel de riesgo en la síntesis industrial de estos polímeros y también lograron seleccionar adecuadamente el código de reciclaje respetivo.

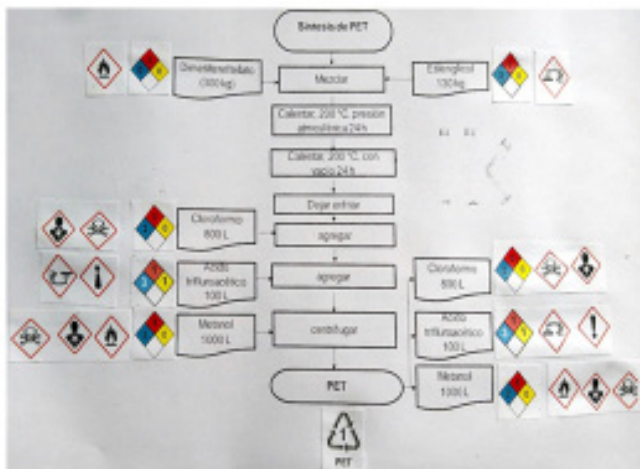


Fig. 1. Ejemplo de diagrama de flujo para la síntesis de PS y sus respectivos símbolos, pictogramas y código de reciclaje.



Fig. 2. Ejemplo de diagrama de flujo para la síntesis de PET y sus respectivos símbolos, pictogramas y código de reciclaje.

Después del análisis de los diagramas, los alumnos realizaron algunas propuestas para disminuir el consumo de plásticos como: evitar el uso de vasos de unicel, adquirir un recipiente rellenable para tomar agua en lugar de adquirir botellas de agua, no utilizar popotes, etc.

En la Figura 3, se muestra la clasificación de los reactivos del test (aplicado al inicio y al final de la secuencia didáctica), con base en la taxonomía de Bloom (Marzano, 2001).

Nivel taxonómico	Indicador de aprendizaje	Reactivo
1	Identifica el concepto de Polímero.	1, 2
2	Identifica el concepto de monómero.	3
3	Clasificación de los dos tipos de síntesis de los polímeros.	4
4	Identifica los dos tipos de polimerización (condensación y adición).	5, 6, 7, 8
5	Analiza y diferencia los dos tipos de reacciones de formación de los polímeros.	9

Tabla 1. Clasificación de los reactivos

A continuación, se presentan los reactivos utilizados en el pretest:

1. Son macromoléculas de alto peso molecular, construidas de unidades repetitivas llamadas monómeros.
2. Son las unidades repetitivas que forman los polímeros.
3. Son unidades repetitivas que forman a los polímeros.
4. De acuerdo con el tipo de reacción de formación de los polímeros, se clasifican en:
5. Este tipo de reacción de formación de polímeros se lleva a cabo por radicales libres.
6. En qué tipo de polimerización la molécula completa de monómero pasa a formar parte del polímero.
7. ¿Qué contienen los monómeros para que puedan reaccionar entre sí?
8. ¿En qué tipo de reacciones de polimerización, se desprende una molécula de agua o de dióxido de carbono?
9. Define la polimerización por adición.

Los resultados del pretest y del postest aplicado para determinar el mejoramiento en la enseñanza y aprendizaje del tema de polímeros, se presentan en la Figura 3. Se observa que en antes de aplicar la secuencia, los alumnos tenían poco conocimiento y comprensión acerca de los temas de polímeros, a pesar de estar en contacto con ellos en la vida

cotidiana. Después de aplicar la secuencia didáctica en la que los alumnos participaron en diversas actividades, se observa que la mayoría de los alumnos contestaron correctamente los reactivos del test.

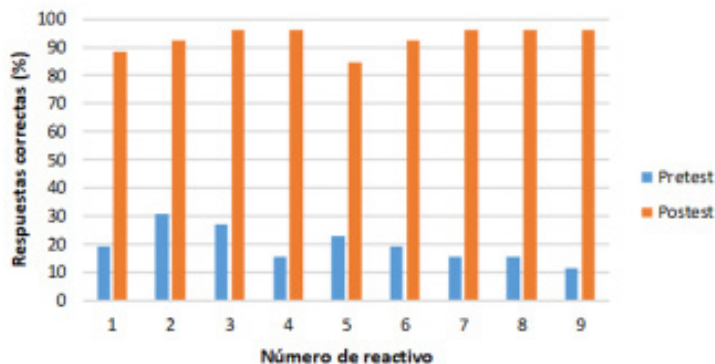
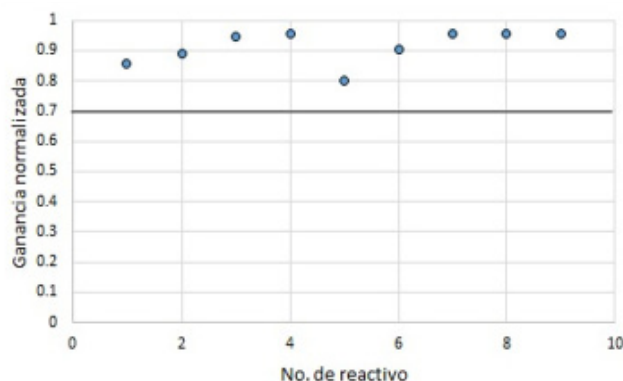


Fig. 3. Resultados del pretest y postest aplicado al grupo

Para analizar, el mejoramiento de los aprendizajes, se determinó la ganancia normalizada de Hake con el pretest y el postest (Ec. 1). Este factor se reporta como un número entre cero y uno. Se observa que g , tiene valores altos ($> 0.7 - 1.0$), que son resultados característicos de aprendizajes activos (Hake, 1998).

$$\text{Ganancia normalizada} = \frac{\text{Postest}\% - \text{Pretest}\%}{100\% - \text{Pretest}\%} \quad \text{Ec. 1}$$

Fig. 4. Ganancia normalizada de Hake.



Conclusiones

Del análisis cuantitativo, se concluye que después de aplicar la secuencia didáctica los alumnos identificaron el concepto de polímero, distinguieron la clasificación de los dos tipos de formación de los polímeros (condensación y adición) y analizaron las diferencias entre los dos tipos de reacciones de formación de los polímeros.

En el caso de la síntesis industrial de polímeros, el diagrama de flujo resultó una estrategia didáctica muy atractiva debido a los pictogramas y rombos de seguridad permitieron a los alumnos "observar" los riesgos de utilizar reactivos y disolventes y, poder así reducir los riesgos de accidentes durante la experimentación. Además, comprendieron la importancia del uso del código de reciclaje con base en su tipo de polímero y composición para su posterior reciclado, aunado a la importancia de reducir el uso excesivo de polímeros causante de la contaminación ambiental por plásticos fomentando así a la reflexión para coadyuvar a la resolución de este problema.

Finalmente, por los resultados positivos de esta secuencia didáctica, se considera que esta es una alternativa para la enseñanza y aprendizaje de polímeros en el Nivel Medio Superior, en particular para diferenciar los tipos de síntesis de polímeros (adición y condensación), y que el diagrama de flujo con sus pictogramas, código de reciclaje, y rombos de seguridad, permite al alumno hacer conciencia del impacto ambiental de la síntesis industrial de los polímeros, así como del uso excesivo de los estos.

Agradecimientos

La investigación se realizó con fondos de la UNAM-DGAPA del Programa de Proyectos de Apoyo al Mejoramiento de la Enseñanza PAPIIME PE105118 Manual de Experimentación en Polímeros (Enfoque constructivista e Industrial).

Referencias

- CCH. (2016). Programas de Estudio. Obtenido de Mapa Curricular del Plan de Estudios 2016: https://www.cch.unam.mx/sites/default/files/programas2016/QUIMICA_III_IV.pdf
- FORD, W. T. (2017). Introducing the Journal of Chemical Education "Special Issue: Polymer concepts across the curriculum. *Journal Chemical Education*, 94 (11) 1595-1598.
- GONZÁLEZ Barajas, M., Kaplan Navarro, J., Reyes Osua, G., & Reyes Osua, M. (2010). La secuencia didáctica, herramienta pedagógica del modelo educativo ENFACE. *UDUAL*(46), 27-36. Recuperado el 8 de Noviembre de 2010
- HAKÉ, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A sixthousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, 66(1), 64-74. doi:10.1119/1.18809
- MARZANO, R. J. (2001). Designing a new taxonomy of educational objectives. *Experts in Assessment Series*. (T. R. Guskey, Ed.). Corwin: CA.
- PÉREZ Campillo, Y., & Chamizo Guerrero, J. A. (2016). Análisis curricular de la enseñanza química en México en los niveles preuniversitarios. Parte II: La educación media superior. *EducaciónQuímica*(27), 182-194.

PROPUESTA DE UN MODELO DE ENSEÑANZA MIXTO (BLENDED LEARNING) EN LA ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DE MATEMÁTICAS E INGENIERÍA

*María del Carmen Valderrama Bravo^{*1}, Juan Alfonso Oaxaca Luna²*

¹Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Departamento de Ingeniería y Tecnología, carmenvalde@yahoo.com.mx

²Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Departamento de Matemáticas, joaxaca@unam.mx

Resumen

En Marzo de 2020, México entró en cuarentena a causa de la enfermedad SARS-COV-2 y ante tal situación, los docentes y estudiantes tuvieron la necesidad de cambiar de un modelo de enseñanza tradicional a una nueva adaptación de trabajo en línea. El objetivo del presente trabajo es establecer un modelo de enseñanza mixto (Blended Learning), implementando las TIC para facilitar el aprendizaje de matemáticas e ingeniería en estudiantes de Licenciatura de la FES-Cuautitlán. De los modelos híbridos, el que se elige es un modelo semi-presencial en la categoría de aula invertida, teniendo clases presenciales y actividades en línea tanto sincrónicas como asincrónicas. Se realizó una reestructuración de los programas de Álgebra, Matemáticas Aplicadas a la Administración, así como Procesos del Manejo Mecánicos de Sólidos. En el modelo que se propone se han implementado aulas virtuales lo que hace al alumno más autónomo, además de que su evaluación es continua.

Palabras clave: Modelo Blended Learning, Matemáticas, Ingeniería, Sincrónica, Asincrónica

Antecedentes

La pandemia de 2020 originada por la enfermedad del COVID-19, que comenzó en Wuhan China a fines de 2019, en tan solo tres meses se extendió a casi 181 países. Este suceso tendrá repercusiones e impactos en el futuro en diferentes dimensiones de la vida; a nivel de país, industria, económico, educativo, a nivel emocional, salud mental, etc., (Hernández-Aguilar y Domínguez-Pacheco, 2020). A partir de Marzo de 2020, México entró en cuarentena a causa de la enfermedad SARS-CoV-2 y ante tal situación, los docentes y estudiantes tuvieron la necesidad de cambiar abruptamente el modelo de enseñanza y aprendizaje tradicional a una nueva adaptación de trabajo en línea. Ante esta necesidad, los docentes se han estado capacitando por todos los medios posibles y al alcance de cada uno de ellos en el manejo de las nuevas tecnologías de la educación que son una herramienta útil para fortalecer la educación y facilitar el aprendizaje.

Incluir la tecnología en la enseñanza presencial ha tenido una gran atención en las cuales hay varias rutas de investigación. A través de los años, el aprendizaje combinado se

considera un modo de instrucción más eficaz y adoptado por las instituciones educativas debido a su eficacia percibida para proporcionar un aprendizaje flexible, oportuno y continuo (Abubakar et al., 2020). El aprendizaje mixto (Blended learning) implica la combinación de instrucción presencial y mediada por tecnología. Garrison and Kanuka (2004) definen el aprendizaje combinado (Blended learning) como “una integración reflexiva de las experiencias de aprendizaje cara a cara en el aula con las experiencias en línea. Algunas instituciones educativas han adaptado diferentes formas de combinar trabajo en línea con instrucciones tradicionales, presenciales; las cuales se categorizan en función de la secuencia de integración de sesiones presenciales y online. En la conceptualización de esta modalidad didáctica, se identifican como características esenciales del modelo de enseñanza-aprendizaje: “flexible, estructurado, focalizado en el alumno, con un sistema de actividades de aula que permite a los profesores orientar, apoyar y acompañar a los estudiantes en el camino que no se sientan solos” (Vega, 2012). Para el modelo combinado adaptado a una propuesta didáctica es muy importante lograr el conocimiento e independencia del alumno durante el proceso de enseñanza-aprendizaje. El concepto principal que apoya este enfoque es el trabajo independiente o autónomo de los estudiantes (Fernández et al., 2014). Uno de los modelos más usados es de aula invertida o Flipped Classroom, ya que este se caracteriza por su flexibilidad y versatilidad al momento de diseñar las actividades y tareas para los alumnos. Durante el semestre 2020-2 se realizó una encuesta a estudiantes de la FES-Cuautitlán que cursaron álgebra, geometría analítica, cálculo (matemáticas) y procesos del manejo mecánico de sólidos (ingeniería). En la encuesta se observó que los estudiantes de matemáticas tienen más problemas para tomar las clases en línea porque enseñar matemáticas requiere más apoyo presencial; sin embargo, aunque en ambas áreas prefieren el modelo presencial porque no están familiarizados con los métodos virtuales, también sugieren el modelo mixto para su aprendizaje (Valderrama y Oaxaca, 2020).

Objetivo

Establecer un modelo de enseñanza mixto (Blended Learning), implementando las TIC para facilitar el aprendizaje de matemáticas e ingeniería en estudiantes de Licenciatura de la FES-Cuautitlán.

Desarrollo

De los modelos híbridos, el que se elige es un modelo semi-presencial dentro de la categoría de aula invertida, en el cual parte de las clases serán presenciales y en la otra parte, las clases son diseñadas en línea para que los estudiantes puedan realizar actividades sincrónicas y asincrónicas. Se realizó una reestructuración de los programas de Álgebra de

Ingeniería Industrial (AI), Álgebra de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (AIM), Álgebra de Ingeniería Química (AIQ), Matemáticas Aplicadas a la Administración (MAA), así como Procesos del Manejo Mecánicos de Sólidos de Ingeniería en Alimentos (PMMS). En la tabla 1 y 2 se muestran los puntos analizados para cada asignatura.

Datos de la asignatura
Nombre de la Asignatura
Modalidad educativa
¿A quién está dirigido el curso?
Características
Duración del curso y de la unidad
Lugar de la intervención (espacio físico, virtual, plataforma, red social, etc.)
Objetivos, propósitos o competencias que se pretende lograr en la Unidad
Qué tipo de estrategia(s) didáctica(s) seleccionaron

Tabla 1. Datos de la asignatura

Desarrollo Didáctico de la Unidad
Nombre de la Unidad y tema
Propósito u objetivo
Contenido(s)
Estrategias de enseñanza
Descripción de las estrategias de enseñanza seleccionadas
Herramientas Web a utilizar para lograr el objetivo
Cómo y quiénes evaluarán (Estrategias e instrumentos de evaluación)
Materiales didácticos

Tabla 2. Desarrollo por unidad

Una vez que se ha establecido el análisis por unidad de la asignatura, se elaboró un plan de trabajo como se muestra en la figura 1.

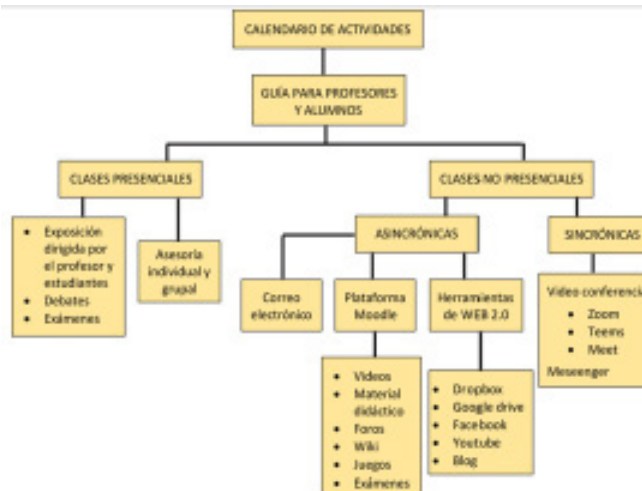


Fig. 1. Plan de trabajo por asignatura

La primera etapa de la propuesta se está aplicando para las clases no presenciales durante el semestre 2021-1. El número de estudiantes es de 284 para las 5 asignaturas, MAA (105), AI (43), AIM (59), AIQ (55) y PMMS (22).

Se formaron grupos privados de Facebook y se solicitó Aulas Virtuales en Plataforma Moodle de la UNAM Educativ y Zoom.

Por medio del Proyecto PAPIME PE106219 se adquirieron computadoras y tabletas digitales Wacom para poder trabajar de forma sincrónica con los estudiantes.

En esta primera etapa de la propuesta se realizaron los primeros exámenes parciales en el Aula virtual y es obtuvo el porcentaje de alumnos aprobados y el promedio por grupo. Resultados y discusión

En la tabla 3 se muestra los datos la asignatura Procesos del Manejo Mecánico de Sólidos, y de igual forma se estarán realizando para las otras asignaturas (Tablas no mostradas).

Es importante mencionar que la reestructuración del programa de las asignaturas no es una tarea fácil porque se tiene que adaptar herramientas de la WEB 2.0, por lo que será importante realizar reuniones académicas para lograr implementar la nueva modalidad.

En la tabla 4, se muestra una propuesta didáctica de la Unidad I de la asignatura Procesos del Manejo Mecánico de Sólidos. Los contenidos de las otras asignaturas están en proceso.

El desarrollo de la propuesta didáctica de la Unidad I de PMMS se aplicó a los estudiantes de Ingeniería de Alimentos en las actividades No presenciales y en el Aula virtual se programan las actividades (Figura 2) que deben realizar. Y siguiendo con la prupuesta de implementar un modelo semi-presencial en la categoría de aula virtual, a los estudiantes

Datos de la asignatura	
Nombre de la Asignatura	Procesos del Manejo Mecánico de Sólidos
Modalidad educativa	Semipresencial
¿A quién está dirigido el curso?	Estudiantes del cuarto semestre de la carrera de Licenciado en Ingeniería en Alimentos
Características	
Duración del curso y de la unidad	Curso: 16 semanas Unidad: 3 semanas
Lugar de la intervención (espacio físico, virtual, plataformas, red social, etc.)	Salón de clase, sala virtual, red social, Zoggo
Objetivos, propósitos o competencias que se pretende lograr en la Unidad	Que el alumno investigue en internet y en la web 2.0, para formular con sus propias palabras los conceptos básicos y propiedades físicas de los materiales sólidos.
Qué tipo de estrategia(s) didáctica(s) seleccionaron	Estrategias centradas en la individualización de la enseñanza (exposiciones dirigidas) Estrategias centradas en el trabajo colaborativo (rauda de ideas, lluvia de ideas, investigación)

Tabla 3. Datos de la asignatura de PMMS

Desarrollo didáctico	
Nombre de la Unidad y tema	Introducción de materiales sólidos
Propósito u objetivo	Que el alumno aprenda a investigar, formular y sintetizar sus ideas. Así mismo que logren construir exposiciones con videos, mapas mentales y conceptuales, de tal forma que se comuniquen en forma presencial y por medio de foros y redes sociales
Contenido	1. Diagramas de procesos y operaciones unitarias. 2. Propiedades físicas de los sólidos 3. Equipos de transporte de sólidos 4. Operaciones unitarias aplicadas a procesos mecánicos de sólidos.
Estrategias de enseñanza	Estrategia centrada en la individualización de la enseñanza 1. Trabajo con materiales multimediales y recuperación de la información. El estudiante investigará los conceptos de operaciones unitarias y procesos alimentarios. En el aula virtual los alumnos podrán descargar videos de diferentes procesos aplicados a alimentos. El estudiante elaborará en Preci un diagrama de proceso. 2. En el aula virtual se asignará la herramienta de Tareas para que los estudiantes elaboren una tabla de las dimensiones y unidades que se manejan en los diferentes procesos.

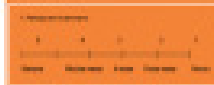
	<p>Estrategias centradas en el trabajo colaborativo</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. En el aula virtual los estudiantes participarán en un foro para definir las operaciones de reducción de tamaño, clasificación, extracción y filtración. 2. Usaran Wiki del Aula virtual para definir todas las propiedades físicas de los sólidos. 3. Se formarán para investigar sobre los diferentes equipos de transporte de materiales sólidos. 4. En una sesión presencial se expondrá por parte del profesor las diferentes operaciones unitarias a los procesos mecánicos de sólidos (Molienda, Clasificación, Filtración y Centrifugación). Se realizará una lluvia de ideas para ir construyendo los conceptos y se dejará por equipo de que elaboren un mapa mental con la herramienta <u>MindManager</u> de cada operación unitaria usando como parte de todas las operaciones aplicadas en el manejo de sólidos. El trabajo será entregado en el aula virtual en la herramienta Tarea. Escala de valoración. <p>En el caso de la participación en los foros y Wiki se empleará la siguiente escala de valoración.</p>  <p>En las actividades de entrega de tareas se dará una escala numérica del 1 al 10.</p>
<p>Instrumentos de evaluación</p>	
<p>Materiales didácticos</p>	<p>Computadora, Videoproector, Presentaciones, Vídeos, Libros electrónicos, tableta digital (Wacom), Internet, Wikis, Videoconferencias, Blog o Posta, Correo electrónico, Foro de discusión</p>

Tabla 4. Propuesta didáctica para PMMS

se les deja investigar los temas o bien en el aula virtual se les adjunta archivos que deben revisar para que cuando entren a la sesión de Zoom en este momento y posteriormente en las clases presenciales se logró que el estudiante vaya siendo más autónomo.

La respuesta de los estudiantes en el manejo del Aula ha sido favorable porque en su mayoría cumplen con las actividades en tiempo y forma. En la asignaturas de matemáticas (MAA, AI, AIM y AIQ) se ha estado trabajando en Zoom con el uso de la pizarra y la tableta digital (Figura 3a y 3b), lo cual nos ha permitido explicar ampliamente a los estudiantes ecuaciones y figuras que difícilmente las logran comprender con videos.

En las asignaturas de matemáticas se ha estado trabajando con el Software matemático Geogebra (Figura 4). El poder

Actividad 1: Diagrama de proceso

Adjuntar en un archivo en formato PDF con el número de EQUIPO el diagrama y descripción del proceso congegado.

Fecha Límite 29 de septiembre de 2020 hasta las 23:00 h.

La tarea se podrá adjuntar desde el 26 de septiembre de 2020 a partir de las 10:00 a.m.

Propiedades de los sólidos

En el archivo adjunto encontrarán la actividad de las propiedades de los sólidos y mecánicas de procesos de separación.

Cada equipo realizará una presentación en Power Point las el tema que les corresponde y se exhibirá el tema el martes 29 de septiembre de 2020 a las 16:00 h.

Presentación de Propiedades de sólidos

Subir en archivo PDF la presentación de propiedades de sólidos.

Paso para ingresar al foro

En el archivo encontrarán una breve guía para poder ingresar al foro.

Conceptos de operaciones unitarias

En este foro los estudiantes escribirán brevemente los conceptos de operaciones unitarias de: Reducción de tamaño, Clasificación de tamaños, Extracción, Filtración y Centrifugación.

FECHA LIMITE 04 DE OCTUBRE DE 2020

Fig. 2. Actividades de PMMS en el aula virtual

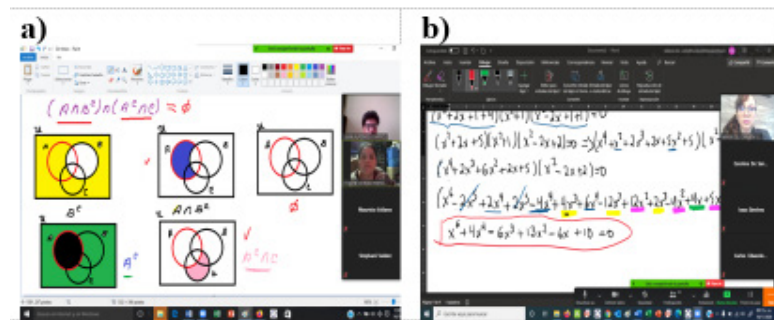


Fig. 3. Uso de Wacom en clases de matemáticas a) MAA b) AI, AIM e AIQ

enseñar a los estudiantes la solución de ejercicios de forma analítica y en Geogebra ha sido una gran ventaja, porque en las clases presenciales no lo podemos hacer ya que no se cuenta con los espacios físicos con computadoras.

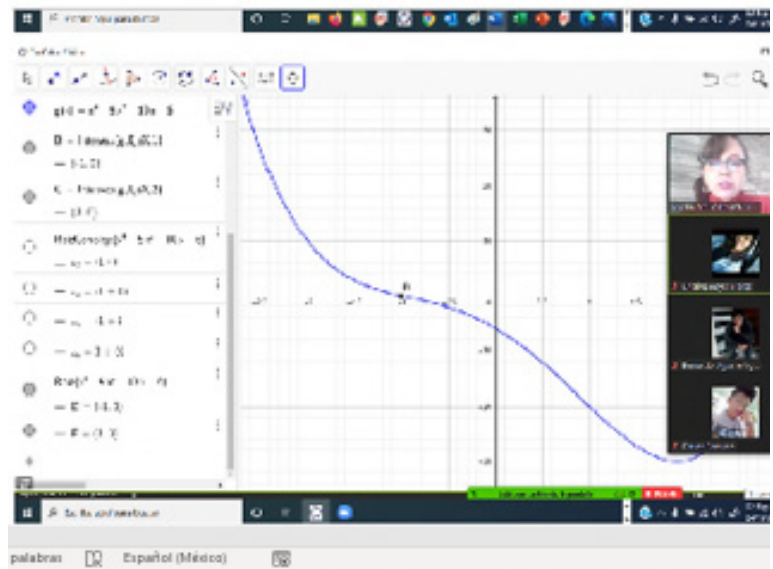


Fig. 4. Uso de Software Geogebra en clases de matemáticas AI, AIM e AIQ

En la asignatura del área de Ingeniería también nos ha favorecido el poder trabajar simultáneamente (Figura 5) con Excel para poder resolver problemas de clasificación de tamaños, específicamente análisis granulométricos.

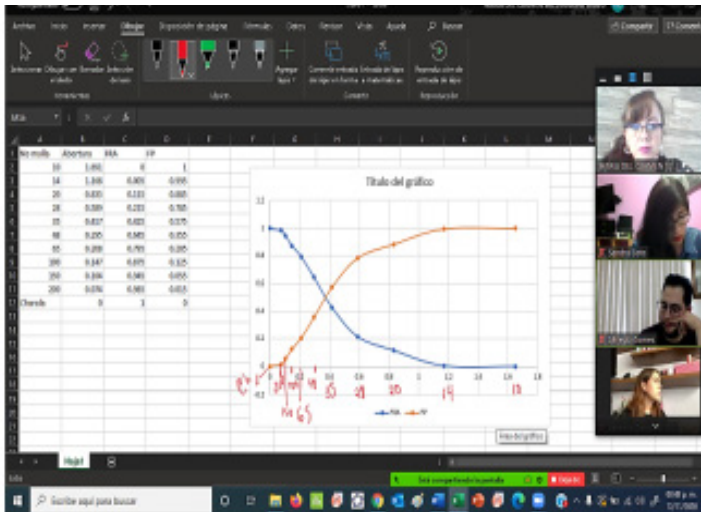


Fig. 5. Uso de Excel en clases de ingeniería PMMS

Los primeros exámenes parciales se realizaron en el aula virtual para todas las asignaturas analizadas en este estudio y se obtuvo el porcentaje de estudiantes aprobados (Figura 6).

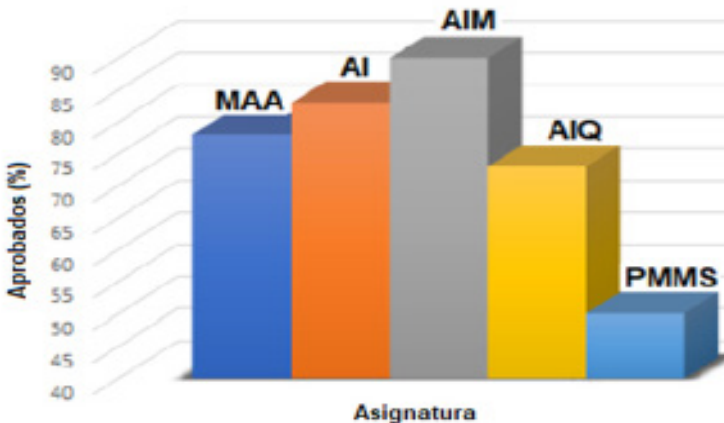


Fig. 6. Porcentaje de estudiantes de matemáticas e ingeniería aprobados en el primer examen parcial

En la figura 6 se observa que el mayor porcentaje de alumnos aprobados fue en la asignatura de álgebra en las carreras de Ingeniería Industrial (AI), con un 83% e Ingeniería Mecánica Eléctrica (AIM) con el 90%. En la asignatura de Matemáticas Aplicadas a la Administración (MAA) aprobaron 78%, mientras que en álgebra para Ingeniería química (AIQ) fue de 73%. Sin embargo, en la asignatura del área de ingeniería (PMMS) sólo aprobó el 50%.

El diseño de los exámenes fue determinante para los resultados obtenidos. En las asignaturas de álgebra (AI) y

(AIM) el examen fue diseñado en dos partes una de opción múltiple y relacionar columnas y la otra parte en dos preguntas tipo ensayo en las cuales se incluyeron ejercicios a desarrollar y adjuntar en archivo. En este tipo de examen hubo una mejor respuesta de los estudiantes. En el caso de las asignaturas de MAA y AIQ el examen se diseñó sólo para resolver en opción múltiple, relacionar columnas, respuestas cortas, y arrastrar respuestas y los resultados mostraron que los estudiantes tuvieron mayor dificultad para la solución de los ejercicios. Además, en estos dos grupos se obtuvieron bajos promedios 6.71 para MAA y 7.12 para AIQ. En el caso de la asignatura de PMMS el diseño de examen fue igual que en las asignaturas AI y AIM, pero la mayor dificultad que los estudiantes tuvieron fue que se les dejó poco tiempo para resolver el examen y de ahí los resultados porque el promedio grupal fue de 5.94.

Los resultados obtenidos hasta el momento nos muestran que si se ha logrado implementar diversas estrategias de enseñanza, las cuales se irán modificando de acuerdo a las necesidades que los estudiantes requieren.

Conclusiones

- El uso de las TIC ha favorecido el aprendizaje de los estudiantes en las asignaturas de matemáticas e ingeniería.
- Las ventajas que tiene el modelo híbrido son que el alumno se hace más autónomo, tiene un mayor aprovechamiento de las clases y su evaluación es continua.
- No consideramos que las clases de matemáticas e ingeniería se den 100% en línea, la presencia del profesor es determinante en el desempeño académico y afectivo de los estudiantes.

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo del proyecto DGAPA-UNAM PAPIIME PE106219 para la realización del trabajo.

Referencias

- ABUBAKAR, R.R., Kamsin, A., & Abdullah, N. A. (2020). Challenges in the on-line component of blended learning: A systematic review. *Computers & Education* 144, 103701.
- GARRISON, D. R., & Kanuka, H. (2004). Blended learning: Uncovering its transformative potential in higher education. *The Internet and Higher Education*, 7(2), 95–105.
- FERNANDEZ, P., Rodríguez-Ponce, M. C., Vega-Cruz, G., & Oliveras, M. L. (2014). Didactic innovative proposal for mathematic learning at the university by the blended model. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 152, 796 – 801.
- HERNÁNDEZ, A. C., & Domínguez, P. A. (2020). Relationship of Airports, Population, Competitiveness Indexes, and Human Development with Confirmed and Deceased Cases by COVID-19: Need for Transdisciplinary Systemic Decisions. *Transdisciplinary Journal of Engineering & Science* 91, 11, 91-102.
- VALDERRAMA-BRAVO, M. C., Oaxaca-Luna, J.A. (2020). Retos en la enseñanza virtual en Matemáticas e Ingeniería ante la Pandemia. *Memorias Tercer Congreso Nacional de Tecnología (CONATEC 2020) Colegio de Técnicos Académicos de la FES Cuautitlán-UNAM.*
- VEGA, G. (2012) "Del expediente de una asignatura a la Clase Encuentro en la modalidad semipresencial, un problema metodológico a resolver" *Revista Cubana de Ingeniería*. 3.,3, 5-11.

APLICACIÓN DE UN DISEÑO INSTRUCCIONAL ADDIE EN APRENDIZAJES DE LA UNIDAD 1 DE QUÍMICA I DEL CCH

Adriana Jaramillo Alcantar¹, Guillermo Itzamna² Platas Jiménez, Marina Lucía Morales Galicia³, Julio César Botello Pozos⁴

¹*Colegio de Ciencias y Humanidades Plantel Naucalpan, Universidad Nacional Autónoma de México
adriana.jaramillo@cch.unam.mx*

²*Colegio de Ciencias y Humanidades Plantel Naucalpan, Universidad Nacional Autónoma de México
guillermoitzamna.platas@cch.unam.mx*

³*Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. Universidad Nacional Autónoma de México, mmoralesg40@hotmail.com*

⁴*Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. Universidad Nacional Autónoma de México
jcbotell@hotmail.com*

Resumen

Nos encontramos en un momento sociohistórico que nos permite el acceso a una gran cantidad de información en tan solo unos minutos; sin embargo, es tal la cantidad que disponemos, que la educación tiene el reto de conceder a alguna mayor relevancia que a otras (Bauman, 2007). Es decir; formar el criterio de los estudiantes para que manejen adecuadamente el exceso de información existente.

¿De qué manera práctica y eficaz podemos responder a esta situación en el aula a nivel bachillerato? No es suficiente darles saberes a los estudiantes. Hay que enseñarles a aprender por su cuenta. Es necesario orientarlos para que sean capaces de aprender a aprender, uno de los pilares de la educación (UNESCO) y a la vez forma parte de la filosofía del Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH).

En este trabajo se presentan los resultados de la aplicación de un diseño instruccional ADDIE (Análisis, Diseño, Desarrollo, Implementación y Evaluación), en el bachillerato, para la enseñanza y aprendizaje del tema: “La capacidad disolvente del agua y las mezclas”, incorporada dentro de la unidad 1,

titulada “Agua, sustancia indispensable para la vida” en la asignatura de Química I del CCH Plantel Naucalpan.

Se desarrollaron cinco fases: análisis inicial, diseño, desarrollo, implementación y evaluación. En la primera fase, se aplicó un cuestionario de conocimientos. Para la segunda y tercera fase, se diseñaron, seleccionaron y desarrollaron tanto materiales didácticos como actividades. Posteriormente, se implementó en el semestre 2021–I, en un grupo, con un total de 49 alumnos y al evaluarse se obtuvieron valores de ganancia de Hake y de eficiencia didáctica altos, lo que sugiere que el diseño instruccional aplicado influye positivamente en la interiorización de conceptos, habilidades digitales, el aprendizaje colaborativo y auto aprendizaje, necesarios en el periodo de pandemia que vivimos.

Palabras clave: ADDIE, agua, videos, autoaprendizaje, habilidades digitales

Antecedentes

Cuando el docente se plantea desarrollar un curso, sigue un proceso, de forma consciente y no rutinaria, con el fin de diseñar acciones formativas de calidad. El Diseño Instruccional (DI), constituye uno de los procesos para la creación de materiales y estrategias didácticas.

El DI ha sido definido por algunos autores como Bruner (1969), Reigeluth, Merrill, Wilson & Spiller (1980), Berger & Kam (1996), Reiser (2001), Richey, Fields & Foson (2001), como la propuesta de las fases y criterios que se requieren considerar en el proceso de aprendizaje e involucra las características propias del alumnado, docente y medio. Un DI adecuado, permite crear situaciones de aprendizaje y materiales más eficientes, eficaces y atractivos.

Los modelos de DI se fundamentan y planifican en la teoría de aprendizaje que se asumía en cada momento. De acuerdo con Reiser, (2001), históricamente, el DI adquiere importancia con Bloom en 1956, quien propone una taxonomía de objetivos educacionales que proveía a los instructores de una herramienta para decidir cómo impartir el contenido instruccional a los estudiantes de manera más eficiente. Sin embargo, en aquellos tiempos, todavía no se había ideado un proceso de diseño estandarizado. Gagné en 1965 planteó el análisis de objetivos de aprendizaje, así como la relación entre las diferentes clases de éstos con los DI apropiados.

En la década de los noventa, con el desarrollo tecnológico computacional y las ideas constructivistas, el DI sufrió modificaciones; Dick (1996) y Lebow (1993) observaron cómo los principios constructivistas podrían mejorar la práctica del DI, al proporcionar las condiciones para que los estudiantes construyeran su propia comprensión y su significado de la realidad.

Actualmente, los medios de comunicación han generado nuevas maneras de acercamiento al aprendizaje e instrucción. Ejemplo de ello es el uso de internet para el aprendizaje a distancia que hizo que los diseñadores instruccionales tuvieran que considerar distintos factores dentro de este nuevo ambiente.

Si los ambientes de aprendizaje no utilizan un DI adecuado, no seguirán una planificación apropiada del proceso formativo con una propuesta didáctica definida. Por tanto, el DI no debe dejarse de lado en la producción e implementación de ningún recurso educativo, sino que sirve como garantía de rigor y validez de todo el proceso.

Existe una variedad de DI, sin embargo, en este trabajo de investigación expondremos el caso del modelo ADDIE acrónimo de sus fases: Análisis, Diseño, Desarrollo, Implementación y Evaluación, en donde los resultados de

la evaluación formativa de cada fase pueden conducir al regreso a cualquiera de las fases previas. El producto final de una fase es el inicio de la siguiente fase.

Fue propuesto por Rusell Watson en 1981 (Morales, Edel, y Aguirre, 2014) y se fundamenta en la valoración de cada fase, es decir, de la evaluación inicial, procesual y final que permite realizar mejoras progresivas. La simplicidad del modelo y la flexibilidad para la inclusión de diversos factores es lo que le confiere eficacia.

Se presentan las fases, cuyas características son descritas por Sicán, Etelvina y Fernández (2014):

- Análisis. Implica analizar los conceptos previos necesarios que poseen los alumnos, el contenido temático y el entorno cuyo resultado será la descripción de una situación y sus necesidades formativas.
- Diseño. Se escogen temas del programa de estudios, deteniéndose especialmente en el enfoque pedagógico, en el modo de secuenciar y organizar el contenido.
- Desarrollo. La creación real (producción) de los contenidos y materiales de aprendizaje basados en la fase de diseño.
- Implementación. Ejecución y puesta en práctica de la acción formativa con la participación de los alumnos.
- Evaluación. Consiste en llevar a cabo la evaluación sumativa a través de pruebas específicas para analizar los resultados de la acción formativa.

El DI ADDIE se propone como alternativa para organizar las actividades que guíen hacia el aprendizaje autónomo del estudiante mediado por TAC (Tecnologías del Aprendizaje y Comunicación), tal como se describe en las cinco fases que componen al modelo. Cada fase genera un producto, que representa el análisis o los planes de todas las partes interesadas y cada entrega debe confirmarse o probarse, antes de que se conviertan en insumos para la siguiente fase en el proceso (Morales, Edel, y Aguirre, 2014).

Cabe mencionar, que el modelo ADDIE concibe al aula de clase como un lugar de aprendizaje donde se consideran factores como: el alumno, el contenido, el docente, recursos tecnológicos, el grupo y el contexto, todos en interacción mientras se trabaja con objetivos claros (Sicán, Etelvina y Fernández, 2014).

Objetivo(s)

Desarrollar un diseño instruccional ADDIE, para la enseñanza y aprendizaje del tema: la capacidad disolvente del agua y las mezclas, incorporada dentro de la unidad 1, titulada

“Agua, sustancia indispensable para la vida” en la asignatura de Química I del CCH Plantel Naucalpan

Método

Durante la aplicación de este DI, las clases se efectuaron a distancia, empleando Google Classroom, como plataforma asincrónica educativa, en la que se alojaron las actividades académicas.

La estrategia se diseñó con base en los aprendizajes del programa de estudios indicativo, el cual sugiere un tiempo de 10 horas, a cubrir en dos semanas. Por lo que cada semana, se asignó una actividad previa extra clase, que incluía los conceptos previos mínimos requeridos, para que posteriormente en sesión asincrónica se concretará lo revisado en equipos, empleando las salas de trabajo colaborativo de Zoom; es importante mencionar que al inicio de cada clase se destinaron unos minutos para preguntas relacionadas con la temática abordada.

Posteriormente, se realizaron actividades de recuperación de saberes, para detectar deficiencias y con el propósito de homologar los conocimientos del grupo. Enseguida, se prosiguió a realizar actividades en un ambiente colaborativo y participativo, donde se abordó la aplicación de los conceptos previamente revisados, haciendo uso de evaluaciones colaborativas. Además se crearon algunos videos para orientar las actividades a realizar, los cuales se muestran en la figura 1 y 2.



Fig. 1. Video capacidad disolvente del agua <https://www.youtube.com/watch?v=kk2yLDYAgZE>

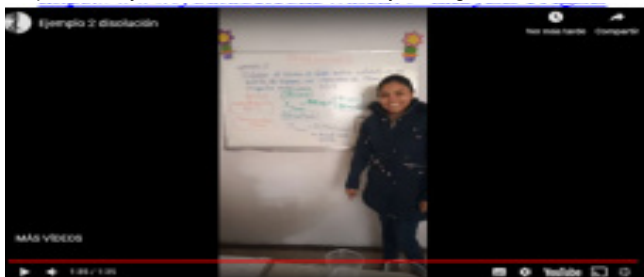


Fig. 2. Video capacidad disolvente del agua <https://youtu.be/SiB9oQ5Fiew>

Finalmente, se efectuaron actividades de cierre que permitieran a los estudiantes converger en lo revisado.

Resultados y discusión

Al aplicar el cuestionario previo los resultados mostraron que, se obtuvo en promedio la calificación de 5.16, (figura 3) lo que indica que los alumnos poseían algunos conocimientos básicos en química inorgánica, provenientes del nivel educativo inmediato anterior.

La desviación estándar (s) para los datos de evaluación diagnóstica fue de 1.46, la que revela la variación que existe entre el promedio general del grupo y las calificaciones de cada alumno, indicando cierta heterogeneidad de conocimientos previos en los estudiantes.

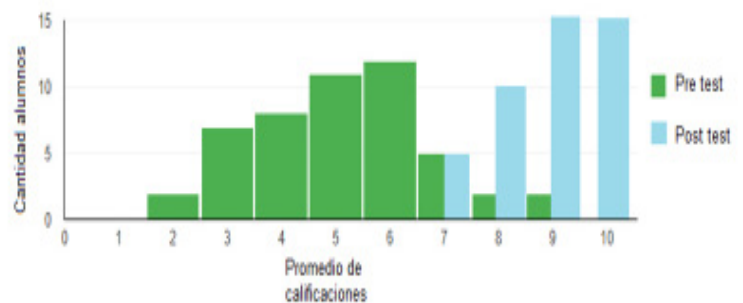


Fig. 3. Promedio de calificaciones test

Con respecto a la aplicación del cuestionario post, el promedio alcanzado fue 8.97, en este caso, los alumnos recibieron el módulo instruccional, descrito anteriormente. La s obtenida fue de 0.99, al contrastar este valor con el obtenido en el pre, se manifiesta que el DI favoreció la adquisición de los conocimientos, además, de homologar los saberes de los alumnos.

Acorde con los resultados expuestos, la ganancia normalizada (G_norm) de 0.86, que de acuerdo con los rangos propuestos por Hake (1998), es un valor alto, indica que existe una influencia favorable de la propuesta.

Por otra parte, en las actividades planteadas se consideró la aplicación y fomento de habilidades digitales (DGTIC, 2020) necesarias en los estudiantes, en estos momentos, donde se requiere autonomía y empleo de dispositivos móviles. Tales habilidades desarrolladas se presentan en la tabla 1.

Durante la estrategia, se fomentó el trabajo colaborativo y la aplicación del método científico mediante la generación de videos, mismos que se observan en la figura 4 y 5. En ellos, los alumnos concretan lo aprendido durante la estrategia así como el uso de habilidades digitales.

TEMA	APARTADO	HABILIDAD
ACCESO A LA INFORMACIÓN	Búsqueda de información	N1
	Uso del navegador.	N2
COMUNICACIÓN Y COLABORACIÓN EN LÍNEA	Trabajo colaborativo: blog y documentos compartidos.	N2
PROCESAMIENTO Y ADMINISTRACIÓN DE LA INFORMACIÓN.	Procesador de textos	N1
	Presentador electrónico	N1
MANEJO DE MEDIOS	Imagen	N1
EQUIPOS DE COMPUTO Y DISPOSITIVOS MÓVILES	Organización de la información.	N1
	Dispositivos móviles	N1
AMBIENTES	Plataformas	N2

Tabla 1. Matriz de habilidades digitales

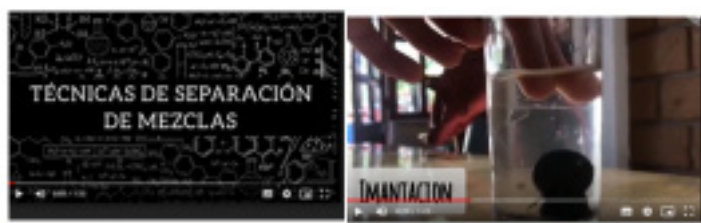


Fig. 4. Promedio de calificaciones test
<https://www.youtube.com/watch?v=y-7sGq7RMTM>

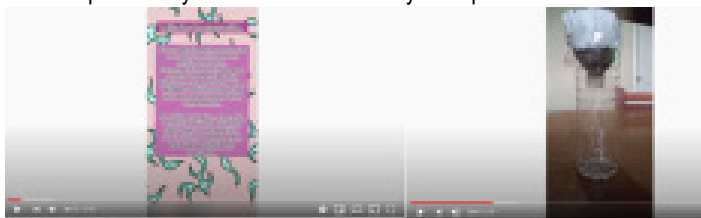


Fig. 5. Promedio de calificaciones test
<https://youtu.be/TEwI73X1UZI>

Finalmente, los alumnos coincidieron en haber alcanzado los objetivos de su aprendizaje y que los contenidos se cubrieron en el tiempo previsto; además se estimuló el estudio independiente y colaborativo (DI).

Conclusiones

En el DI implementado, se realizaron ajustes, tales como el tiempo inicial para preguntas y se incorporaron actividades para la revisión de los conceptos previos y al mismo tiempo homologar los saberes del grupo.

Además, se destinaron algunos minutos al final de la clase para la retroalimentación del alumnado lo que permitió revisar sus impresiones, sus logros o dificultades. Para después corregir y pulir detalles que omitieron. Con el método propuesto, el docente logra replantear las actividades para desarrollar los aprendizajes.

Al evaluar, a partir de la ganancia de Hake y eficiencia didáctica se demuestra que existió un impacto significativo al emplear el DI ADDIE

En la etapa de análisis del modelo ADDIE, se considera al estudiante como un ser integral, cuyo desarrollo se relaciona con su estilo cognitivo. Mientras que el docente, se concibe como un guía y gestor del aprendizaje, a partir de organizar y seleccionar contenidos con recursos apropiados que permitan generar ambientes propositivos para el aprendizaje.

Con este modelo promueve la autorregulación por parte de los estudiantes, como una oportunidad para reflexionar acerca de sus propias formas de aprender y las metas alcanzadas, esto acorde al modelo ADDIE en el que “las metas... mantienen el foco o significado durante todo el proceso en que se desarrollan las actividades” y evita la trivialidad, la artificialidad y lo simplificado, todo lo anterior es necesario en nuestro contexto educativo a distancia.

Referencias

- BAUMAN, Z., (2007). Los retos de la educación en la modernidad líquida. Barcelona, España: Gedisa.
- BERGER, C. & Kam, R. (1996). Definitions of Instructional Design. Adapted from “Training and Instructional Design”. Applied Research Laboratory, Penn State University. Recuperado el 8 de febrero de 2018, de: <http://www.umich.edu/~ed626/define.html>
- BRUNER, J., S., (1969) Hacia una teoría de la instrucción. México: Uthea.
- CASTAÑEDA, S. y Ortega, I. (2004). Evaluación de estrategias de aprendizaje y orientación motivacional al estudio. En S. Castañeda (Ed). Educación, aprendizaje y cognición: teoría en la práctica. México, Manual Moderno, pp. 277–299.
- UNAM DGTIC (2020) Matriz de habilidades digitales, consultada en [HTTPS://EDUCATIC.UNAM.MX/PUBLICACIONES/MATRIZ-HABILIDADES-DIGITALES-2014.PDF](https://educatic.unam.mx/publicaciones/matriz-habilidades-digitales-2014.pdf)
- DIAZ Barriga, F. (2006). Enseñanza situada. Vínculo entre la escuela y la vida. México: McGrawHill.
- DUFFY, T. & Jonassen, D. (1992). Constructivism and the Technology of Instruction: A conversation. Hillsdale, Nueva Jersey, EE.UU.: Lawrence Erlbaum Associates.
- MERTEL, B. (1998) Diseño instruccional y teoría de aprendizaje. Occasional Papers in Educational Technology.
- REIGELUTH, C. M., Merrill, M., D., Wilson, B. G. & Spiller, R.,T., (1980). The elaboration theory of instruction: A model for sequencing and synthesizing instruction. *Instructional Science*, 9 (3), 195–219
- REISER, R. A. (2001). A history of instructional design and technology. Trends and Issues in Instructional Design and Technology (págs. 57–67). New Jersey, EUA: Prentice Hall College Division.
- RICHEY, R. C., Fields, D. C. & Foxon, M. (2001). Instructional design competencias: The standards (3.ª ed.) New York, EUA: ERIC Clearinghouse.
- SHARIF, A., & Cho, S. (2015). Diseñadores instruccionales del siglo XXI: cruzando las brechas perceptuales entre la identidad, práctica, impacto y desarrollo profesional. *RUSC. Universities and Knowledge Society Journal*, 12 (3), 72–86.
- SICÁN C. S., Etefvina S. L. & Fernández M. K. (2014). Implementación del modelo ADDIE en el diseño instruccional del Curso de Inglés Básico de la Universidad Gerardo Barrios de El Salvador.

CURSO PARA DOCENTES DE MICROSOFT TEAMS EN EL BACHILLERATO UNAM

Guillermo Itzamna Platas Jiménez¹, Adriana Jaramillo Alcantar²

¹*Colegio de Ciencias y Humanidades Plantel Naucalpan, Universidad Nacional Autónoma de México
guillermoitzamna.platas@cch.unam.mx*

²*Colegio de Ciencias y Humanidades Plantel Naucalpan, Universidad Nacional Autónoma de México
adriana.jaramillo@cch.unam.mx*

Resumen

Ante la situación actual de la pandemia, los docentes hemos buscado los medios para mantener una educación digital, es ahí donde cobran importancia las plataformas educativas, para mantener un control de actividades y evaluaciones. Entre dichas plataformas, se encuentra Microsoft Teams, siendo una herramienta de colaboración y comunicación que crea espacios de enseñanza aprendizaje en un entorno digital, adecuando diferentes formas de colaboración en las que están inmersos tanto alumnos, como docentes. La Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) ha brindado esta herramienta digital a toda la comunidad universitaria ya sea para alumnos, docentes, administrativos y directivos y que ellos, saquen el mayor provecho de esta herramienta digital antes esta situación.

Para esto, es necesario capacitar y enseñar a todos en el uso adecuado y óptimo de este tipo de plataformas que la institución nos ofrece. Se requiere de cursos, talleres y capacitaciones estratégicamente diseñados, para que de esta manera se pueda implementar su pronto en las clases virtuales de acuerdo con el contexto que nos enfrentamos. Tomando en consideración los escenarios de aprendizaje activo y el aula invertida. Se diseñó, desarrolló y aplicó un curso para docentes del nivel medio superior, para el adiestramiento en el uso de Microsoft TEAMS, en el cual se mostró crear elementos de clase, creación de recursos digitales y la administración de tareas permitiendo al docente centrar su tiempo en la clase. Los resultados muestran la satisfacción y aplicación que los docentes ante el curso, esto responde a la necesidad de la actualización docente ante los nuevos paradigmas que nos presenta la actualidad.

Palabras clave: TEAMS, plataformas digitales, cursos docentes

Antecedentes

A unos meses de vivir la pandemia como parte de nuestras vida y que a su vez este suceso ha provocado cambios relevantes en el comportamiento de las personas y en actividades del día a día que llevan a cabo, cómo el cuidado personal, las rutinas diarias, compras, trabajo a distancia y la educación. Ante estos cambios radicales, la educación se ha tenido que adaptar a estas nueva dinámica.

Esto, ha implicado cambios en la dinámica del quehacer aprendizaje-enseñanza, que representa un reto para los estudiantes y profesores. Además, se ha tenido que emplear herramientas digitales para la impartición de clases, sin sacrificar la eficacia y calidad que se daba en las aulas presenciales.

Esta nueva práctica, genera un reto más para los docentes, “en cómo se puede hacer uso de la tecnología, y de qué manera se logra integrar a su práctica docente, ya que su formación TIC es deficiente” así lo menciona Bautista, Martínez e Hiracheta Torres, R. (2014).

Esto se debe a que, para muchos profesores el empleo de herramientas digitales implica ciertas desventajas, si no se conocen y se saben usar de manera adecuada.

Como comenta García, Laura (2020) “aunque el uso de herramientas tecnológicas como las aulas virtuales, las bibliotecas digitales o las conferencias virtuales no son nuevas, pues desde hace años han sido usadas en la educación abierta y en la educación a distancia, su implementación en la educación presencial, puede ser muy poco conocida y empleada”. Lo que implica generar nuevos conocimientos y habilidades para emplear estas herramientas en la educación.

Todos los partícipes en la educación como alumnos, administrativos, docentes y directivos, deben adentrarse al Mundo de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones digitales (TIC) y Tecnologías para el Aprendizaje y el Conocimiento (TAC) y conocer las variantes, opciones y diferentes plataformas que actualmente existen, además de reconocer las ventajas, características y posibilidades que ofrecen cada una de ellas, para que así, se elija la mejor opción de acuerdo a las necesidades de los alumnos y docentes para el desarrollo del quehacer enseñanza-aprendizaje.

Si bien, se tienen muchas opciones y propuestas, el conocer y usar la mejor opción es complicado, más aún cuando el tiempo sigue su curso y si previa preparación se convierte en una dificultad para los docentes.

Las instituciones educativas, ofrecen y promueven diferentes opciones de herramientas, plataformas y recursos digitales, por lo que la demanda de cursos y talleres para conocer y aprender a usar cada una de estas tecnologías se ha convertido en una necesidad constante que requiere una atención inmediata para continuar con esta nueva dinámica en la educación.

Objetivo

*General

Desarrollar e implementar un curso para el uso de la plataforma virtual Microsoft TEAMS en el bachillerato del CCH Plantel Naucalpan.

*Particulares

Lograr que los docentes identifiquen y apliquen Microsoft TEAMS como plataforma virtual

Método

Se diseñó un curso en línea dirigido a docentes para conocer la plataforma virtual Microsoft TEAMS y aprender su uso a partir del reconocimiento de las funciones básicas y esenciales que puede utilizarse en la actividad docente del CCH Naucalpan. Debido a que esta plataforma virtual es un recurso digital que la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) brinda a estudiantes y docentes gratuitamente, los docentes presentan el interés de conocerlo y usarlo.

Este curso se diseñó por 20 horas en las que se conoce y se usa esta plataforma desde lo más básico enfocado en la práctica docente adecuada al CCH. Mediante un plan de trabajo que permite a los participantes del curso crear elementos de clase, creación de recursos digitales y la administración de tareas permitiendo al docente centrar su tiempo en la clase.

La figura 1 presenta el contenido temático desarrollado en el curso.

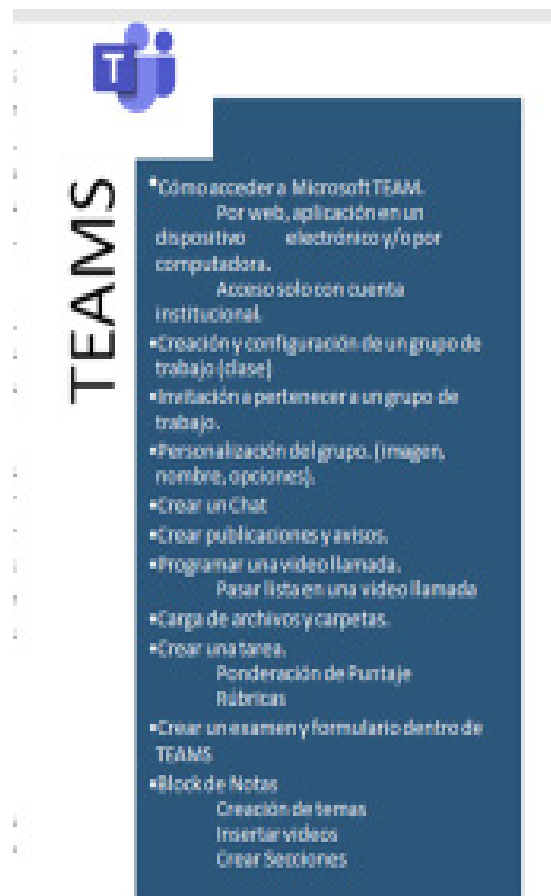


Fig. 1. Contenido temático del curso

Dicho contenido temático fue abordado en sesiones de dos horas diarias por un mes, el cuál una hora fue destinada a clase sincrónica en línea por medio de videollamadas de la misma aplicación de TEAMS y la otra hora de manera asincrónica, destinada para que cada participante realice actividades y prácticas en la plataforma de lo abordado previamente en línea.

La estrategia para este curso se diseñó con base a un diplomado de Microsoft TEAMS ofrecido en colaboración de Microsoft y la UNAM. en base a este diplomado se diseñó el curso de tal manera que los aprendizajes fueran debidamente considerados para los docentes y sus necesidades en las aulas fueran abordados, tomando en consideración los escenarios de aprendizaje activo y el aula invertida que pueden implementarse mediante esta plataforma.

Además como recurso de apoyo, se crearon videotutoriales para cada tema y se compartieron cada uno de estos a todos los participantes, que además, sirven como respaldo temático para el aprendizaje de cada participante.



Fig. 2. Video ¿Cómo abrir y descargar la aplicación de TEAMS? https://youtu.be/_xX0xsEJO84



Fig. 3. Video: creación de un grupo de trabajo en TEAMS <https://youtu.be/cn64Tu0TLgM>

Finalmente, se efectuaron actividades de cierre que permitieran a los participantes converger en lo revisado.

Resultados y discusión

Al finalizar el curso se aplicó un cuestionario para evaluar el curso y la opinión de los participantes acerca de estos resultados.

Dicho cuestionario contempla tres rubros de evaluación, estos son: Sobre generalidades del curso, sobre la utilidad del curso y sobre el contenido del curso; además, de una pregunta abierta sobre la opinión general de cada participante.

Cada rubro, tiene enunciados para ser valorados de acuerdo a la opinión de los participantes. Para cada una de las siguientes afirmaciones se maneja la valoración con valores del 1 al 5. Siendo 5 el valor mayor y 1 el menor. Además, se evaluó con escala likert para ciertos rubros.

A continuación, se muestra el cuestionario de evaluación para los participantes en las figuras de 4 a la 7.

Fig. 4. Evaluación de curso. Sobre generalidades

Referente al curso (generalidades). *

Instrucciones: marca la opción correspondiente a la valoración que consideres adecuada para cada una de las siguientes afirmaciones. El valor mayor es 5 y el menor es 1.

	5	4	3	2	1
El o los propósitos se especificaron desde el inicio del curso.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
El o los propósitos se cumplieron desde el inicio del curso.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Los materiales e lecturas del curso fueron adecuados y suficientes para este curso.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
El tiempo fue suficiente para cubrir todas las actividades establecidas en el curso.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Las actividades de aprendizaje fomentaron el logro de los propósitos del curso.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Fig. 5. Evaluación de curso. Sobre utilidad del curso

Referente a la utilidad del curso. *

Instrucciones: marca la opción correspondiente a la valoración que consideres adecuada para cada una de las siguientes afirmaciones. El valor mayor es 5 y el menor es 1.

	5	4	3	2	1
El curso permitió adquirir habilidades para el uso de TEAMS	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
El curso permitió desarrollar mi clase en TEAMS	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
El curso permitió reflexionar sobre más necesidades o problemáticas a las que me enfrento en el uso de TEAMS	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
El curso permitió obtener propuestas para mejorar e innovar mi práctica educativa.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Fig. 6. Evaluación de curso. Sobre el contenido.

Selecciona el contenido del Curso *

Instrucciones: marca la opción correspondiente la valoración que consideres adecuada para cada una de las siguientes afirmaciones.

	Totalmente de acuerdo	De acuerdo	Ni en acuerdo ni en desacuerdo	En desacuerdo	Totalmente en desacuerdo
El curso en línea : ¿abordó lo que esperaba?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Las temáticas abordadas a lo largo del curso me sirvieron para tener más herramientas en mi labor docente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Las temáticas y sus respectivas actividades me parecieron adecuadas para poner en práctica lo visto.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Los profesores del curso me hicieron sentir en confianza para expresar mis dudas sobre las actividades del curso.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Fig. 7. Evaluación de curso. Opiniones y sugerencias

Observaciones y comentarios.

Escribe tu opinión sugerencias o comentarios referente al curso.

Tu respuesta

Los resultados obtenidos sobre la evaluación en las generalidades del curso, se obtuvo que en los 5 enunciados con un porcentaje mayor al 90% de los participantes calificaron afirmación con valor de 5 (más alto) para cada una de las afirmaciones. Demostrando que en términos generales el curso cumplió adecuadamente con los propósitos, materiales, tiempos actividades de aprendizaje.

Los participantes evaluaron el curso sobre la utilidad de este, de la siguiente manera, más del 95% evaluó con el valor más alto (5) cada una de las cuatro afirmaciones. Esto muestra que para dichos participantes fué muy útil el curso en cuanto a las habilidades adquiridas, desarrollo de actividades, necesidades y propuestas de innovación.

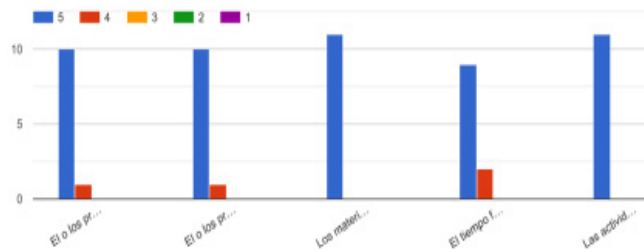


Fig. 8. Resultados. Sobre generalidades.

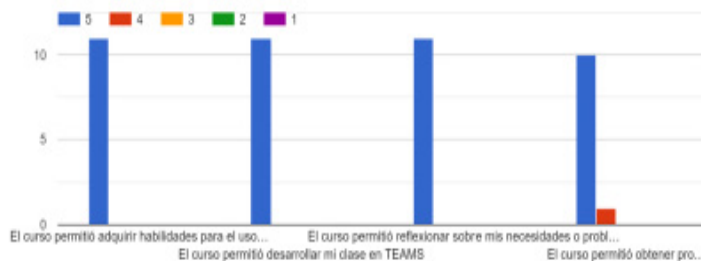


Fig. 9. Resultados. Sobre la utilidad del curso.

En la evaluación sobre el contenido del curso, se obtuvo de resultados que más del 95% de los participantes están totalmente de acuerdo con el contenido de dicho curso, considerando que los temas y actividades son adecuados, útiles, se cumplió con lo esperado.

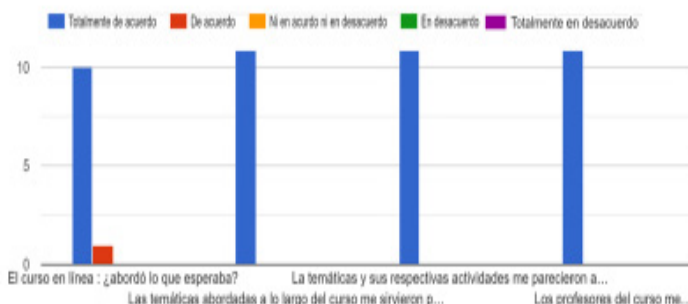


Fig. 10. Resultados. Sobre el contenido.

Para finalizar se obtuvieron como retroalimentación algunas observaciones y sugerencias por parte de los participantes, la mayoría favorables con puntos importantes a considerar en siguientes emisiones del curso.

Conclusiones

Los alumnos y docentes requieren una preparación dedicada para el uso adecuado de plataformas y recursos digitales, antes esta nueva dinámica en el ámbito de la educación se requiere apoyo continuo para aprovechar estas tecnologías de la manera más óptima. Si las instituciones como la UNAM ofrece una variedad de recursos y plataformas gratuitas, con mayor razón, debemos tener estas oportunidades de capacitarnos para usar de manera eficiente los recursos ofrecidos.

Es por esto, que el diseño adecuado y detallado en la que, se tomen en cuenta el contexto, necesidades y participantes de estos cursos, es necesario para la capacitación óptima del uso de estas herramientas.

Además, se requiere una diversidad amplia de ofertas de cursos, talleres, y opciones de capacitación que si se realizan de la manera correcta, será muy útiles para los alumnos y docentes. Pero, también debe considerarse la premura en que los docentes requieren estas ofertas de capacitación ya que esto facilita la pronta implementación en las clases y labor docente, que no puede esperar más.

Cómo se muestra en este documento, con las respectivas evidencias, los docentes se verán beneficiados cuando los cursos están diseñados de manera estratégica, con base en el contexto y necesidades que se presentan en las aulas y en los estudiantes. De esta manera, los participantes de estos cursos, podrán llevar a la práctica de manera inmediata los aprendizajes, actividades y habilidades adquiridas en su capacitación. De no estar diseñado de manera adecuada cada uno de estos cursos, en el mejor de los casos, no habrá aprendizajes llevar a cabo, en otros escenarios, podría causar más confusión en los participantes, causará dificultades e incluso podrá lograr un retroceso por el tiempo mal invertido con respecto a los aprendizajes adquiridos y que en estos tiempos, es necesario dedicar e invertir el tiempo en cursos eficientes, óptimos y de calidad para lograr los objetivos que día a día se presentan en el quehacer enseñanza-aprendizaje con otros docentes y sobre todo con los alumnos.

Por último, las instituciones educativas, los docentes y alumnos deben optar por la actualización constante, buscar reducir los rezagos en la educación partiendo siempre desde el conocimiento, para que con ellos, siempre se busque la mejor forma de llevar el aprendizaje de la mejor manera, asegurando la eficiencia y calidad, como mencionan Bautista, Martínez & Hiracheta, “deben crearse métodos para que el estudiante aprenda y no para que el profesor enseñe; para esto, la tecnología propicia el medio, el resultado son los entornos de aprendizaje virtuales, que permite al profesor, de una manera pedagógica, gestionar y diseñar contenidos para ampliar sus conocimientos sobre algún tema, pero que, además, posibilita diseñar actividades y evaluaciones que propicien una retroalimentación y comprobación de los objetivos propuestos” (p. 187, 2014).

Con esta idea, aseguraremos que nuestro quehacer en el aprendizaje-enseñanza se logre y siempre avances, evolucionen y tanto los docentes directivos y estudiantes se vean beneficiados en su crecimiento personal y profesional.

Referencias

- BAUTISTA Sánchez, M. G., Martínez Moreno, A. R., y Hiracheta Torres, R. (2014). El uso de material didáctico y las tecnologías de información y comunicación (TIC) para mejorar el alcance académico. *Ciencia y Tecnología* No. 14, pp. 183-194.
- GARCÍA, L. Coronavirus. Educación y uso de tecnologías en días de pandemia. *Ciencia UNAM-DGDC*. Fechas de consulta 19/11/2020. Artículo consultado en <http://ciencia.unam.mx/leer/1006/educacion-y-uso-de-tecnologias-en-dias-de-pandemia>
- MARTIN, L. y Tapp, D. (2019). Enseñar con equipos: una introducción a la enseñanza de un módulo de derecho de pregrado utilizando Microsoft Teams. *Práctica innovadora en educación superior* , 3 (3).
- PAL, D. y Vanijja, V. (2020). Evaluación de la usabilidad percibida de Microsoft Teams como una plataforma de aprendizaje en línea durante COVID-19 utilizando la escala de usabilidad del sistema y el modelo de aceptación de tecnología en India. *Revisión de servicios para niños y jóvenes* , 119 , 105535.
- LAG, BN (2020). Descripción general de Microsoft Teams. En *Descripción de la administración de Microsoft Teams* (págs. 1-36). Apress, Berkeley, CA.
- BUCHAL, R. y Songsore, E. (2019). Usar Microsoft Teams para respaldar la creación de conocimientos colaborativos en el contexto de la evaluación de la sostenibilidad. *Actas de la Asociación Canadiense de Educación en Ingeniería (CEEAA)* .

TRANSFORMACIÓN DE HECES CANINAS EN HUMUS COMO PRÁCTICA EXPERIMENTAL PARA LA ASIGNATURA DE INGENIERÍA AMBIENTAL (FES ACATLÁN)

*Alejandra Guadalupe Villegas Pañeda*1, Hermenegildo Arcos Serrano¹*

¹Facultad de Estudios Superiores Acatlán, Universidad Nacional Autónoma de México, alejandragvipa@gmail.com

Resumen

El análisis de las encuestas enseñanza-aprendizaje en la Facultad de Estudios Superiores Acatlán (FESA) ha permitido detectar la necesidad de complementar la enseñanza teórica de la asignatura de Ingeniería Ambiental con experiencias prácticas aplicables a la solución de problemas actuales. Entre los problemas ambientales prioritarios y menos atendidos en México está la contaminación con heces caninas en espacios públicos urbanos con efectos en el suelo, el agua y el aire, además de representar un riesgo de salud humana. El contenido de macronutrientes de las excretas caninas puede dirigir su disposición hacia la transformación de estos residuos en abono orgánico. El objetivo de este trabajo fue implementar la biotransformación de heces caninas en humus de lombriz como práctica experimental a pequeña escala para los estudiantes de Ingeniería de la FESA. Se realizó un análisis químico básico del humus obtenido y un ensayo de índice de germinación para identificar su posible fitotoxicidad. El pH y la conductividad eléctrica del humus cumplen con la norma mexicana NMX-FF-109-SCFI-2008, parámetros que son indicadores de su calidad. Respecto al IG, el humus se clasificó como fitonutriente. La práctica se realizó como un taller virtual con estudiantes de la asignatura de Ingeniería Ambiental y para público general, con un total de 87 asistentes. Esta práctica se llevará a cabo con los estudiantes en el siguiente semestre presencial y se incluirá en la propuesta de Manual de Prácticas Experimentales para la asignatura de Ingeniería Ambiental de la FESA.

Palabras clave: heces caninas, humus, práctica experimental, fitotoxicidad.

Antecedentes

La Facultad de Estudios Superiores Acatlán (FESA) es una de las 3 entidades de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) que imparte la carrera de Ingeniería Ambiental para la formación de Ingenieros Civiles además de la Facultad de Ingeniería y la FES Aragón. Con base en las encuestas Enseñanza-aprendizaje dirigidas a los estudiantes de Ingeniería Ambiental de FESA, se ha detectado la necesidad de complementar la enseñanza teórica con experiencias prácticas (FESA, 2020). Entre los profesores de la asignatura, sólo el 25% ha llevado a cabo alguna práctica. Por ejemplo, una de ellas consistió en compostaje a pequeña escala y otra en una simulación del efecto de la lluvia ácida en materiales carbonatados, con vinagre y gises. El programa de Ingeniería Ambiental comprende temas de prioridad actual: Contaminación del agua, Contaminación del aire, Contaminación del suelo y Energía, para los cuales, la experiencia práctica es indispensable para que el estudiante adquiera conocimiento pleno de ellos, comprenda la relevancia de los temas, se reconozca como responsable de los cambios y los perjuicios del ambiente, y se responsabilice de sus obligaciones ambientales.

Entre los problemas prioritarios y menos atendidos en México está la contaminación con heces caninas en espacios públicos urbanos. Se calcula que en nuestro país habitan cerca de 19 millones de perros y el 70% de ellos vive en la calle. Tan sólo en la Ciudad de México se calcula que

habitan 1 200 000 canes (El Universal, 2018) La cantidad de heces producidas anualmente por estos animales en todo el territorio nacional puede calcularse en 3 millones de T. La disposición inadecuada y común de este tipo de residuo orgánico contamina el suelo, el agua y el aire por su composición química y microbiológica. Además, representa un riesgo a la salud humana (UNAM, 2008). La gestión adecuada de heces caninas es por lo tanto un reto actual para los profesionistas de la Ingeniería. La presencia en las heces caninas de macronutrientes esenciales para las plantas orienta su tratamiento hacia el compostaje o la digestión anaerobia. Las excretas caninas contienen un promedio de 0.7% de nitrógeno, 0.25% de P₂O₅ y 0.02% de K₂O. Un estudio reciente comprobó la eficiencia del compostaje como una opción para el procesamiento de estos residuos (Nemiroff y Patterson, 2007). Con base en lo anterior, el compostaje con lombrices de la mezcla de excretas caninas con un material rico en carbono, puede acelerar el proceso de degradación y convertirse en una opción económica y viable para el tratamiento de estos residuos.

Objetivo

Implementar una práctica experimental de biotransformación de excretas caninas mediante lombricompostaje para la asignatura de Ingeniería Ambiental en la FESA y evaluar la fitotoxicidad del abono obtenido.

Parte experimental (u otro título similar si es más descriptivo de lo presentado)

Lombricompostaje de heces caninas: La materia fecal se obtuvo de 2 canes domésticos de talla chica. Como sustrato de lombricompostaje se utilizó hojarasca de la FES Acatlán. Se utilizaron cajas plásticas de 5L como cajones para lombricompostaje. Éstos se llenaron con los residuos orgánicos en capas, siendo la primera capa de hojarasca y después excretas hasta completar el volumen del cajón. La última capa también consistió en hojarasca. La proporción de excretas caninas y hojarasca empleada fue 1:1 (v:v). Una vez completado el volumen, el material se humedeció con agua corriente para promover el proceso de compostaje (etapa termófila). La temperatura ascendió a 43°C y se vigiló que la temperatura se mantuviera así por 3 días. Posteriormente, se permitió descender la temperatura hasta temperatura ambiente y se sembró un inóculo de 100 lombrices (*Eisenia foetida*) por cajón. El proceso de lombricompostaje se monitoreó continuamente para mantener una humedad de entre 60 y 70%, se humectó con agua corriente. El experimento se estableció por duplicado. Después de 95 días, se cosechó el lombricompost, se dejó secar al ambiente y se tamizó a través de una malla de 5 mm (casera). Se determinó el pH y la conductividad eléctrica del producto con base en la NMX-FF-109-SCFI-2008.

Índice de germinación: El ensayo se realizó con base en el método de Fain et al. (2018). Se utilizaron cajas Petri de 100mm de diámetro a las cuales se les colocó un papel filtro (tipo Whatman #3) y sobre él se acomodaron 10 semillas de rábano “Champion” (*Raphanus sativus*) marca ERG Standard. La muestra y el control se realizaron por duplicado.

Para realizar el extracto acuoso de lombricompost 1:15 (m/v), se pesó 10 g del lombricompost y se dejó secar a temperatura ambiente. Se tamizó a través de una malla de 2mm y se molió. Se pesó 2g de lombricompost seco y molido y se le añadió 30 mL de agua destilada. La mezcla se agitó durante 15 minutos y posteriormente, la suspensión se centrifugó a 2500 rpm durante 10 minutos (Hetich®). El sobrenadante se filtró a través de papel filtro tipo Whatman #3. Se tomó 10 mL del extracto acuoso de lombricompost 1:15 y se vertió cuidadosamente sobre el papel filtro, eliminando las burbujas de aire. Para el control, se utilizó 10 mL de agua destilada. Se incubó en oscuridad a 25±2°C durante 48h, Después de este tiempo se contó el número de semillas germinadas en cada caja Petri, contándose como tales aquellas con longitudes radiculares ≥1 mm. La longitud radicular se midió con una regla. El índice de germinación se calculó con base en las siguientes ecuaciones (Zucconi et al. 1981).

%Germinación Relativa de Semillas (GRS)

$$\%GRS = \frac{\text{Promedio de semilla germinadas con exto problema}}{\text{Promedio de semillas germinadas control}} \times 100$$

Crecimiento Relativo de la Radícula (CRR)

$$\%CRR = \frac{\text{Longitud promedio de la radícula con exto problema}}{\text{Longitud promedio de la radícula control}} \times 100$$

Índice de Germinación (IG)

$$\%IG = \frac{GRS + CRR}{100}$$

Resultados y discusión

La cosecha del lombricompost a los 35 días se realizó con base en el aspecto físico del material: granulado, color oscuro y olor a tierra húmeda. El aspecto de las lombrices también (disminución de peso) fue también un parámetro de decisión. Se añadió una etapa termófila o de pre-compostaje para eliminar la posible presencia de microorganismos patógenos y parásitos. El pH y la conductividad eléctrica (CE) del humus obtenido se muestra en la Tabla 1.

Parámetro	Humus heces	Guía oficial
pH	7.9±0.2	5.5-8.5
CE (ds/m)	2.2±0.9	≤4

Tabla 1. Análisis preliminar de humus de heces caninas con base en la NMX-FF-109-SCFI-2008.

Los dos parámetros analizados del humus de lombriz a partir de heces caninas cumplen con especificaciones de la guía oficial mexicana para lombricompost. El pH y la CE son parámetros analíticos fundamentales en la calidad de un abono orgánico, ya que el pH afecta directamente la disponibilidad de nutrientes en el suelo (Zapata, 2004), mientras que la CE, como medida de la cantidad de sustancias solubles en el producto, está directamente relacionada con el pH y es una medida de mineralización del sustrato. Los resultados obtenidos son indicadores de un abono orgánico de calidad y son parámetros que pueden ser analizados en una sesión práctica experimental en los laboratorios de Ingeniería de la FESA.

El índice de germinación para determinar la aplicabilidad agronómica de un lombricompost, sobre todo del producido a partir de un sustrato experimental como heces caninas, es muy importante. El IG es un ensayo biológico que permite estimar el grado de fitotoxicidad que puede ejercer un material antes de ser incorporado en un suelo y se considera un parámetro de madurez de compost. Es un indicador de la presencia de compuestos orgánicos tóxicos como ácidos orgánicos- acético, propiónico y butírico- compuestos fenólicos hidrosolubles, amoníaco, entre otros, todos ellos originados en la fase bio-oxidativa (Iglesias Jimenez, 2017). El IG (Tabla 2) del lombricompost obtenido con heces caninas muestra ausencia de fitotoxicidad del producto y puede ser clasificado como un fitonutriente o fitoestimulante (Zucconi et al. 1981), ya que el valor de IG excede el 100%.

La práctica de transformación de heces caninas en humus de lombriz, el análisis de pH, conductividad eléctrica, así como índice de germinación se llevará a cabo durante el siguiente semestre regular presencial con alumnos de la asignatura de Ingeniería Ambiental. La práctica comenzará en la tercera semana de actividades para que los alumnos perciban la transformación de un residuo. Debido a la contingencia sanitaria que vivimos desde el mes de marzo de 2020, sólo se logró llevar a cabo un taller en línea en agosto de 2020 con los alumnos de Ingeniería Ambiental y abierto a público general respecto a esta práctica. Se contó con la presencia en línea de 87 asistentes.

Conclusiones

Se obtuvo un humus de lombriz con calidad de fitonutriente y con características (pH y CE) prometedoras a partir de heces caninas. El proceso de biotransformación de este residuo es de 100 días. El lombricompostaje puede ser una alternativa viable para el problema de contaminación urbana con fecalismo canino. Esta práctica experimental es viable para realizarse en los laboratorios de Ingeniería en la FESA en un semestre regular con alumnos de Ingeniería Ambiental, se incluirá en la propuesta de Manual de Prácticas Experimentales para la asignatura de Ingeniería Ambiental de la FESA y servirá de enlace para una práctica experimental de remediación de suelo con humus de lombriz. Es necesario complementar el estudio químico y microbiológico del abono obtenido.

Parámetro	Control	Humus heces
Semillas germinadas	9±0.0	9±0.0
Longitud radicular	6.5±3.4	9.1±2.3
%IG	-	140

Tabla 2. Índice de germinación de humus de heces caninas.

El ensayo de IG puede ser llevarse a cabo en los laboratorios de Ingeniería para demostrar con un experimento sencillo la estabilización de un residuo contaminante en un fitonutriente aplicable al suelo.

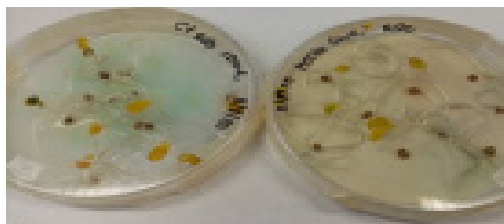


Fig. 1. Ensayo de germinación (control y extracto)

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Ing. Rubi Pérez Vera, jefa del Departamento de Tecnología Ambiental por el apoyo para la realización de este trabajo y a la UNAM-DGAPA por el financiamiento del proyecto PAPIME 104020.

Referencias

- EL Universal. México, país con más perros callejeros (2018). Disponible en <https://www.eluniversal.com.mx/nacion/sociedad/mexico-pais-con-mas-perros-callejeros-en-al>. Fecha de consulta: 7 de noviembre de 2020.
- FAIN Bain V., Butti M., Torti M.J. (2018). Índice de germinación como indicador de madurez en compost de residuos de incubación. *Avicultura* 10,37, 54-57.
- IGLESIAS Jimenez, E. S/F. Métodos y parámetros FÍSICOQUÍMICOS, bioquímicos y microbiológicos del proceso de compostaje. Evaluación de la calidad. (2014) Material de estudio del Máster universitario en gestión, tratamiento y valorización de residuos orgánicos, Universidad de Salamanca. Fecha de acceso 9 de noviembre de 2020.
- FESA, Resultados Encuesta enseñanza aprendizaje (2020). Disponible en https://encuestas.acatlan.unam.mx/aprendizaje/login_alumno.php. Fecha de consulta 6 de noviembre de 2020.
- NEMIROFF, L., Patterson, J., 2007. Design, testing and implementation of a large-scale urban dog waste composting program. *Compost Sci. Util.* 15, 237–242.
- ZAPATA, R. (2004). Química de la acidez del suelo. Bdigital, Repositorio Institucional UN. Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. Fecha de acceso 11 de noviembre de 2020.
- UNAM, Los perros son un amor, sus heces, un riesgo. (2019). Disponible en <http://ciencia.unam.mx/leer/855/los-perros-son-un-amor-sus-heces-un-riesgo>. Fecha de consulta 7 de noviembre de 2020.
- ZUCCONI, F., A. Pera, M. Forte, and M. de Bertoli (1981). Evaluations toxicity in immature compost. *BioCycle* 22, 54-57.

LA TUTORÍA COMO ESPACIO DE ORIENTACIÓN PSICOPEDAGÓGICA EN ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS: EXPERIENCIA SIGNIFICATIVA DE APRENDIZAJES PARA LA VIDA

Montserrat Espinosa Santamaría *¹, Valeria Álvarez Corona², Daniela Borja Aparicio³, Natalia González Farela⁴, Rosa Elena Hernández Barrios⁵, Daniel Marin Moreno⁶, Irery Arlett Medina Hernández⁷, Dionisio Sebastián Pérez Ortiz⁸, Aarón Yair Sosa Martínez⁹, Marcela Suárez Quezada¹⁰

¹Facultad de Psicología, Universidad Nacional Autónoma de México, montserrat.espinosa.s@gmail.com

²Facultad de Psicología, Universidad Nacional Autónoma de México, valeriana050601@gmail.com

³Facultad de Psicología, Universidad Nacional Autónoma de México, danielaborjaa27@gmail.com

⁴Facultad de Psicología, Universidad Nacional Autónoma de México natgonfar2000@hotmail.com

⁵Facultad de Psicología, Universidad Nacional Autónoma de México, ros230299@gmail.com

⁶Facultad de Psicología, Universidad Nacional Autónoma de México daniel.marin.1f@gmail.com

⁷Facultad de Psicología, Universidad Nacional Autónoma de México, irery1430@gmail.com

⁸Facultad de Psicología, Universidad Nacional Autónoma de México, sebastian_perez@comunidad.unam.mx

⁹Facultad de Psicología, Universidad Nacional Autónoma de México aaron.sosa.02@gmail.com

¹⁰Facultad de Psicología, Universidad Nacional Autónoma de México, marcela.suarez@comunidad.unam.mx

Resumen

Este trabajo pretende dar a conocer la experiencia en la tutoría con un grupo de 9 estudiantes de la Facultad de Psicología, ante las condiciones presentadas durante 2020. Se realizaron adecuaciones y diseñó un PAT (Plan de Acción Tutorial) con base en las características y necesidades expresadas por los tutorados. La tutoría es a lo largo de todo el semestre, consiste en sesiones individuales y grupales intercaladas. Se aborda la experiencia de las sesiones grupales durante el semestre

2020-2, las temáticas trabajadas fueron: Integración del Grupo, Autorregulación Emocional y Administración del Tiempo en momentos de confinamiento, Hábitos de estudio en la transición a la modalidad a distancia, Recapitulando sobre la primer semana de actividades a distancia, Metacognición y Técnicas de estudio, Aprendizaje por tipo de contenido, Pirámide de la Autoestima. Los resultados cualitativos expresados por los tutorados se evidencian en sus diarios de tutoría.

Palabras clave: Orientación Psicopedagógica, Tutoría, Plan de Acción Tutorial, Competencias para la Vida, Aprendizaje Significativo, Autorregulación, Metacognición.

Antecedentes

Es importante la distinción entre los conceptos de “Educativa” y “Vocacional” en dos categorías distintas, aunque guardan entre sí una estrecha relación. Para Gordillo (1986, en Pérez 2007) la Orientación es un elemento fundamental del proceso educativo y la concreción individualizada de este proceso, no restringido únicamente al ámbito de lo vocacional; vislumbra a ésta como una ciencia práctica no solo por ser de y para la acción, sino especialmente por surgir en y desde la acción.

Rafael Bisquerra es Doctor en Ciencias de la Educación, psicopedagogo, catedrático y experto en Orientación, sus obras han contribuido a la caracterización de la Orientación Educativa en la época contemporánea, y explica la variedad de términos relacionados que, en ocasiones se utilizan de forma poco precisa o incluso erróneamente como sinónimos (2001):

- Orientación Escolar: Proceso de ayuda al alumno en los temas relacionados con el estudio y la adaptación a la escuela, término mayormente utilizado en Europa.
- Orientación Educativa: Ampliación del concepto anterior, ya que lo educativo es más amplio que lo escolar, término como traducción de “educational guidance” mayormente utilizado en América.
- Orientación Profesional: Proceso de ayuda en la elección profesional, basada principalmente en el conocimiento del sujeto y las posibilidades del entorno.
- Orientación Vocacional/Educación para la carrera: Es un concepto para referirse a la totalidad de experiencias que preparan para la carrera, entendida esta en el sentido más amplio.
- Orientación Personal: proceso de ayuda en los problemas de índole personal.
- Orientación Psicopedagógica: Es una expresión que pretende reunir en un solo término las diversas manifestaciones de la Orientación tanto en el aspecto pedagógico, psicológico, vocacional, personal, para la carrera, podría ser el término que engloba a los anteriores.

En la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) “el Sistema Institucional de Tutoría reúne a alumnos, tutores, docentes, coordinadores, autoridades y expertos en un esfuerzo por mejorar el desempeño académico, la permanencia y el egreso. Concebimos a la tutoría como un recurso estratégico que, en conjunto con otros programas y acciones institucionales, permite fortalecer los programas educativos a través del acompañamiento a lo largo de la trayectoria académica de los alumnos. Esta actividad, inherente a la función docente, contribuye a la mejora del desempeño académico y desarrollo integral, mediante el encuentro y la comunicación entre tutor y alumno, durante su estancia en nuestra institución” SIT-UNAM (2020).

La presente experiencia es la voz de 9 tutoradas y tutorados estudiantes de la Facultad de Psicología, es importante contextualizar que no era un grupo formado, sino que cada estudiante se acercó de forma individual a solicitar la tutoría. En el mes de febrero (semestre 2020-2) se da un paro estudiantil, se interrumpen las labores y aunado a eso, llega la contingencia sanitaria, por lo que, una vez autorizadas las actividades a distancia comenzamos con tutorías individuales y grupales, éstas últimas los días domingos cada quince días, debido a que todas y todos los integrantes teníamos distintos horarios de labores académicas y ese día y horario podíamos coincidir, es importante remarcar la disposición y motivación a la participación, ya que a partir de dichas experiencias e interacciones se logró conformar un grupo empático y participativo que ha continuado también para el semestre 2021-1.

La DGOSE (2011) explica que la tutoría es responsabilidad de la institución y del docente, pero se reconoce como un derecho del estudiante, quien debe apropiarse de la tutoría como una experiencia de crecimiento personal que, junto con otros apoyos, contribuya a elevar el aprovechamiento escolar en asignaturas de alto índice de reprobación y a disminuir la deserción.

Objetivo(s)

Dar voz a la experiencia en la tutoría de un grupo de 9 estudiantes de segundo semestre de la Facultad de Psicología, ante las condiciones presentadas durante el semestre 2020-2.

Descripción de las sesiones.

Tutora, tutoradas y tutorados definen en conjunto el plan de acción a seguir, tanto para las sesiones individuales como para las grupales. Se llevaron a cabo 8 sesiones grupales vía zoom y aula virtual google classroom, con duración entre 60 y 90 minutos dependiendo la sesión, se abordan conceptos teóricos y ejercicios vivenciales, al finalizar la sesión cada tutorado redacta una reflexión sobre la sesión. Las temáticas abordadas con base en la detección de necesidades fueron:

-¿Cómo nos encontramos? (integración grupal y desahogo de las situaciones derivadas del paro estudiantil y contingencia sanitaria), -Autorregulación emocional y Administración del tiempo en momentos de confinamiento, -Hábitos de Estudio en la transición a la modalidad de educación a distancia, -Recapitulando sobre la primer semana de actividades académicas a distancia, -Técnicas de estudio, -Técnicas por tipos de Contenido, -Autorregulación y Metacognición -Pirámide de la Autoestima.

Resultados

A continuación se presentan los testimonios de la experiencia en dichas sesiones de voz de las y los tutorados.

Tutorada V:

Integración del grupo.

Se trabajó durante las primeras tutorías y comenzamos a hablar de apoyo de líneas de atención para el aislamiento, así como algún manual de técnicas de respiración el cual me ayudó mucho para aprender a respirar mejor y que el aire entre hasta mi abdomen y no solo se quede en el diafragma. Autorregulación emocional.

Es un tema que seguimos trabajando y que me ha ayudado mucho para poder reconocer y nombrar mis emociones mediante un seguimiento de una tabla de Excel, en donde día a día pongo como me siento y porque me siento así.

Hábitos de estudio.

Primero nos preguntó que hábitos tenemos dentro de estos yo los que tengo son el uso de un cuaderno para anotar mis pendientes, tener establecido mi horario de clases y tratar de organizarme; pero posteriormente trabajamos más adelante en esto.

Categorización de las actividades.

Aquí hicimos un horario de actividades, el cual me ayudó a organizarme mejor en mis quehaceres escolares y del hogar, mediante una tabla en Excel pude generar y asignar horarios fijos para cada actividad, de nueva cuenta en este nuevo semestre generé un horario y esta actividad también me permitió ayudar a una amiga a organizarse mejor.

Metacognición y Técnicas de estudio.

Aquí vimos otras técnicas de estudio para emplear como el QQQ, scanning, subrayar o utilizar simbología en las lecturas que leemos para las clases, entre otras, de las que ya mencioné el scanning, el hacer mapas o dibujos para mis apuntes me han ayudado mucho para entender mejor mis apuntes, así como también para estudiar en mis exámenes, aun sigo trabajando en estas técnicas y las estoy probando para ver cuáles son las que más me funcionan y seguirlas implementado.

Pirámide de autoestima.

Esta técnica considero que puedo relacionarla un poco con mi mapita de la administración del tiempo ya que, anteriormente no consideraba un tiempo para mí misma y pues todo lo invertía en mi escuela, amigos, familia, pero yo me dejaba de lado, con ayuda del mapa, ya me doy más tiempo para mí, para organizarme y lo relaciono también con mi tabla de las emociones porque antes me costaba como darles el nombre adecuado debido a que, estamos acostumbrados a decir que estamos bien o mal, sin dar a entender cómo es que realmente nos sentimos.

Tutorada D:

Personalmente, han sido de gran ayuda debido que tengo una mejor organización en mis actividades, ya que antes no lograba cumplir mis tareas académicas o personales por mala organización, por lo que había repercusiones. Para lograr gestionar mi tiempo, la Mtra. Monserrat Espinosa nos propuso al uso de una agenda personal donde debemos indicar cuanto tiempo debemos dedicar a cada actividad.

Otros de los temas, fue cuando trabajamos autoestima, fue de gran ayuda porque he comenzado a tener amor propio, aunque es un trabajo continuo he visto buenos resultados, ya no soy tan crítica conmigo misma y me di cuenta que soy capaz de hacer lo que me proponga.

Cuando revisamos metacognición y estrategias de aprendizaje, me agradó bastante ya que no sabía cómo realizar mapas mentales como técnicas para el estudio, porque era muy común que realizaré resúmenes para los exámenes. O al realizar un mapa mental dedicaba mucho tiempo y restaba tiempo para otras actividades. Gracias a la tutoría, aplique las técnicas para realizar estos mapas para otras asignaturas, al principio fue difícil pero con la práctica logró hacerlos en menor tiempo y obtengo mejores calificaciones y comentarios de mis compañeros y profesores.

Como conclusión, las tutorías han sido muy útiles para seguir estudiando y hacerlo de la mejor manera y actitud. He mejorado bastante en mi desempeño y rendimiento académico al utilizar todo lo aprendido en las tutorías.

Tutorado D:

El programa de tutorías me ha beneficiado bastante, pues tratamos una diversidad de temas que, al menos en lo particular, me han apoyado en mi forma de trabajar durante las clases en línea. A lo largo de este período, aprendí a utilizar técnicas de estudio eficientes, el manejo de mis emociones, la importancia del trabajo en equipo, el uso de herramientas digitales que me ayuden a la realización de tareas y ponencias, el establecer una zona de donde pueda estudiar y el uso de una variedad de organizadores gráficos. Por otro lado, las tutorías individuales fueron útiles, debido a que se tocaban temáticas más personales y podría decir que esta dinámica es a que me ha ayudado a mejorar mi forma de estudiar y sentirme bien conmigo mismo.

El programa de acompañamiento a sido de mucha ayuda para mi desempeño académico, tanto, que he logrado subir mis calificaciones y mejor aún, tener comprensión sobre las diferentes clases que llevo en el semestre. Es un espacio donde puede desenvolverte sin ningún inconveniente y en donde puede compartir conocimientos y sentimientos con otros compañeros. Agradezco infinitamente el apoyo de mi

tutora y sé lo difícil que puede ser este trabajo, sin embargo, nos impulsa a crecer, a ser grandes psicólogos y es una gran motivación para seguir adelante en la carrera.

Tutorado A:

El tener sesiones individuales con la profesora Monserrat me permitió expresarme de todos los conflictos que fueron surgiendo durante el confinamiento; desde el estrés escolar que causan las clases en línea, ya que cuando iniciaron no sabía cómo manejarlas, hasta los problemas personales que se fueron dando desde el núcleo familiar.

Las sesiones grupales hicieron más ameno el distanciamiento social, ya que con todos mis compañeros de las tutorías había una comunicación muy buena en donde podíamos expresarnos y decir lo que sentíamos, lo que para mí fue muy relajante.

El tema que más me sirvió fue el “Autorregulación de las Emociones” ya que me permitió poder identificar mis emociones en momentos exactos y qué es lo que debo hacer ya que las identifiqué. Cómo es que puedo controlarme y saber que no todo está en mi contra.

El tener esta comunicación con algún profesor (que en mí caso es la profesora Monserrat) que brinda el Programa de Tutorías es una experiencia increíble, porque aprendes muchas cosas distintas de lo que se enseña en la carrera, además de que tienes una guía que te va encaminando en todo el trayecto de tu licenciatura, tienes esa mano que te ayuda y te orienta para tener un panorama más claro de lo que conlleva ser estudiante de licenciatura de la Facultad de Psicología.

Tutorada I:

En la sesión en donde vimos como hacer un PAT (Plan de Acción Tutorial) aprendí a organizar mis tiempos y conocer un poco más lo que quiero, me sirvió para realizar mis trabajos o lo que dejaran los maestros, incluso para la vida diaria, el hecho de tener organizado lo que iba a hacer o quería lograr, ayudó a que el estrés de la escuela disminuyera e incluso que las ideas que tenía todo el tiempo dando vueltas en mi cabeza dejaran de estar.

Con respecto a la Integración del grupo me ha servido a lo largo de todas las tutorías, las clases y en mi vida social porque soy muy tímida y el hecho de abrirme para contar mis cosas a los compañeros es un avance, sé que es un ambiente en el cual puedo confiar y me hace ser más segura de mí misma, de mis decisiones y opiniones.

La autorregulación emocional es un tema al que le he dado mucha importancia ya que mi vida contiene muchas emociones y últimamente han sido muy cambiantes, al hablar de

ello me ayuda a controlar mis emociones con respecto a lo que me pasa, ya sea en la escuela o en la vida cotidiana, las técnicas de relajación que nos ha enseñado nuestra tutora me han servido para controlar el estrés, cosa que en estos tiempos pienso que es muy común sentir. Una técnica que me ha servido mucho es darme un tiempo fuera de todo, aunque sean 10 minutos los disfruto bastante, ya sea que me acueste en mi cama sin pensar en nada, tener mi mente en blanco y olvidarme de todo o escuchar la música que me gusta, me relaja mucho eso.

La administración del tiempo es bastante importante ya que el confinamiento desajustó mis horarios, la ayuda que nos brindó la tutora al enseñarnos como organizarnos me sirvió para escribir las tareas o cosas que tengo que realizar, es muy satisfactorio marcar lo que tengo que hacer para al final tacharlo y poder decir que lo terminé.

Los hábitos de estudio me han ayudado a poner más atención y retener más la información, ya que no solo depende de hábitos con respecto a las clases, sino también del lugar en donde se estudia, el tener un lugar adecuado para tomar las clases (en una mesa, con una silla cómoda) e incluso dormir lo necesario cambia todo por completo, me siento más productiva y pongo más atención.

Estos son algunos temas que me han servido mucho, en realidad todo sirve, la cosa es que lo pongamos en práctica, en mi opinión puedo decir que he mejorado en muchos aspectos gracias al acompañamiento de mi tutora, las emociones que he sentido cambian con mucha frecuencia, pero si me mantengo con mis rutinas logró que no me afecten en mis estudios o en mi vida en general.

Tutorada R:

De los temas abordados en tutoría el semestre pasado, los que me ayudaron mucho fueron:

Administración del tiempo: Cuando iba a clases presenciales, estaba acostumbrada a una rutina en la cual además de la escuela, tenía que lavar mi ropa, hacerme de comer, comprar la despensa de la semana y lavar mis trastes, puesto que soy foránea. En el momento que inició el paro, me regresé a casa con las cosas necesarias para pasar unos días, sin embargo, en el momento que se extendió no tenía idea de cómo administrar mi tiempo, ni que hacer, aparte de que me preocupaba que dejé la mayoría de mis cosas en CDMX. Tiempo después cuando empezó la pandemia mis padres fueron por mis cosas para evitar seguir pagando renta. En el momento en el que iniciaron las clases en línea, me atrasé con algunas tareas, porque la dinámica de trabajo cambió al igual que mi rutina, al empezar a adaptar mi agenda no sólo para la escuela, sino para convivir con mi familia, amigos y en especial conmigo, sentí que la carga aminoraba y que

disfrutaba más el tiempo con las personas que quiero.

Hábitos de estudios y técnicas de aprendizaje: Por lo mismo de las clases en línea, mi forma de estudiar no me ayudaba del todo a comprender los temas vistos en clase, en este aspecto lo que más me ayudó es tener en buenas condiciones mi lugar de trabajo y confirmar que aprendo más de forma visual, por lo que, al momento de estudiar me hago ciertos esquemas de colores en fichas de trabajo para hacerlo más llamativo. Además, empecé a ordenar la manera en la que realizo mis lecturas con el *skimming* y *scanning* para empezar a tener una idea del texto y subrayo de un color diferente los títulos, subtítulos, conceptos, ideas principales, ejemplos y, en caso de ser necesario, hago anotaciones a los márgenes de las lecturas, estas estrategias me han facilitado el leer y comprender un texto en menor tiempo.

Pirámide de la autoestima: Cuando empezamos a ver el tema de autoestima, no tenía idea que había como pasos previos para llegar a ahí, por lo que empecé a conocerme. Durante ese periodo empecé a descubrir ciertas habilidades y gustos que me ayudan a relajarme, pero lo que más me gustó, es que empiezo a descubrir lo que no me gusta y los momentos en los que no me siento a gusto, poco a poco los voy identificando. Considero que aún me falta descubrir más sobre mis, tanto en gustos, como habilidades, pero siento que llevo un avance y me ha ayudado a no deprimirme durante la pandemia.

Tutorada N:

Para el tema de autorregulación emocional, la maestra nos proporcionó vídeos de técnicas de respiración para relajarnos. Considero que esto me fue de mucha ayuda durante el semestre para regular mi estrés y mi ansiedad.

Ver cómo administrar mi tiempo durante el confinamiento me ayudó a crear un horario y a tener una rutina un poco más establecida con mis clases y demás actividades.

Revisar los hábitos de estudio y algunas técnicas me ayudaron a leer con mayor velocidad y mejor comprensión. Las técnicas de estudio dependiendo el contenido me hicieron saber que está bien no estudiar de la misma manera para todas las materias.

Por último, la pirámide de la autoestima me ayudó a identificar los pasos a seguir para la construcción de mi autoestima y a saber que es un proceso gradual.

Tutorado S:

Durante las tutorías grupales se estuvieron trabajando con temas en donde vimos bastantes materiales, los estuvimos

trabajando de forma tal que los sigo utilizando en mi actual semestre.

Me ayudó a presentar varios trabajos ya que vimos técnicas y maneras con las cuales se organiza la información de manera que sea visualmente armónica y a reunir las ideas más relevantes que distintos autores dieron en sus distintos trabajos para presentar mapas, presentaciones de calidad. Me ha ayudado personalmente a organizarme un poquito más entre las actividades del hogar y las escolares, ya que no lograba una manera de hacer las dos cosas sin desatender otra; de la misma manera me ayudó a trabajar un poco conmigo mismo con algunas actividades que se realizaron en la tutoría y al final de ésta.

Conclusiones

Es de suma importancia contar con un espacio de tutoría donde exista el intercambio de experiencias, acompañamiento tanto con una tutora como entre pares que contribuya así, a mejorar el desarrollo integral de los estudiantes universitarios en el ámbito personal, académico, social y metacognitivo.

Este espacio llamado Tutorías ha permitido generar un ambiente de convivencia animado, en donde cada uno de las y los tutorados participan en las actividades realizadas de forma divertida y amena, también mediante las sesiones que se llevan a cabo se puede ver como el apoyo que se tienen los unos a los otros les permite complementar lo visto en la sesión que junto con las actividades, con la finalidad de que estos recursos les ayuden en su vida de forma académica y persona construyendo así aprendizajes significativos y competencias para la vida.

Agradecimientos

Agradecemos al Programa Institucional de Tutorías por brindarnos la experiencia significativa de vivir un proceso tutorial que contribuye a nuestra formación personal, académica y como universitarios.

Referencias

- BISQUERRA, R. (Coord.) (2001). *La práctica de la Orientación y la tutoría*. Praxis.
- DGOSE. (2011). *Encuentro Universitario de Tutoría*. <http://www.tutoria.unam.mx/EUT2010/memoriaEUT/conferencias/mesaEUT1.doc>
- PÉREZ, E. (2007). *La importancia de la Orientación Educativa para la elección de carrera en el tercer grado de secundaria*. Tesis de Licenciatura. Universidad Pedagógica Nacional Unidad Ecatepec.
- SIT-UNAM (2020). *¿Quiénes somos?*. <https://tutoria.unam.mx/index.php/es/quienes-somos>

FANZINE, INSTRUMENTO DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DEL LENGUAJE DEL DIBUJO (PIAPIME ID3.70.28.17)

Huberta Márquez Villeda

Universidad Nacional Autónoma de México, FESC, hubertamarquez@gmail.com

Resumen

La asignatura de dibujo en Diseño y Comunicación Visual (DCV) satisface necesidades conceptuales, manuales, procedimentales y cognitivas para el desarrollo creativo en el diseño. En este contexto, se desarrolló el proyecto titulado FANZINE: Instrumento de enseñanza-aprendizaje del lenguaje del dibujo; el cual se propuso distinguir al fanzine como instrumento didáctico en el proceso de enseñanza-aprendizaje del lenguaje del dibujo desde la creación y la producción hasta la difusión; con ello se obtuvo la construcción de una relación inteligible entre la enseñanza, el dibujo y el fanzine, que consolidó en la creación intelectual del medio gráfico. El proceso metodológico de la investigación-acción llevado a cabo, se centró en un estudio de caso con un grupo de estudiantes de diseño con inquietudes e interés sobre la preocupación del acto de dibujar, la relación con el diseño y su experiencia.

Palabras clave: Enseñanza-aprendizaje, fanzine, dibujo, estrategia, docente, estudiante

Antecedentes

El campo de la enseñanza-aprendizaje requiere de las habilidades didácticas necesarias por parte del docente para involucrar a los estudiantes en su propia formación y construcción como ser humano.

Así pues, la enseñanza del dibujo históricamente ha sido la base de la enseñanza de las bellas artes en las academias. Tradición que llegó a México a la Antigua Academia de San Carlos (1781). Dice Báez (Reyes. 2014; 17) que “para los arquitectos, pintores y grabadores el dominio del dibujo constituyó la premisa de su formación y la vía para su labor creadora”. De ese modo las enseñanzas del dibujo dentro de las instituciones educativas a nivel superior continúan con esa tradición. Dice John Berger (2011; 7) que la enseñanza del dibujo, “es un lugar común y que reside en mirar. Descubrir líneas donde no las hay, descubrir figuras donde solo objetos existen”. Y eso es dibujar –descubrir- sorprenderse por lo que se descubre

Bien, ya en contexto, la enseñanza del dibujo en la Fes Cuautitlán en diseño y Comunicación Visual, se da en dos modalidades presencial y a distancia que con una simbólica comparación permite observar sus cualidades. En la enseñanza del dibujo en la modalidad presencial se tiene la posibilidad del contacto directo con los estudiantes, mirar su rostro, escucharles y compartirles anécdotas mientras

se explica el tema del contenido temático de la asignatura, este es el lazo conductor de la enseñanza y del aprendizaje que permite el aula. Todo se vuelve una relación social. El desempeño del estudiante en el aula es perceptible de forma inmediata. Se asesora y se realimenta a cada práctica. No hay respuestas concretas, hay múltiples respuestas a una pregunta, no para tomarse de forma determinante, sino para replantearse la pregunta. En la modalidad a distancia, la relación asincrónica permite al estudiante ser otro en otro espacio, se le acompaña y asesora, se le motiva y él desarrolla cierta autonomía, dice Delors (1996; 153) "la enseñanza a distancia ha demostrado que, en la enseñanza superior, haya una dosificación juiciosa de medios de comunicación". La relación con el estudiante es seria, más de respeto, más diplomática. Los estudiantes tienen cualidades diferentes a los de presencial. Estudiantes con carrera trunca, profesionales de otras áreas, sus edades son diversas, tienen hijos, un trabajo, radican en cualquier parte, muchos viajan mientras estudian, no se trasladan. Dice Aguayo (2015) que no existen muchos estudios sobre estos aspectos, lo cual se abre un factor de oportunidad para ser estudiado en su momento específico.

Y en virtud a estas cualidades se presentó el proyecto del Fanzine solo con los estudiantes presenciales, con quienes se trabajó durante un año en función al dibujo y algunas problemáticas.

Objetivo(s)

Distinguir al fanzine como instrumento didáctico en el proceso de enseñanza-aprendizaje del lenguaje del dibujo desde la creación y la producción hasta la difusión, por medio de prácticas discursivas –tertulias– que invitaran a cuestionar las problemáticas expuestas.

Parte experimental

El motivo de elaborar fanzine es, la de la difusión de ideas, generar medios de expresión alternativos, combatir la apatía, jugar a crear mundos distintos a los que impone el sistema; tejer redes de carácter internacional por las que circule información que enlaza cotidianidades y crea comunidad.

Martínez, Aida Analco (2017)

El proyecto se desarrolló en reuniones de trabajo con los maestros y estudiantes participantes, donde cada uno tuvo a bien una tarea específica a resolver. La participación de la maestra Alma Elisa Delgado, se concentró en el desarrollo de estrategias de enseñanza que potencializaron las cualidades de los estudiantes, Así como, de la argumentación del dibujo como lenguaje, además de la configuración de las ideas, el rescate. La participación de la maestra Erika Robledo Ramírez se situó en la estrategia metodológica del proyecto. El aporte de la maestra Huberta Márquez

Villeda acompañó el proceso creativo individual y colectivo de cada Fanzine.

La metodología de trabajo se realizó a través de la investigación-acción participativa (I-AP), que implica al sujeto investigador como transformador directo, interviniendo en todas las partes del proceso. En ese sentido, se realizaron reuniones de trabajo que plantearon los problemas de conceptualización y enseñanza-aprendizaje del diseño con el objetivo de resolverlas en el diseño propio de los fanzines:

Por ejemplo: Delgado señaló que el dibujo como abstracción de la realidad deviene del pensamiento, que permite ofertar la posibilidad de desglosar los puntos de convergencia para la observación del dibujo como abstracción de la realidad y definir una línea de trabajo histórico-social determinada, o bien técnica, metodológica y estética que asintiera una comparación, análisis y acercamiento a la explicación de la disciplina a partir de la representación de la realidad.

Todo esto más allá de la técnica y el uso de los medios; debe ser entendido que, el dibujo es un proceso de abstracción mental, pensar en la actividad del dibujo como un proceso de razonamiento.

Desde la perspectiva de Flores, hacer al ser del dibujo se pudo reconocer el transitar del estudiante como un proceso que genera discursos visuales por medio del acto de dibujar con miras a una interpretación objetiva de la imagen frente al lector, sin cuestionar la clasificación del dibujo.

A tal razón, Cruz, menciona que dicho razonamiento incita a pensar ¿Por qué no dibujar? lo que le llevaría por el hecho de identificar los niveles de dibujo y comprender que el esbozar permite reflejar una determinada percepción del mundo, para poder dar una respuesta del por qué y el para qué se debe dibujar dentro de nuestra disciplina de diseño.

Así entonces, Robledo, cuestionó ¿Por qué la enseñanza del dibujo en el diseño? (Robledo), cuestionamiento que apareció como una iluminación científica que comprobó que el dibujo se enseña para traducir la observación, clarificar ideas, que promuevan la experimentación y abordaje en la resolución de problemas en el proceso proyectual de diseño. Además, Rojas dispuso que el dibujo es un canal de comunicación entre los diseñadores y el mundo, donde el dibujo es una herramienta indispensable para el pensamiento visual que permite entender al dibujo como parte del proceso creativo en su actividad mediadora de exploración y descubrimiento del crear para la comunicación gráfica que oferta una mejor preparación en el campo laboral.

Sin dejar de lado, la importancia que Torres observó sobre la organización espacial en el dibujo quien apuntó que es fundamental la enseñanza de los sistemas de organización

como un aspecto fundamental en la conformación y enfatización de mensajes comunicativos para aplicarlos reflexivamente en el diseño como herramienta y guía.

Así mismo Márquez, planteó que, en la obtención de resultados, volver a la copia y al original para contrastar, expandir, aprender, aplicar, re-aprender y des-aprender el lenguaje del dibujo, por medio de la identificación de elementos conceptuales, teóricos, técnicos y disciplinares que conlleva a otras soluciones, así como la valoración del original como referente visual.

En otra observación Navarrete, anotó que, desterritorializar al dibujo sacándolo de su entendido como disciplina y concepto de su territorio restringido por una serie de factores materiales y conceptuales, que acceda a un amplio horizonte de posibilidades expresivas de un lenguaje reconfigurado, a partir de la interconexión con otras disciplinas y las experimentaciones materiales y conceptuales abre el panorama de lo que el dibujo es desde la academia y para la academia. Así pues, el fanzine es el medio intelectual que permite reflexionar sobre la complejidad de la enseñanza del dibujo en el diseño y comunicación visual desde la perspectiva del estudiante.

Resultados y discusión

Los resultados obtenidos se centraron en lo siguiente: Basados en la identificación de la preocupación temática de cada integrante del proyecto; se despejaron diversas interrogantes que permitieron penetrar en el aula y en el interés de los estudiantes y su aprendizaje del dibujo.

Como reflexión final del trabajo colaborativo se rescata lo siguiente:

Es necesario prestar atención a las necesidades de los estudiantes y sus inquietudes sobre el aprendizaje del dibujo e integrarlos a las necesidades de los programas de asignatura.

De igual forma, es a considerar que el docente este en empatía con el discurso argumentarivo que se encuentra en el Plan de Estudios y hacerlo converger con los intereses de los estudiantes y el contexto.

Por último, es importante dar seguimiento a los proyectos académicos e institucionales para poder dar solución a los aspectos observados y tener de conocimiento hasta donde se ha expandido la experiencia de aprender a dibujar de otro modo y con otros fines.

Ante esto, implicaría hacer un estudio minucioso de los estudiantes, y a juzgar de alguna manera dicho gusto por el dibujo y otras habilidades gráfico-representativas que

ayudasen a obtener más información sobre su experiencia de aprender a dibujar.

Resultados gráficos

Proceso creativo: Resolver en imagen lo que como problema se muestra, conlleva la abstracción de las ideas al lenguaje gráfico.





Conclusiones

La introspección, el intercambio de ideas y experiencias individuales en torno al dibujo como parte del proceso metodológico del proyecto PIAPIME, se han vertido en las diversas reflexiones a lo largo de este documento y convergen en el mismo sentido: la conceptualización del dibujo y su influencia en la manera de aprenderlo desde que tenemos un instrumento a mano y buscamos plasmar en un soporte. Dibujar es una acción que conlleva procesos intelectuales y cognitivos; intuitiva o reflexivamente, tiene que ver con la aprehensión de la realidad y de las ideas. Así, el fanzine es un medio que permite plasmar en un formato físico ideas concretas, en donde el contenido es resultado de la reflexión personal, quizá hasta pueda ser tal como lo dice Pol Rodellar (2013) un “acto moral” que altera las ideas y los valores del lector, que es incómodo, atractivo pero peligroso. La crítica al proceso de aprendizaje y, porque no, al de enseñanza, deberán llevar consigo una dosis fuerte de reflexión que mueva las ideas respecto a “saber dibujar”. El fanzine como una invitación al diálogo y la reflexión acerca del proceso de enseñanza-aprendizaje del dibujo en la profesionalización de los diseñadores es solo una de las posibilidades de aprender y enseñar el dibujo desde las propias inquietudes de los estudiantes.

Agradecimientos

Se agradece a los estudiantes participantes en este proyecto: Víctor Hugo Rojas González, Marisol Torres Arreola, Rodrigo Cruz Santana, Francisco Navarrete Cota y Kenia Sinaí

Flores Morán, todos ellos estudiantes de Fes Cuautitlán de Diseño y Comunicación Visual.

A la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán por el apoyo al proyecto por medio del PIAPIME (2016) con ID3.70.28.17. Al departamento de Diseño y Comunicación Visual por permitir el uso de las áreas de trabajo específicas para dibujar.

De igual modo a la maestra en Diseño Gráfico Alejandra H. Valdovinos por el registro fotográfico y audiovisual.

Referencias

- ACHA, J. (1999). Teoría del dibujo: su estética y su sociología. Diálogo abierto: Arte, 70. Ediciones Coyoacán. México
- AGUILAR, N. K. (25 de 08 de 2014). FOROALFA. Obtenido de <https://foroalfa.org/articulos/estrategia-didactica-en-dibujo-para-el-diseño>
- CHING, F. D. (2012). Dibujo y proyecto. Gustavo Gili. Obtenido de <http://ebookcentral.proquest.com/lib/unam/detail.action?docID=3217604>
- FESC. (2017). Licenciaturas FESC. Recuperado el 16 de agosto de 2017, de www.cuautitlan.unam.mx/licenciaturas/dcv/informacion_carrera.html
- FESC. (2017). USAPA. Recuperado el 26 de Octubre de 2017, de <http://www.cuautitlan.unam.mx/institucional/USAPA/>
- GOLD, B., & Toledo Ramirez, F. G. (2003). El dibujo como proceso de configuración para la enseñanza del diseño de la comunicación gráfica. UAM- Azcapotzalco. México.
- HANKS, K. (1995). El dibujo: La imagen como medio de comunicación. Trillas. México
- HERRERA, M. A. (2010). Investigación y diseño: reflexiones y consideraciones con respecto al estado de la investigación actual en el diseño. No Solo Usabilidad (n° 9). Disponible en www.nosolousabilidad.com
- LAMBERT, S. (1996). El dibujo: técnica y utilidad. (M. Valcarce, Trad.) Turis. Madrid.
- RAMÍREZ, A. (s.f.). upf. Recuperado el 22 de 08 de 2017, de www.dtic.upf.edu/~rramirez/Arponce/LaPalabraDiseno.pdf
- RODELLAR, P. (27 de noviembre de 2013). VICE. Disponible en <https://www.vice.com/es/article/vdk4v8/voy-a-contaros-que-es-un-fanzine-de-verdad>
- SANTOS, P. (1985). Técnicas de la expresión plástica: el dibujo, su aprendizaje y ejercicio. UNAM. México.
- SEIVEWRIGHT, S. (2013). Diseño e investigación (2a ed.). Disponible en <http://ebookcentral.proquest.com/lib/unam/detail.action?docID=3227044>
- SHOPENHAUER, A. (1987). El mundo como voluntad y representación. Porrúa. México.
- VALLE, R. A. (2009). Elogio y vituperio de la imagen: apuntes sobre la teoría del dibujar. Disponible en <http://ebookcentral.proquest.com/lib/unam/detail.action?docID=3196296>
- VILCHIS, L. (2008). Método de dibujo de Gilberto Aceves Navarro: fundamentos interdisciplinarios. UAM. México.
- VILCHIS, L. (2014). Metodología del diseño: fundamentos teóricos. Designio. México.
- WIGAM, M. (2007). Pensar visualmente: Lenguaje, ideas y técnicas para el ilustrador. Gustavo Gili. Barcelona.

PERTINENCIA Y SUFICIENCIA DE LOS CONOCIMIENTOS Y HABILIDADES ADQUIRIDAS PARA EL EJERCICIO PROFESIONAL: UNA APROXIMACIÓN A LA ODONTOLOGÍA

Roberto Gómez García

FES Iztacala, UNAM, rgomezg@unam.mx

Resumen

Se aplicó una encuesta entre Cirujanos Dentistas para conocer su opinión respecto a la concordancia entre su formación académica y su ejercicio profesional y de Especialidad, en su caso.

Se exploró la pertinencia de las habilidades y los conocimientos adquiridos en la Carrera para el ejercicio profesional, así como la suficiencia de ellos, encontrando que las habilidades fueron ampliamente concordantes en Licenciatura y más en Especialidad, mientras que los conocimientos adquiridos fueron al mismo tiempo poco pertinentes e insuficientes para los Dentistas Generales; pero adecuados y suficientes para los Especialistas, lo que invita a repensar los Programas y reorientarlos hacia la adecuada formación de éstos y otros profesionistas.

Palabras clave: Pertinencia, Suficiencia, Conocimientos, Habilidades, Cirujanos Dentistas

Introducción

El presente estudio partió de la evidencia empírica sobre la frecuente desvinculación entre la formación académica y el ejercicio profesional, lo que en las disciplinas de la salud tiene un doble impacto negativo, en primer término por la deficiente atención que se proporciona a los pacientes y en segundo por la dificultad de los nuevos profesionistas para integrarse al mercado laboral.

Objetivo: Conocer la opinión de una muestra de Cirujanos Dentistas respecto a la concordancia entre su formación académica y su ejercicio profesional y de Especialidad, en su caso.

Metodología:

Se realizaron aproximaciones conceptuales hasta arribar al término "Pertinencia" como la aplicación de los conocimientos y habilidades adquiridos durante los estudios profesionales y/o de Especialidad, para el ejercicio profesional de los encuestados a continuación se presenta la manera en que se hizo operativo el trabajo, a través de las preguntas siguientes:

Del 100% de habilidades prácticas que adquirió durante la Carrera, ¿Qué porcentaje utiliza en su ejercicio profesional?

Del 100% de conocimientos teóricos que adquirió durante la Carrera, ¿Qué porcentaje utiliza en su ejercicio profesional?

La “Suficiencia” correspondió al grado de capacitación para el ejercicio profesional que se alcanzó durante los estudios de Licenciatura y/ o Especialidad, se hizo operativa a través de las preguntas:

De las habilidades que se requieren para su ejercicio profesional, ¿qué porcentaje adquirió en la Universidad?

De los conocimientos que se requieren para su ejercicio profesional, ¿qué porcentaje aprendió en la Universidad?

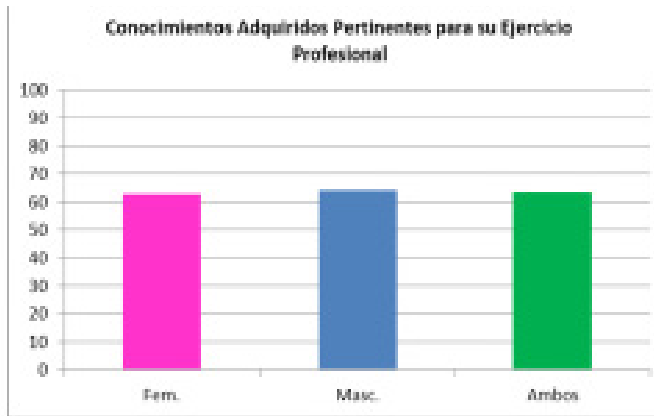
A partir de estas definiciones, se elaboró una encuesta breve de opción única que se envió como prueba piloto por correo electrónico a 3 528 Cirujanos Dentistas que atienden pacientes de una Institución de Seguros Especializada en Salud, por lo que se tiene certeza que atienden pacientes, actividad más frecuente en esta profesión.

Se recibieron xxx cuestionarios resueltos, con los resultados del análisis se hicieron ajustes al instrumento, que fue enviado nuevamente al universo de estudio.

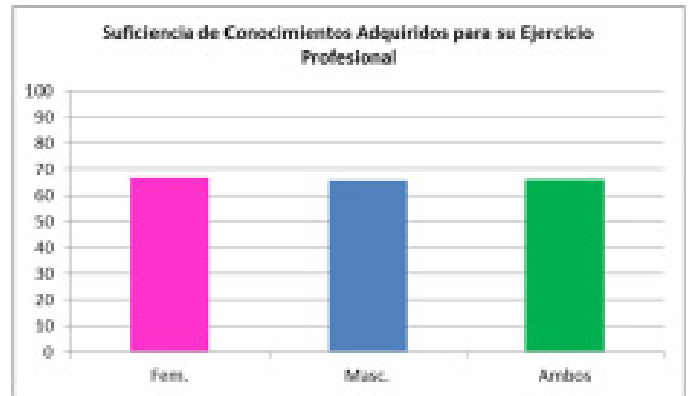
Resultados: Se recibieron 161 respuestas de Odontólogos Generales (63 mujeres y 98 hombres) con promedio de 19.24 años de experiencia profesional (20.81 entre las mujeres y 18.22 entre los hombres).

De ellos, 24 tenían estudios de Especialidad (11 mujeres y 14 hombres)

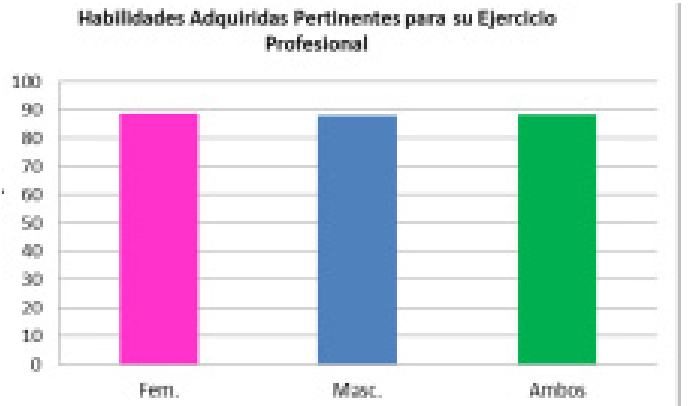
En conjunto, los ahora profesionistas consideraron que del total de conocimientos aprendidos durante su Carrera, aplican 63.66% (62.86% en opinión de las mujeres y 64.18% entre los hombres).



En contraparte, del total de conocimientos que se requieren, consideran que adquirieron 66.40% (67.06% las mujeres y 65.97% entre los hombres).



Respecto a las habilidades adquiridas durante su Carrera, los encuestados consideraron que aplican el 88.65% (87.91% las mujeres y 88.20% los hombres)

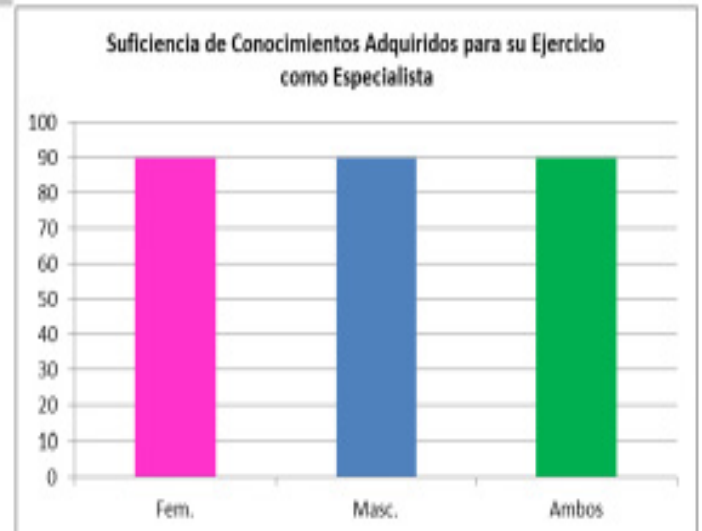
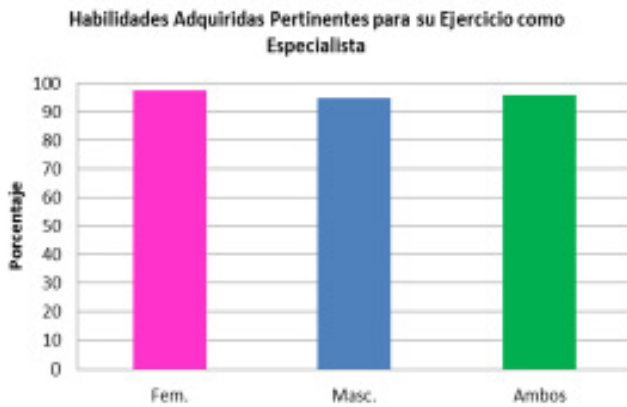


En su opinión, adquirieron 85.28% de las habilidades requeridas para su ejercicio profesional (84.37% las mujeres y 85.87% los hombres)



Entre los 24 Especialistas que respondieron la encuesta (11 mujeres y 13 hombres) las habilidades adquiridas en

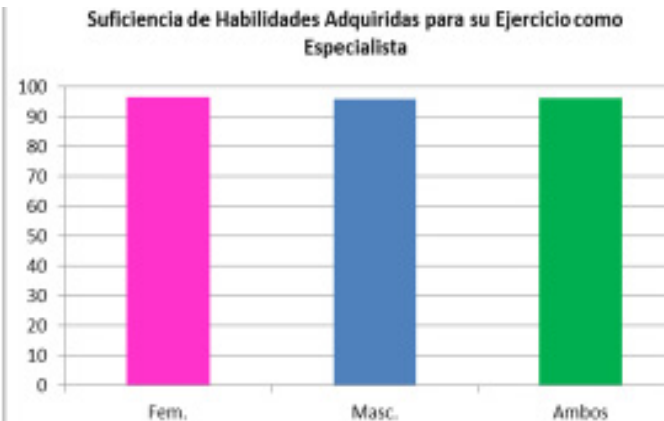
sus estudios de posgrado y aplicadas en su ejercicio como Especialistas fueron pertinentes en 96% (97.5% entre las mujeres y 95% entre los hombres).



Estas habilidades fueron suficientes para el ejercicio como Especialista en 96.2%, 96.5% entre las mujeres y 96.0% entre los hombres.

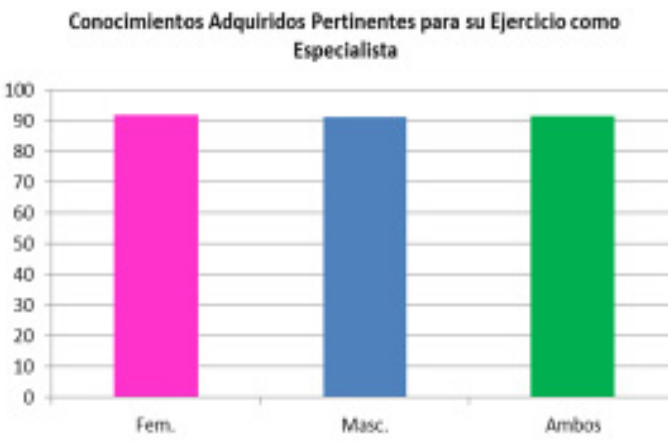
Conclusiones:

Se confirmó parcialmente la hipótesis empírica que señalaba la desvinculación entre la formación académica de pregrado y el ejercicio profesional de los Odontólogos, ya que si bien los conocimientos teóricos son notoriamente dispares, las habilidades clínicas adquiridas fueron ampliamente adecuadas y suficientes para el ejercicio profesional, lo que se traduce en amplia capacidad de atención a los pacientes y adecuada inserción social de los profesionistas; sin embargo, la paradoja en los conocimientos teóricos ponen en serias dudas la científicidad de estas intervenciones y obligarían a revisar los Programas de Estudio, ya que en opinión de estos profesionistas, hay una amplia cantidad de conocimientos que deben aprender y que no son necesarios para la atención de los pacientes, y en contraparte, se omiten conocimientos necesarios.



Los conocimientos adquiridos durante la Especialidad, fueron pertinentes en 91.6% (92.0% entre las mujeres y 91.33% entre los hombres) y suficientes en 90%, con proporciones idénticas entre ambos géneros.

Como se esperaba, esta situación no se presentó en los estudios de Especialidad, en donde hay una elevada pertinencia y suficiencia entre las habilidades y conocimientos adquiridos en el posgrado y el ejercicio como Especialista.



Se tiene la sospecha heurística que ambas situaciones se presentan en la mayoría de las Profesiones, por lo que se invita a las instituciones educativas a reorientar el modelo de enseñanza para lograr los conocimientos, habilidades y actitudes pertinentes, suficientes y necesarios para el ejercicio profesional de los estudiantes.

EXAMEN DIAGNÓSTICO COMO ESTRATEGIA DOCENTE APLICADO AL INICIO Y AL FINAL DEL CURSO DE LA ASIGNATURA DE LABORATORIO EXPERIMENTAL MULTIDISCIPLINARIO I

Miriam Edith Fuentes Romero¹, María Eugenia Ramírez Ortíz¹, Patricia Muñoz Aguilar*²

¹Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México,

²Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México, patyalma@comunidad.unam.mx

Resumen

La aplicación del examen diagnóstico tiene la función de servir como instrumento de medición educativa, inferir capacidades de las personas y ofrecer información correcta para la toma de decisiones. En este trabajo se enfocó específicamente a la Evaluación Diagnóstica, por medio de la aplicación de un examen al inicio del semestre y al final, a estudiantes del cuarto semestre en el Laboratorio Experimental Multidisciplinario 1 (LEM 1), de la Carrera de Ingeniería en Alimentos de la Fes-Cuautitlán, UNAM. Se obtuvo un alto índice de reprobación del 37% en ambos rubros temáticos que cubren el examen diagnóstico, al aplicar diferentes estrategias didácticas a lo largo del semestre se logró un incremento en el índice de aprobación de estudiantes en un 45% en los aspectos teóricos.

Palabras clave: Examen diagnóstico, evaluación, aprendizaje,

Antecedentes

Las instituciones educativas a nivel superior tienen recursos limitados independientemente de su carácter público o privado, no obstante, tienen la responsabilidad social de ofrecer a la sociedad egresados que reúnan las cualidades y aptitudes que les permitan insertarse exitosamente en el ámbito laboral, o bien, continuar estudios de posgrado. Una acción necesaria es conocer que contenidos dominan los estudiantes que han ingresado al nivel superior, para diseñar políticas educativas, que permitan reducir el índice de reprobación en asignaturas consideradas difíciles, bajas voluntarias por motivos académicos, cambios de carrera, deserción escolar, entre otros indicadores negativos (Carrasco, 2017). Definir el nivel de aprovechamiento adquirido por los alumnos a lo largo de su formación profesional es indispensable para ir orientándolos y organizando el contenido del curso, por lo cual se hace necesaria la aplicación del Examen Diagnóstico, que tiene la función de servir como instrumento de medición educativa, inferir capacidades de las personas y ofrecer información

correcta para la toma de decisiones (Rodríguez, 2014). La evaluación se divide en tres tipos Diagnóstica, Formativa y Sumativa, el cual es un proceso de búsqueda del profesor y los estudiantes, donde ambos verifican sus aciertos y desaciertos, a su vez otorga un juicio de valor. Su resultado es una retroalimentación para el alumno y el profesor, de tal manera que puedan tomar las acciones correspondientes para asegurar el logro de los objetivos de manera óptima. La evaluación se realiza diariamente y no siempre implica la asignación de una calificación. Por ejemplo, las preguntas de síntesis al final de una clase y las preguntas de repaso sobre un tema anterior al inicio de la sesión, permite verificar si los alumnos dominan el tema y si es posible avanzar, o si es necesario explicar de otra manera, practicar más o profundizar en el tema, entre otros. La evaluación abre canales a nuestros sentidos para identificar mejor las necesidades de los alumnos y hacer accesible el conocimiento (Sequin, 2006).

No hay un alumno igual a otro. No hay un curso igual al otro. ¿Pero cómo conocerlos y cómo utilizar esta información en beneficio del proceso de enseñanza aprendizaje? La clave puede estar en la evaluación inicial o diagnóstica. Se puede considerar la evaluación diagnóstica dentro de la evaluación formativa, es decir, como un dispositivo de aprendizaje, donde a través de instrumentos que reflejan lo más fielmente posible la situación inicial, es posible obtener información del proceso de aprendizaje y a partir de ello, mejorarlo. Esta evaluación se produce al inicio del proceso y tiene como función orientar para adecuar las clases de cada curso. Y está focalizada en el alumno, es decir, al realizar un test o actividad de diagnóstico, lo que debe interesar es la información que se puede obtener de él o de ella (Sequin, 2006).

El Laboratorio Experimental Multidisciplinario I (LEMI) está orientado básicamente a la aplicación de las propiedades funcionales de polisacáridos y proteínas y su interacción con los diversos ingredientes, así como a la evaluación de su impacto en el procesamiento de alimentos, aplicando conocimientos de áreas tales como bioquímica, química de alimentos, fisicoquímica de alimentos, diseño de experimentos, reología y textura. El método de enseñanza contempla la integración de conocimientos de varias disciplinas a través del planteamiento y resolución de un problema cubriendo diferentes etapas donde el alumno: integra los conocimientos previos con los nuevos necesarios para la formulación de una estrategia de resolución del problema, formula y ejecuta una propuesta experimental, analiza los resultados y obtiene las conclusiones.

Los alumnos al ingresar a este nivel, cuenta con algunos conocimientos para el inicio del mismo, por lo que, al realizar una evaluación diagnóstica, sirve como medio para saber que tanto se han apropiado del aprendizaje de semestres anteriores ya que, al ser multidisciplinario, el laboratorio

tiene la finalidad de conjuntar herramientas de materias de distintas áreas, necesarias para la comprensión de los temas a tratar en el mismo. Al realizar esta evaluación, ayuda al docente para plantear las estrategias didácticas que apoyen a las áreas en las que los estudiantes presenten deficiencia en los conocimientos y con ello garantizar un aprendizaje significativo en ellos.

Este trabajo se enfocó específicamente a la Evaluación Diagnóstica, por medio de la aplicación de un examen al inicio del semestre y al final, a los estudiantes del cuarto semestre del Laboratorio Experimental Multidisciplinario 1 (LEM 1), de la Carrera de Ingeniería en Alimentos de la Facultad de Estudios Superiores de Cuautitlán, UNAM.

Objetivo

Conocer el nivel de aprovechamiento que han adquirido los estudiantes a lo largo del curso de la asignatura de LEM I, mediante los índices de aprobación y de reprobación en las áreas de estudio, obtenido a partir de la aplicación de un examen diagnóstico, para la implementación de mejoras en las estrategias de enseñanza aprendizaje.

Parte experimental

El examen diagnóstico de LEM 1, se realizó el primer día de inicio del semestre 2020-2 en el mes de enero y se volvió a aplicar al concluir el curso en junio del mismo semestre, a un total de 31 alumnos de diferentes grupos y con el mismo esquema del examen. Contemplando dos áreas principalmente, la primera aspectos teóricos necesarios para la comprensión de la temática del Laboratorio (generalidades sobre propiedades funcionales de polisacáridos y proteína, así como los sistemas dispersos en alimento), y la segunda manejo de herramientas matemáticas y de diseño de experimentos mínimas necesarias para que el curso se realice en forma exitosa.

Desafortunadamente este semestre se vio afectado por la pandemia de Covid-19, por lo cual el examen de inicio de semestre fue presencial y el final se aplicó en línea.

Resultados y discusión

En la Figura 1, se muestran los aspectos evaluados en el examen diagnóstico, en donde observa que cada uno de ellos equivale al 50% de la calificación total.

Como se observa en la Figura 1, se obtuvo un alto índice de reprobación del 37% en ambos rubros evaluados, (aspectos teóricos y en las herramientas matemáticas), lo que indica el nivel de conocimientos previo de los estudiantes es deficiente, por lo que se hace necesario la implementación de estrategias didácticas que ayuden a mejorar su aprendizaje y cumplir con el objetivo de la asignatura.

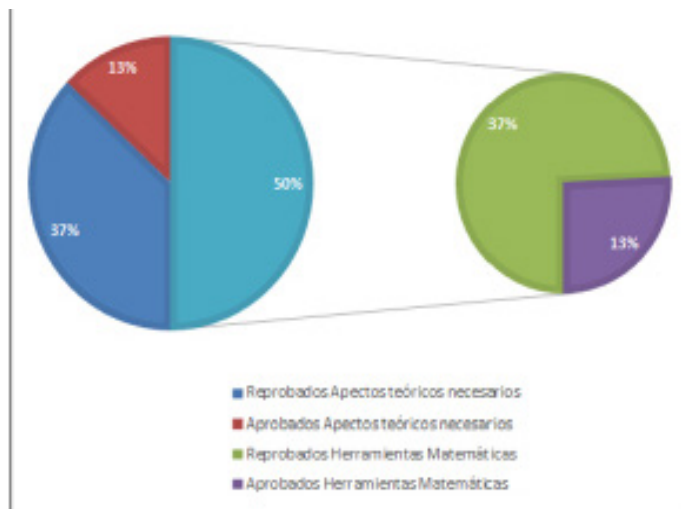


Fig. 1. Índice de Aprobación y Reprobación al aplicar el examen diagnóstico al inicio de semestre.

Por lo que se utilizaron diversas estrategias didácticas como: elaboración de mapas mentales y/o conceptuales, juegos didácticos, videos, mesas redondas, entrevistas, exposiciones orales, así como trabajos escritos que permitieron a los estudiantes apropiarse de los conocimientos estudiados en el LEM 1.

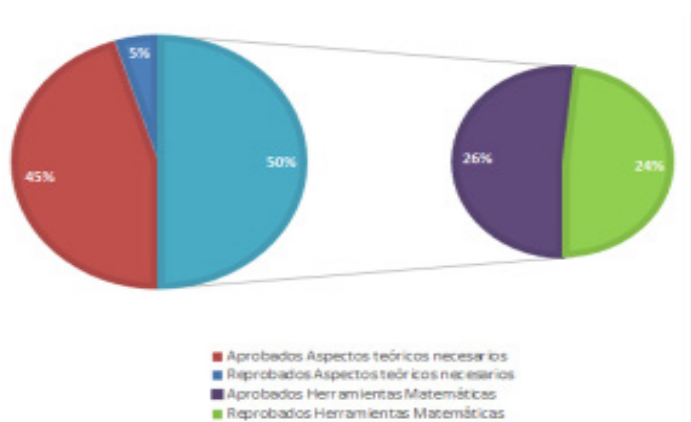


Fig. 2. Índice de Aprobación y Reprobación al aplicar el examen diagnóstico al final de semestre

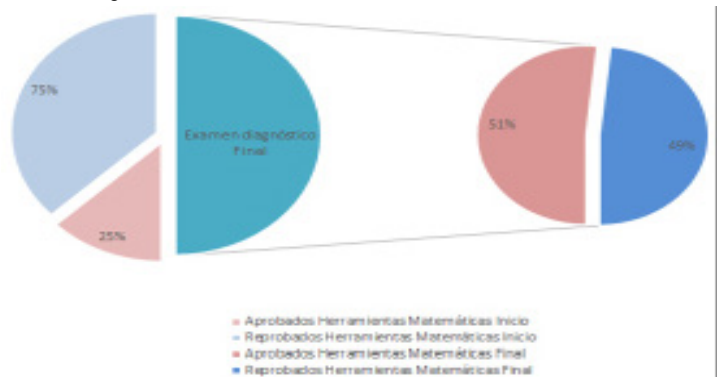


Fig. 3. Índice de Aprobación y Reprobación al aplicar el examen diagnóstico en las herramientas matemáticas.

En la Figura 2, se observa que con la aplicación de las diversas estrategias didácticas implementadas se tiene un 32% de aprovechamiento ya que iniciamos con 13% de aprobados y terminamos con el 45% de estudiantes aprobados en los aspectos teóricos y solo el 5% de reprobados. En las herramientas matemáticas, también se observó una mejora en el aprovechamiento ya que se pasa de 37% de reprobados a un 24%.

Se observa que en cuanto a las herramientas matemáticas al inicio del semestre los estudiantes tienen un índice de aprobación del 25% (Figura 3), y al final se duplica este índice, pero indica que se deben implementar estrategias didácticas que sirvan de apoyo para obtener un mayor aprendizaje significativo en esta área de conocimiento y con ello elevar el índice de aprobación.

Conclusiones

En los resultados obtenidos se observa que el examen diagnóstico cumple con la función de servir como instrumento de medición educativa, ya que muestra los índices de aprobación y reprobación que los estudiantes obtuvieron tanto al inicio del semestre como al final de este, permitiendo tomar decisiones y acciones que ayuden al mejoramiento de su formación como Ingenieros en Alimentos.

Dichos índices se vieron mejorados, aunque siguen siendo aspectos de mejora continua, en el desarrollo del LEM 1.

Algo muy importante en lo que se debe poner especial atención es en el planteamiento de estrategias didácticas que sirvan de apoyo para que los estudiantes adquieran los conocimientos necesarios para aumentar el índice de aprobación en cuanto a las herramientas matemáticas.

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo del proyecto DGAPA-UNAM PAPIME PE106219 para la realización del trabajo.

Referencias

CARRASCO, R. S. (2017). Resultados del examen diagnóstico de matemáticas aplicado a estudiantes de cálculo en la IBERO. Coloquio sobre Buenas Prácticas Docentes en el Proceso de Enseñanza Aprendizaje. Universidad Iberoamericana Puebla. Puebla, México.

RODRÍGUEZ, LL. R.; Lavandera, C. E.; Duque, H. M.; Rodríguez, V. Y.; Pacheco, M. L.; Zamora, M. K. (2014). El examen diagnóstico como estrategia docente aplicado al año terminal de la carrera de Estomatología. Educación Médica para el Siglo XXI 541, 1-14.

SEQUIN. (Seminario de Química de Naucalpan) (2006). Paquete de Evaluación para el Curso de Química 1. CCH Naucalpan. UNAM. Recuperado de file:///C:/Users/Edith/Downloads/Seminario%20de%20Qu%3ADmica%20de%20Naucalpan%20SEQUIN.V.pdf

SECUENCIA DIDÁCTICA PARA LA ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DE LA TABLA PERIÓDICA EMPLEANDO LAS TECNOLOGÍAS DEL APRENDIZAJE Y CONOCIMIENTO (TAC) EN EL NIVEL MEDIO SUPERIOR

Marco Antonio Murrieta García, Adolfo Eduardo Obaya Valdivia, Yolanda Marina Vargas Rodríguez*

¹Departamento de ciencias Químicas, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Autónoma de México, markmurrietag93@gmail.com; obaya@unam.mx; ymvargas@unam.com

Resumen

A los alumnos de educación media superior se les dificulta el manejo de la tabla periódica. Con el objetivo de mejorar los aprendizajes de esta, en este trabajo se presentan los resultados de una secuencia didáctica que emplea TAC. A través de material didáctico diseñado en PowerPoint, Excel, Memes, tablas comparativas en Google drive, etc. Para evaluar el mejoramiento de los aprendizajes, se determinó la ganancia normalizada de Hake con el pretest y el postest. Se obtuvieron valores medios ($0.3 < g > 0.7$) en la mayoría de los aprendizajes y valores altos ($> 0.7 - 1.0$), en la identificación de la estructura de la tabla periódica y propiedades. En conclusión, la secuencia es adecuada para la enseñanza-aprendizaje de la estructura y propiedades de la tabla periódica, ya que las actividades fueron realizadas en computadora de forma presencial, estas se pueden emplear en la educación en línea en el bachillerato.

Palabras clave: Secuencia didáctica, TIC, TAC, Tabla periódica, Nivel medio superior, Hake.

Antecedentes

La enseñanza y el aprendizaje son dos aspectos fundamentales del mandato de la UNESCO. La incorporación de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en las aulas de los centros educativos, es una medida necesaria y urgente de mejora significativa en el proceso de aprendizaje y enseñanza (Arista Hernández, 2013).

Los escenarios educativos deben estar encaminados a enseñar a los estudiantes a pensar y es precisamente habilidades como la interpretación, el análisis y la explicación, la meta para potenciar en las aulas de clase. Las TIC nos han llevado de la sociedad de la información a la sociedad del conocimiento, favorecido el acercamiento a esté, hasta llegar a gestionarlo y esto ha provocado que hablemos de tecnologías del aprendizaje y del conocimiento (TAC) (Moya López, 2013).

Es en el entorno educativo donde aparece el concepto TAC

y por ello los docentes debemos reconocer las distintas disciplinas que convergen en la educación, para identificar cómo la información es representada y transformada en la mente/cerebro de nuestros estudiantes.

Las TAC tratan de orientar TIC hacia usos más formativos, tanto para el estudiante como para el profesor, con el objetivo de aprender de una forma más sencilla. Se trata de incidir especialmente en los métodos, en los usos de la tecnología y no únicamente en asegurar el dominio de una serie de herramientas informáticas. Se trata en definitiva de conocer y explorar los posibles usos didácticos que las TIC tienen para el aprendizaje y la docencia (Granados, y otros, 2014).

Cuando se aborda el tema de la tabla periódica en clases tradicionales, generalmente se les pide a los alumnos que se aprendan de memoria los grupos, periodos, símbolos de los elementos, y no se considera el problema actual, el olvido de lo que supuestamente el estudiante “aprendió” en un tema o ciclo anterior (Ramos Mejía, 2020).

Para favorecer el proceso cognoscitivo del estudiante, contrarrestando su aplicación distractora, el desinterés en la materia de química, confusión y nulo manejo de conceptos básicos, que en ocasiones incluso no saben relacionarlos con su realidad (Salazar, Obaya, Giammatteo, & Vargas, 2019) y atrayendo su atención; el docente debe ser competente al seleccionar contenidos digitales, metodologías y nuevas herramientas didácticas como el uso de infografías, memes, cuestionarios en línea como Kahoot, página de Facebook, paquetería de Office y Google Drive, aplicados como técnicas de aprendizajes.

Las presentaciones emplean recursos mixtos y lenguajes de varias procedencias como dibujos, fotografías o videos, pero también signos y sonidos. Las hojas de cálculo permiten trabajar tablas y manipular la información contenida dentro de cada una de las celdas dispuestas en filas y columnas. Los procesadores de textos trabajar documentos. Todo esto se puede potenciar trabajándolo en línea en plataformas como Google Drive, con la ventaja de que un grupo de personas pueden trabajar al mismo tiempo, desde cada uno de sus dispositivos electrónicos.

Kahoot es una plataforma de aprendizaje basada en cuestionarios de trivia que facilita la creación, el intercambio y la reproducción de aprendizajes (Kahoot, 2020). Dentro del aula de clase permite en formato de concurso, que los alumnos usen sus dispositivos electrónicos para elegir la respuesta correcta y visualizar las preguntas proyectadas en una pantalla.

Una fanpage de Facebook es una página creada especialmente para ser un canal de comunicación con fans (alumnos) dentro de esta (Siqueira, 2020) y permite la divulgación de información.

Los memes son imágenes acompañadas de un texto corto que componen una frase original (Acuña, 2017), al analizar su concepción y finalidad, vemos que es una herramienta que puede servir para: la memorización, incentivar la creatividad, reforzar el uso de la síntesis y estimular la inventiva para construir y transmitir conocimiento. Ejemplos en el aula: experiencias en el uso de los memes como estrategia didáctica en el aula (Arango Pinto, 2014), el uso de los memes como recurso pedagógico en la enseñanza de la química: una visión (Santos, Santoro, Alves, & Braga, 2020).

Además, los grafismos infográficos digitales (infografías), son formas comunicativas visuales que presentan productos informativos, formativos o demostrativos, propios del periodismo y/o la documentación, que se divulgan en los medios audiovisuales en la web. Habitualmente presentan contenidos importantes y de interés para los intérpretes. Ejemplos de su uso: las infografías una herramienta básica para el proceso de enseñanza aprendizaje en la asignatura de Química (Cid, Loera, Lozano, & Alatraste, 2016), la elaboración de infográficos de minería: en busca de una Enseñanza de Química contextualizada (Zavaglia Marques & Drehmer Marques, 2020).

Se observó que el alumno fue capaz de identificar la importancia de la tabla periódica y con ello las infografías, diapositivas, memes, Kahoot y ejercicios en PowerPoint, Excel y Google Drive, pueden ser empleadas como soporte de estrategias didácticas para la enseñanza-aprendizaje del tema. El estudio permitió establecer un protocolo de utilización de dichas TIC como TAC.

Para la evaluación de los resultados obtenidos se utilizó el factor de Hake, que muestra la ganancia conceptual obtenida con el uso de las técnicas utilizadas en la secuencia didáctica.

Objetivo

Favorecer el aprendizaje por medio de la creación y desarrollo de material didáctico digital utilizando las TAC como herramienta didáctica para el manejo de la estructura y propiedades de la tabla periódica en el nivel medio superior.

Metodología

La secuencia didáctica se aplicó en la escuela preparatoria Ignacio Manuel Altamirano de carácter privado con REVOE ACDO 00/0085 9 NOV 2000, en un total de 10 horas, correspondientes al Bloque 4. Tabla periódica del programa de la DGB.

El grupo sometido a estudio fue de 1er semestre, grupo 102, turno matutino, en aula de cómputo, conformado por 37 alumnos, distribuido en 12 alumnos masculinos y 25 femeninos, con un promedio de edad de 15 años.

Al grupo se le impartido una secuencia didáctica basada en el uso de TIC con enfoque en TAC, se distribuyó en dos apartados centrales: Identificación de la estructura de la tabla periódica y las tendencias de las propiedades periódicas, en 5 h cada una de ellas.

Dentro de cada de una de las sesiones, se apoyo de material didáctico elaborado para cada uno de los subtemas y de esta forma trabajar. En la tabla 1 se puede observar las clases impartida y su tema y que actividad se trabajó.

Clase	Tema de Clase	Actividad
1	Introducción a la tabla periódica	Pretest, analogía y preguntas, cuadro comparativo elementos y nombre con elementos
2	Antecedentes históricos tabla periódica	Tabla comparativa en Google drive
3	Estructura de la tabla periódica: grupos o familias, periodos, bloques, clasificación de los elementos, naturaleza, estados de agregación y origen	Tabla periódica Excel
4	Grupos o familias y propiedades	Cuadro comparativo en Google drive
5	Metales, no metales y metaloides, propiedades	Cuadro comparativo tipos de elementos, Memes e Infografía elemento
6	Propiedades periódicas: Radio atómico.	Video, tabla "huesos anchos" en PowerPoint y Ejercicios
7	Propiedades periódicas: Energía de ionización y afinidad electrónica	Mapa mental, y ejercicios en TIC
8	Propiedades periódicas: Electronegatividad	Tabla "quién atrae más" en PowerPoint y ejercicio en TIC
9	Ejercicios propiedades periódicas	Kahoot de ejercicios
10	Retroalimentación tabla periódica y propiedades periódicas	Análisis y elaboración de memes, Infografía.
11	Cuestionario de conocimientos	Postest

Tabla 1. Plan de clase de la secuencia didáctica de tabla periódica

Se aplico un cuestionario pretest al inicio y un postest al final de la secuencia, para evaluar los conocimientos adquiridos. Los temas fueron impartidos y estructurados en diapositivas en PowerPoint (Figura 2,3,4 y 6).

Se realizó una fanpages o página de Facebook llamada "Química IMA". En ella se subieron las diapositivas en formato de fotos para poder consultarlas posteriormente, así como la publicación de los links de los tutoriales para poder elaborar sus infografías en cualquiera de las páginas especializadas (Picktochart, Canva, Vennagge, etc.). Además, de publicar avisos y recordatorios a los alumnos, y ellos mismos podían enviar mensaje para preguntas o dudas sobre los trabajos y temas.

Secuencia didáctica TIC TAC

En la clase 1 se aplicó el cuestionario Postest, este cuestionario comprendía 20 preguntas, 12 eran de opción múltiple, 4 eran de relacionar columnas y las restantes eran esquemas de identificación (Anexo 1).

En la clase 3, se diseñó una hoja de cálculo de Excel (Figura 1) de la tabla periódica, los alumnos de manera individual empleando colores distintos fueron señalando: la numeración de familias y periodos; para los bloques, los bordes de las celdas; para los metales, no metales y metaloides, el relleno de las celdas; los distintos estados de agregación de los elementos, cambiando el color del símbolo del elemento; para el origen de los elementos, se cambió de color el nombre del elemento únicamente de los sintéticos y se colocó un asterisco junto al símbolo de aquellos elementos radioactivos naturales.



The image shows a screenshot of a periodic table created in Microsoft Excel. The table is color-coded to represent different groups and periods. Elements are represented by their chemical symbols (e.g., H, He, Li, Be, B, C, N, O, F, Ne, Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, Ar, K, Ca, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, As, Se, Br, Kr, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Mo, Tc, Ru, Rh, Pd, Ag, Cd, In, Sn, Sb, Te, I, Xe, Ba, La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Hf, Ta, W, Re, Os, Ir, Pt, Au, Hg, Tl, Pb, Bi, Po, At, Rn, Fr, Ra, Ac, Th, Pa, U, Np, Pu, Am, Cm, Bk, Cf, Es, Fm, Md, No, Lr). The table is organized into rows and columns, with some elements highlighted in different colors to indicate their classification.

Fig. 1. Tabla periódica diseñada en Excel

En la clase 2, 4 y 5 el trabajo fue colaborativo, trabajando en Google Drive en un documento tipo Word, completar una tabla (Figura 2) y cuadros comparativos. Y se presentaron memes que describen algunas características de los elementos de la tabla periódica. Y se dejó de tarea la elaboración de una infografía sobre un elemento.

En las clases 6-8, las clases fueron magistrales, donde el docente apoyado de las dispositivas y videos, describió las características de cada una de las propiedades periódicas, cada sesión se acompañó de una actividad a realizar por parte de los alumnos y de ejercicios sobre la identificación

Fig. 2. Tabla comparativa sobre los antecedentes de la tabla periódica y acomodo de los elementos según su posición en la tabla periódica con respecto a las propiedades periódicas.

En el caso de la clase 6. Radio atómico (Figura 3) y 8. Electronegatividad (Figura 4), las actividades fueron diseñadas en PowerPoint, donde el alumno debía de completar unas tablas con figuras, acomodando y relacionando según el valor de la propiedad con respecto a otra tabla con los valores numéricos; para radio atómico en función del tamaño en Å y en el caso de la electronegatividad, basándose en la electronegatividad de Pauling. Al final los alumnos las usaron para responder los ejercicios.

Fig. 3. Actividad en PowerPoint ¿Tu radio atómico es grande o sólo eres de huesos anchos?

Fig. 4. Actividad en PowerPoint ¿Tu electronegatividad es grande o sólo eres muy atractivo?

En la clase 9 se realizó un repaso de las propiedades periódicas y de ejercicios en un cuestionario de 15 preguntas elaborado en Kahoot (Figura 5), proyectándose con uso de cañón, para ver las preguntas y los alumnos utilizando su celular o computadora para responder. Link del Kahoot <https://create.kahoot.it/share/quimica-i-propiedades-periodicas/5f8ff442-b52e-4142-930f-db8b19541f2f>.

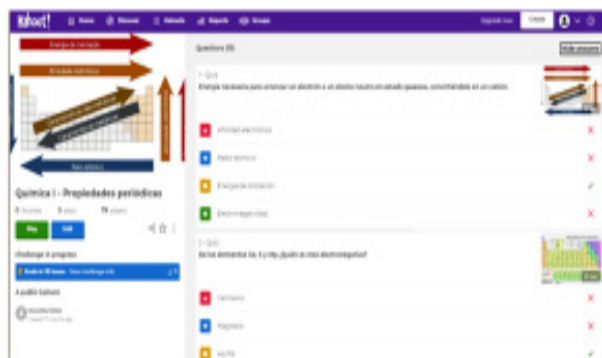


Fig. 5. Cuestionario en Kahoot de propiedades periódicas

Finalmente, en la clase 10, se presentaron a los alumnos una serie de memes (Figura 6), unos elaborados por el profesor otros sustraídos de la red. Se trabajaron en dos fases, en la primera parte el alumno debía de analizar qué significado tenía el mensaje transmitido por el meme en relación con los temas de la tabla periódica. En la segunda parte los alumnos debían elaborar ahora un meme con las imágenes presentadas, tomando en cuenta el tema de propiedades periódicas.



Fig. 6. Memes enfocados al tema de tabla periódica para análisis y elaboración por parte de los alumnos.

Dejando a los alumnos la elaboración de otra infografía donde se resumieran las propiedades periódicas y su tendencia dentro de la tabla periódica.

Resultados y discusión

Los resultados de las respuestas correctas del pretest y del postest, se presentan en la figura 7. Las preguntas estuvieron divididas en los siguientes temas:

Pregunta	Tema
1-3	Conceptos de la estructura de la tabla periódica
4-8, 18	Tendencias de las propiedades periódicas en la tabla periódica
9-10	Conceptos de propiedades periódicas
12-16	Antecedentes históricos de la tabla periódica
17 y 19-20	Esquemas de la estructura de la tabla periódica

Tabla 2. Temas preguntados en el Postest y Pretest

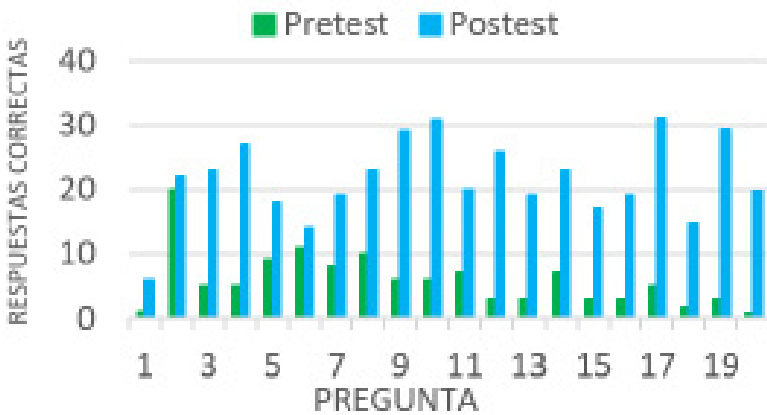


Fig. 7. Resultados obtenidos en el pretest y postest de cada pregunta aplicados en la secuencia didáctica

Comparando los resultados del pretest y el postest, se observó que en la sección de conceptos de la estructura de la tabla periódica se presenta un ligero incremento en el porcentaje de respuestas correctas después de haber aplicado. Un resultado interesante es que un poco más de la mitad de los alumnos previamente identifican en la pregunta 2 que es una familia y un porcentaje bajo de alumnos lograron comprender la diferencia entre un compuesto y elemento, razón de que la pregunta 1, enfocada a la definición de tabla periódica, presento pocas respuestas correctas.

En cuanto a las secciones de tendencias de las propiedades periódicas en la tabla periódica, conceptos de propiedades periódicas y antecedentes históricos de la tabla periódica, mejora sustancialmente la comprensión y conocimiento de estos temas, algunas preguntas como la 10, presento un porcentaje muy alto de alumnos que respondieron correctamente, entendiendo el concepto de radio atómico, pero otras como la pregunta 6, donde los estudiantes no logran analizar y comprender la tendencia de la afinidad electrónica dentro de la tabla periódica, teniendo muy bajo conocimiento adquirido de parte de los alumnos.

Para la última sección de preguntas donde los alumnos debían de señalar información en esquemas de la estructura de la tabla periódica, se observa claramente el crecimiento en el número de respuestas correctas por parte de los alumnos. Es importante notar, que la mayoría de estos desconocían dentro de la tabla periódica la ubicación y numeración de las familias y periodos, en el caso de las familias el nombre de estas, para el caso de los bloques, cuales eran y su ubicación, que elementos eran metales, no metales y metaloides, así mismo, su distribución dentro de la tabla.

Los resultados obtenidos de las dos evaluaciones (pre y post test) se analizaron, mediante la ganancia normalizada de Hake. Este permite calcular la ganancia conceptual, es decir, medir si existió un cambio significativo en el desarrollo de los estudiantes, mejorando su actitud e interés hacia el tema, después de haber sido aplicada la secuencia didáctica (Hake, 1998).

Dicho factor se representa con la letra “g” y toma un valor numérico, que representa el incremento de la relación entre el pretest y el postest al inicio y al final de la estrategia didáctica, con un valor que cubre el intervalo (0-1) (Salazar, Obaya, Giammatteo, & Vargas, 2019) y se calcula con la siguiente fórmula:

$$\text{Ecuación 1) } g = (\text{Postest\%} - \text{pretest\%}) / (100 - \text{pretest\%})$$

Hake usa la puntuación de ganancia para determinar tres niveles de logro como se muestra a continuación:

- Valor alto, cuando $g \geq 0,7$, aprendizajes activos.
- Valor medio, cuando está entre $0,3 \leq g < 0,7$
- Valor bajo, cuando $g \leq 0,3$

Los resultados mostrados en la figura 9 son parte del promedio de respuesta de los estudiantes, tomando el porcentaje de respuesta correcta para cada pregunta (1-2) y así determinar el factor de Hake, con la ecuación 1.

En el análisis gráfico es claro visualizar la puntuación obtenida para cada reactivo en el factor de Hake, se observa que la mayoría de las respuestas tienen una ganancia conceptual media ($0,3 \leq g < 0,7$), que las respuestas a las preguntas 9, 10, 17 y 19, tienen una ganancia conceptual alta ($g \geq 0,7$) y las preguntas 1, 2 y 6, baja ($g \leq 0,3$). Esto nos arroja que los estudiantes adquirieron y/o reforzaron conocimientos sobre antecedentes y esquemas de la estructura de la tabla periódica, conceptos y tendencias de las propiedades periódicas, pero aún existen conceptos de la estructura de la tabla periódica que deben explicarse con más detalle para que los alumnos lo comprendan y se apropien de ese conocimiento. La ganancia promedio de Hake para el grupo fue de 0.49, lo que indica según Hake que se logró un mejoramiento del aprendizaje.

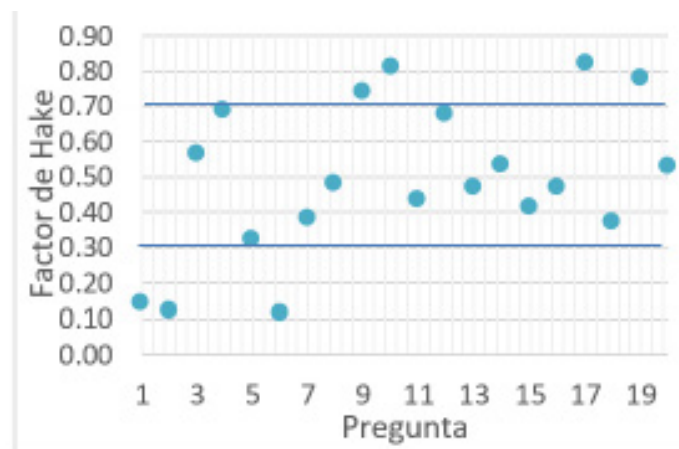


Fig. 8. Factor de Hake obtenido para cada pregunta del cuestionario aplicado

Conclusiones

El diseñar e implementar una secuencia didáctica basada en TIC para enseñar tabla periódica en química a estudiantes de primer semestre de preparatoria, permitió establecer una serie de herramientas digitales a emplear como TAC.

Las diversas actividades fueron del agrado y curiosidad de los estudiantes, principalmente los memes, tablas de Excel y PowerPoint (radio atómico y electronegatividad) e infografías, mostrándose imaginativos y atentos, las actividades en equipo permitieron la discusión e intercambio de ideas. Sin duda, estas actitudes ayudan a los estudiantes en su proceso de aprendizaje.

Con base en los resultados obtenidos del instrumento de evaluación, se logró una mejora significativa en el conocimiento de los estudiantes para tabla periódica. Los niveles de logro indicados por la puntuación de ganancia de Hake están relacionados con una ganancia media conceptual ($g = 0,49$). Lo que indica la eficacia de las actividades, materiales y técnicas empleadas en la secuencia didáctica, es especial aquellas relacionadas con la identificación de la estructura de la tabla periódica.

Esta secuencia didáctica por su riqueza de herramientas digitales permite ser empleada en la educación presencial y en línea a nivel medio superior o superior.

Agradecimientos

Trabajo realizado con apoyo del proyecto PIAPIME 2131520

Referencias

ACUÑA, M. (17 de abril de 2017). Innovación educativa: Enseñar con memes. Obtenido de Evirtualplus: <https://www.evvirtualplus.com/innovacion-educativa-ensenar-con-memes/>

ARANGO, L. P. (Noviembre de 2014). Experiencias en el uso de los memes como estrategia didáctica en el aula. Obtenido de Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Innovación y Educación: <https://www.oei.es/historico/congreso2014/memoriacte/i/1513.pdf>

ARISTA, J. J. H. (2013). Tecnologías de la información y la comunicación (TIC) aplicadas a la docencia. Logos Boletín Científico de la Escuela Preparatoria No. 2, 1(1), 1. Obtenido de Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo: <https://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/prepa2/n1/e1.html>

CID, A. R., Loera, S. S., Lozano, M. L. C., & Alatraste, Y. M. (Marzo de 2016). Las infografías una herramienta básica para el proceso de enseñanza aprendizaje en la asignatura de Química. Obtenido de Memorias del Congreso de Investigación Academia Journals: https://www.researchgate.net/profile/Yadira_Alatraste-Martinez/publication/301566470_Las_infografias_una_herramienta_basica_para_el_proceso_de_ensenanza_aprendizaje_en_la_asignatura_de_Quimica/links/571a73a508ae6eb94d0c7b2b/Las-infografias-una-herramienta

GRANADOS, J., López, R., Avello, R., Luna, D., Luna, E., & Luna, W. (2014). Las tecnologías de la información y las comunicaciones, las del aprendizaje y del conocimiento y las tecnologías para el empoderamiento y la participación como instrumentos de apoyo al docente de la universidad del siglo XXI. *MediSur*, 12(1), 289-294. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/326019547_Las_tecnologias_de_la_informacion_y_las_comunicaciones_las_del_aprendizaje_y_del_conocimiento_y_las_tecnologias_para_el_empoderamiento_y_la_participacion_como_instrumentos_de_apoyo_al_docente_de_la_un

HAKE, R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A sixthousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics* (64), 64-66. doi: 10.1119/1.18809

KAHOOT. (2020). What is Kahoot!? Obtenido de Kahoot!: <https://kahoot.com/what-is-kahoot/>

MOYA López, M. (Diciembre de 2013). De las TICs a las TACs: la importancia de crear contenidos educativos. *Didáctica, Innovación y Multimedia (DIM)*(27), 1-15. Obtenido de <http://dim.pangea.org/revistaDIM27/docs/AR27contenidosdigitalesmonicamoya.pdf>

RAMOS Mejía, A. (Enero-marzo de 2020). "¿Cómo se puede usar el celular como pretexto para enseñar la Tabla Periódica?". *Educación Química*, 31(1), 49-61. doi:10.22201/fq.18708404e.2020.1.70399

SALAZAR Reyes, E., Obaya Valdivia, A. E., Giammatteo, L., & Vargar Rodríguez, Y. M. (5 de Mayo de 2019). Evaluating a didactic strategy to promote atomic models learning in High. *International Journal of Education and Research*, 293-312. Obtenido de <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED595352.pdf>

SANTOS, A. E., Santoro, L. F., Alves, T. R., & Braga, E. d. (2020). El uso de los memes como recurso pedagógico en la enseñanza de la química: una visión de los profesores de la disciplina. *Research, Society and Development*, 9(7), 1-23. doi:<http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i7.4020>

SIQUEIRA, A. (25 de Mayo de 2020). Fanpage de Facebook: qué es y por qué tu empresa debe tener una. Obtenido de RD Station: <https://www.rdstation.com/es/blog/fanpage-facebook/>

ZAVAGLIA Marques, J. F., & Drehmer Marques, K. C. (2020). La elaboración de infograficos de minería: en busca de una Enseñanza de Química contextualizada. *Research, Society and Development*, 9(2), 1-20. doi:<http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i2.2062>

EL COVID Y LA EDUCACIÓN: EL MOMENTO DE UNA REFLEXIÓN DOCENTE

Heidi Nopal Guerrero¹, Alonso Escalante Reynoso²

¹Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México, alonsito-depollo@gmail.com

²Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México, alonsoescalante123@gmail.com

Resumen

El presente ensayo aborda los factores que han influido en el aumento de reprobación y deserción académica, con la intención de aportar elementos hacia una reflexión docente acerca de nuestra labor educativa en pro de aminorar tal situación, por medio de una investigación documental, mediante la experiencia personal, elementos del método científico, el positivismo y racionalismo crítico.

Se considera que no es únicamente el factor económico el que ha influido en estas problemáticas académicas en el CCH Vallejo como en diversas instituciones educativas, sino factores como la falta de diversas herramientas y habilidades cognitivas para afrontar las nuevas características educativas a casusa del confinamiento, habilidades como comprensión lectora, razonamiento y pensamiento crítico.

Palabras clave: Perfil del estudiante, práctica docente, Educación 4.0, Docente 4.0, Industria 4.0.

Antecedentes

La problemática educativa de reprobación y deserción educativa no es un secreto, ya que a través del tiempo y cada vez de manera más frecuente se han implementado diversos programas de regularización académica para los jóvenes estudiantes para rescatar de manera expresa a alumnos reprobados de diversas asignaturas, con dos intenciones, por un lado la de acreditar las asignaturas y en segundo lugar el reforzar sus aprendizajes, pero ¿Nosotros los docentes realmente favorecemos las orientaciones de la labor educativa del CCH con nuestra práctica docente? ¿Los alumnos de CCH Vallejo cuentan con las habilidades para el desempeño en sus actividades académicas en el contexto de la contingencia sanitaria? ¿Cómo hemos contribuido nosotros los docentes a ello? ¿solamente es la falta de conectividad la causa de reprobación y deserción de los alumnos? Con la intención de reflexionar estas cuestiones cada uno de nosotros como docentes se abordan problemáticas educativas actuales como bajo rendimiento escolar y falta de conocimientos, así como escasas de habilidades, herramientas cognitivas y actitudes que se presentan entre estudiantes de bachillerato, que se han intensificado a partir de la contingencia sanitaria del COVID 19, donde además se reflexionará acerca de la contribución a los estudiantes que como docentes podemos hacer a través de promover diversos elementos del modelo educativo del CCH ante la gran necesidad de prepararlos teniendo en puerta la llamada educación 4.0.

Objetivo(s)

El objetivo de esta ponencia es aportar elementos hacia una reflexión, acerca de nuestra labor educativa, con la finalidad de que nosotros los docentes desarrollemos las habilidades y conocimientos necesarios a los alumnos para aminorar la reprobación y deserción escolar, por medio de una investigación documental y mediante la experiencia personal.

Metodología.

Este documento se basa en la investigación documental tomando elementos del método científico como observación sistemática, medición y la formulación, considerando según que es “el procedimiento mediante el cual podemos alcanzar un conocimiento objetivo de la realidad, tratando de dar respuesta a las interrogantes” (Castán, 2014, p.1).

Tiene elementos como el positivismo ya que como comenta Aguilera & Rina (2013) este privilegia a la observación y análisis de los hechos con la finalidad de demostrar una hipótesis y del racionalismo crítico que enfatiza en lo que se conoce y como se conoce, además de que los conocimientos permiten comprender el mundo y justamente que la realidad es la que se debe de estudiar y comprender por medio de conjeturas y refutaciones.

Resultados y discusión

La gran repercusión de la contingencia sanitaria en la educación es indudable, la afectación sobre todo ha sido en el índice de reprobación y de deserción tal como lo comenta Esteban Moctezuma Barragán (SEP, 2020) y la UNICEF (2020) que también ha previsto que “aumentará el riesgo de abandono escolar definitivo”, además se prevé que este fenómeno sea más agudo en el paso de secundaria al nivel medio superior debido a la crisis económica, pero también admiten que existen otros factores como la falta de interés (Páez, 2020), entre otros de los que se hablará adelante.

El cambio de modalidad educativa a consecuencia del confinamiento no se ha salvado de tener un impacto negativo por lo que considero de gran importancia analizar, identificar y dar a conocer los diversos factores que podrían ayudar a aminorar esta situación académica.

Para este trabajo es de gran importancia tener el contexto del Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH), el cual de acuerdo a la Gaceta Amarilla (1971) fue aprobado por el Consejo Universitario el 31 de enero de 1971 como un órgano de innovación, con nuevos esquemas de enseñanza de acuerdo a las exigencias de la sociedad, tendiente a combatir el vicio llamado enciclopedismo y en respuesta a las demandas de un país con necesidad de educar con alcances de investigación científica, tecnológica y humanística para

construir una nación independiente y soberana, surgiendo con ello una innovación de enseñanza universitaria.

La gaceta enmarca las diferencias entre el CCH y las prepas, las cuales son en primer lugar los planes de estudio que son de carácter interdisciplinario, la segunda diferencia es que en CCH exista el trabajo académico en las aulas y también el aprendizaje práctico a través de los talleres, laboratorios y centros de trabajo, dicho de otra manera, la metodología de enseñanza pone énfasis en la práctica de los conocimientos teóricos, las técnicas de información y documentación buscan fomentar la investigación y con ellos el pensamiento crítico, argumentación, reflexión.

El CCH se creó con el objetivo de atender a estudiantes deseosos de aprender y haciendo todo para lograr el verdadero aprendizaje por medio del aprender a aprender, a informarse con aspiración a que los estudiantes colaboren con la nación en una política de educación y de empleo cada vez más calificada y “considerando al alumno como sujeto de la cultura de su propia educación” (González, 1996, p.6).

Corrientes pedagógicas

Una de las corrientes pedagógicas en las que incide el modelo educativo del CCH es el constructivismo a través del aprender a aprender, ya que el colegio pretende que el alumno con las herramientas que le provee el profesor le permita tener las bases para brindar el andamiaje, mediar y guiar el proceso de enseñanza aprendizaje además propiciar el constructivismo (López, 2016), construya sus propios procedimientos para lograr resolver problemas y construya sus propios aprendizajes.

Dentro del marco del constructivismo se encuentra el aprendizaje significativo y para encausarlo, como comenta Palmero (2011), se da sentido y significado construyendo el conocimiento a través de las experiencias individuales y sociales por medio de las actividades como el modelo educativo del CCH lo encuadra.

Educación 4.0

La educación 4.0 se relaciona con la industria 4.0, esta última hace referencia de acuerdo con Custodio (2019) a las 4 revoluciones industriales que ha vivido la humanidad y las describe de la siguiente manera:

- 1a con la aparición de la máquina de vapor
- 2a con la utilización de la energía eléctrica
- 3a con la automatización electrónica
- 4a revolución también llamada por la Comunidad Económica Europea, industria de la Publicidad 4.0 y es la que actualmente vivimos.

Hablando homológicamente de la educación 4.0, de acuerdo con la SEP (2017) se clasifica de la siguiente manera:

Educación 1.0 Enseñanza en una sola dirección. La evaluación se centra en exámenes y en el trabajo individual.

Educación 2.0 La enseñanza ya es bidireccional. De relevancia el trabajo a través de la interacción entre pares.

Educación 3.0 Se lleva a cabo con el aprendizaje autodirigido. Busca en el alumno la competencia de la indagación digital de información.

Educación 4.0 Centrada en las competencias. Se busca la autodirección, autoevaluación y el trabajo en equipo. Educación basada en proyectos con el uso de la tecnología, así como existe una revolución industrial, la educación también ha tenido cambios.

Una pregunta importante que nos debemos hacer nosotros los docentes es el por qué han aumentado en CCH realmente los niveles de deserción y de reprobación en esta contingencia sanitaria, incluso sería para mí el tema central que nos lleva a esta investigación y el reflexionar si solamente es cuestión de problemas de conectividad y de bajos recursos económicos o si existen otros motivos en los cuales podríamos hacer frente de mejor manera.

El hecho de que se incrementó el nivel de reprobación y deserción a causa de la emergencia sanitaria por Covid 19 y la contingencia sanitaria es incuestionable, sobre todo considerando las cifras emitidas por la propia Secretaría de Educación Pública, que según Toribio (2020) comenta: 525 mil 330 alumnos de educación básica desertaron y por parte de los universitarios 305 mil 89 alumnos que representan el 8% de la matrícula total y peor aún que 800 mil estudiantes de nivel secundaria ya no continuaron sus estudios a nivel bachillerato, a su vez (Lomelí 2020, como se citó en Moreno, 2020) que en “bachillerato, 11.4% de los estudiantes no presentó y 8.8% no aprobó, 8% más que el año anterior. En licenciatura, tenemos 4% de no aprobados frente a 14% de no presentados. Es un incremento de 4% o 5% de lo que se observa en otros años”, aunque por otro lado también se reconoce que existen otros factores que han salido a la luz a través de la “nueva modalidad educativa” y que han influido en estas estadísticas, como ejemplo podemos mencionar el analfabetismo digital y no solamente por parte de los alumnos si no de los profesores también (Toribio, 2020).

Pero entonces debemos nosotros los docentes reflexionar y cuestionarnos si existen otros factores que han intervenido en la deserción y reprobación en nuestros alumnos de CCH en esta emergencia sanitaria, a la cual en lo personal he logrado constatar que sí, que existen otros problemas además del analfabetismo digital tanto en alumnos como profesores

y que se han detectado ya de por sí en la modalidad presencial y se han agudizado he impactado en esta contingencia sanitaria ya que aun en la anterior modalidad presencial se ha descubierto que a pesar de que justamente el CCH se instituyó con el objetivo de exponer una innovación en la enseñanza a través de promover a alumnos sujetos de su propia educación, dicho de otra manera con la habilidad de la autogestión y que el profesor solo fungiera como facilitador y auxiliar del proceso de enseñanza aprendizaje y no como hoy en día esperan muchos jóvenes de él, que precisamente sea un mero repetidor, todo lo anterior realmente no ha logrado impactar y permear precisamente en el índice de deserción y reprobación bajo ninguna circunstancia.

Entonces, ¿qué está sucediendo?, en una introspección considero que en realidad los docentes del CCH no estamos favoreciendo con nuestra práctica docente diversos puntos del mismo modelo educativo, tales como las orientaciones de la labor educativa del CCH que son precisamente el Aprender a Aprender, a Hacer y Ser; con la misión que es precisamente el formar alumnos con un perfil de ser sujetos y actores de su propia formación de la cultura de su medio, de herramientas cognitivas como razonamiento y pensamiento crítico, de hacer uso de las tecnologías para poder obtener, jerarquizar y validar información para resolver nuevos problemas que precisamente consisten en esta educación 4.0 consecuencia de la cuarta revolución industrial.

Podemos comentar que efectivamente, muchos alumnos no cuentan con las herramientas suficientes ni para el modelo educativo del CCH enmarcado en los diversos documentos y que ha pretendido prevalecer, ni en la nueva modalidad llamada por el rector de la universidad como “Híbrida” y esto derivado precisamente de nosotros los profesores no hemos privilegiado el desarrollo de estas habilidades para el desempeño en sus actividades académicas en el contexto de la contingencia sanitaria y que como lo comenta Custodio (2019). Los profesores no estamos ante un desafío tecnológico si no ante un desafío metodológico y que por ello en las escuelas se encuentra los principales límites y que, aunque el CCH en su modelo educativo incide justamente con la educación 4.0 al “busca proporcionar a las nuevas generaciones la formación en las competencias que requiere para el siglo XXI” entre otros puntos.

Conclusiones

Nosotros los docentes de nivel medio superior debemos poner manos a la obra para abatir estas grandes problemáticas y hacer específicamente lo que a nosotros nos concierne en pro de una mejor preparación de nuestros alumnos ya que es una gran necesidad de atender para que logren afrontar situaciones como las que se han dado por la contingencia sanitaria y para la llamada educación 4.0. Considero que, en la práctica, lo que estamos haciendo los

docentes es fomentar precisamente un modelo tradicional enciclopedista del cual está completamente en contra la UNAM y que debemos afrontar este reto, iniciando con la planeación e implementación de nuestras estrategias didácticas.

Referencias

- AGUILERA, H. & Rina, M. (2013). Identidad y diferenciación entre Método y Metodología Estudios Políticos, vol. 9, núm. 28, pp. 81-103 Universidad Nacional Autónoma de México Distrito Federal, México. Consultado el 13 de septiembre en file:///C:/Users/acer/Downloads/426439549004%20(1).pdf
- CASTÁN., Y. (2014). Introducción al Método Científico y sus etapas. Consultado el 10 de septiembre en file:///C:/Users/acer/Downloads/metodoCientifico.pdf
- CUSTODIO C., Y. (2019). ¿Qué es la educación 4.0? <http://revistaedura.com/que-es-la-educacion-4-0/#:~:text=Si%20la%20educaci%C3%B3n%20avanz%C3%B3%20de,tales%20como%20la%20autodirecci%C3%B3n%2C%20la>
- GONZÁLEZ, T., J. (1996). Plan de estudios. UNAM. CCH.<http://www.cch.unam.mx/sites/default/files/actualizacion2012/Plan1996.pdf>
- LÓPEZ, H., O., L. (2016). El andamiaje del maestro en el proceso de la escritura en niños de transición. Universidad Distrital Francisco José de Caldas Facultad de Ciencias y Educación. Bogotá D. C. Consultado el 2 de septiembre en: file:///C:/Users/acer/Downloads/LopezHigueraOлгаLucia2016.pdf
- MORENO, T. (2020, 08 de septiembre). 72 mil estudiantes de UNAM, en riesgo de desertar por crisis. El universal. Consultado el 20 de septiembre en: <https://www.eluniversal.com.mx/nacion/72-mil-estudiantes-de-unam-en-riesgo-de-desertar-por-crisis>
- PÁEZ, M., A. (2020). Deserción escolar el reto del COVID-19 para el ciclo 2020-2021. Crónica.com.mx https://www.cronica.com.mx/notas-desercion_escolar_el_reto_del_covid_19_para_el_ciclo_2020_2021-1160340-2020
- SEP (2017). Docente 4.0 <https://docente.4-0.ipn.mx/index.php/conectate/>
- SEP. (2020). Boletín No. 167 Trabaja SEP para mitigar la deserción y el abandono escolar ante la pandemia por el COVID-19. Consultado el 2 de septiembre del 2020 en: <https://www.gob.mx/sep/articulos/boletin-no-167-trabaja-sep-para-mitigar-la-desercion-y-el-abandono-escolar-ante-la-pandemia-por-el-covid-19?idiom=es>
- TORIBIO, L. (2020, 8 de septiembre). Deserción escolar, otra pandemia; tres millones de estudiantes ya no continuaron su educación. Excelsior. <https://www.excelsior.com.mx/nacional/desercion-escolar-otra-pandemia-tres-millones-de-estudiantes-ya-no-continuaron-su-educacion?fbclid=IwAR3aQIWwoVOCirizCOdQnz2jtUIJ1Hx2Ufouw6kxNJ-FWj5Uzxi1a8lj9tUo>
- UNESCO. (1996). La educación encierra un tesoro. Consultado el 2 de septiembre del 2020 en: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000109590_spa
- UNICEF. (2020). COVID-19: Más del 95 por ciento de niños y niñas está fuera de las escuelas de América Latina y el Caribe. Consultado el 2 de septiembre del 2020 en: <https://www.unicef.org/mexico/comunicados-prensa/covid-19-m%C3%A1s-del-95-por-ciento-de-ni%C3%B1os-y-ni%C3%B1as-est%C3%A1-fuera-de-las-escuelas-de>
- UNAM. (1974). Gaceta amarilla. <http://www.cch.unam.mx/sites/default/files/pdf.png>

IMPACTO DE LA ACREDITACIÓN EN LOS PROGRAMAS ACADÉMICOS DE LA DES AGROPECUARIA DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA

*Cristina Quintana Rivera¹, Silvia Amanda García Muñoz, Arwell Nathan Leyva Chávez¹, Francisco Javier Piña Ramírez¹, Elizabeth Villalobos Pérez¹, Anabel Ortega Rodríguez*¹*

¹Facultad de Ciencias Agrotecnológicas, Universidad Autónoma de Chihuahua, aortegar@uach.mx, silviagm@yahoo.com*

Resumen

En la presente investigación, se estudió y realizó un análisis enfocado en el impacto que están teniendo los procesos de acreditación en la calidad y en los programas educativos que se tienen en la DES Agropecuaria de la Universidad Autónoma de Chihuahua. El objetivo general es determinar el impacto, a través de los efectos que la acreditación ha generado en las líneas de Calidad, Calidad educativa, Gestión Institucional y Gestión de la calidad, desde la perspectiva de los directivos de las facultades involucradas. Se aplicó un cuestionario el cual consiste en 36 preguntas presentadas en forma de afirmaciones o juicios. Los resultados que se pudieron obtener de manera general, muestran que las líneas analizadas han traído cambios positivos, logrando una mejora en las facultades encuestadas.

Palabras clave: Calidad, impacto, acreditación, mejora continua, efectos.

Antecedentes

El término calidad, se encuentra presente en todas las acciones y escenarios de la vida cotidiana, según señala Vergara et al., (2014), la calidad, se encuentra relacionada con la eficacia, eficiencia, con un grado de satisfacción, conformidad y de servicio. Por lo tanto, es un concepto difícil de definir, puesto que varía para cada individuo o situación en la que se encuentre.

La concepción sobre la calidad, que existe hoy en día en las universidades, tanto en el ámbito mundial como local; viene siendo el resultado de muchos cambios internos y externos. Es por eso que se dice que el concepto de calidad de la educación universitaria y/o superior cambia de contenido en cada época, debido a que forma parte de un concepto histórico.

Las universidades siguen siendo las instituciones distribuidoras de educación superior más importante. La universidad une, no separa. En ellas se da cita no solo lo que ha sobrevivido, sino lo que está vivo o por nacer, señala Fuentes (2008). A un mundo nuevo debería entonces corresponder una universidad nueva, que se replantee creativamente sus misiones y funciones, que se reinvente si es necesario para estar a la altura de las circunstancias actuales.

Por otra parte, otro de los aspectos que es importante mencionar dentro de la calidad educativa, son las evaluaciones, ya que forman parte para evaluarla y garantizarla como organización y/o institución.

Freire y Teijeiro (2010) señalan que existen dos formas de evaluación; siendo así que la primera se encuentra basada en el modelo de acreditación institucional, la cual es la más común en las instituciones mexicanas, en donde se evalúa la institución completa; es decir: prácticas docentes y administrativas, evaluación de los estudiantes e instalaciones etc.

El primer modelo de evaluación, el cual se ha empleado con mayor frecuencia en las Instituciones de Educación Superior (IES) mexicanas, es el que se realiza por medio del Consejo para la Acreditación de Educación Superior (COPAES); el cual se encarga de reconocer a las organizaciones que tienen como fin acreditar sus programas.

En la actualidad, todas aquellas instituciones y/u organizaciones que cuentan con un certificado de calidad llegan son distintas; debido a que ayudan a mejorar el aprendizaje, disponen con mayor facilidad de recursos materiales, facilitan la innovación, gestionan la participación de todos los miembros de la institución, entre otros.

Objetivo(s)

El Objetivo general es determinar el impacto de la acreditación sobre la calidad de los programas académicos de la DES Agropecuaria de la Universidad Autónoma de Chihuahua, a través de los efectos que esta ha generado en las áreas de Calidad, Calidad Educativa, Gestión Institucional y Gestión de la Calidad, desde la perspectiva de los directivos de las facultades involucradas.

Y los objetivos específicos son el identificar la percepción que han construido los directivos de los programas académicos objeto de estudio, frente a los procesos de acreditación en México y analizar los efectos producidos en las áreas de Calidad, Calidad Educativa, Gestión Institucional y Gestión de la Calidad en las facultades objeto de estudio, luego de obtenida la acreditación de calidad o su refrendo, por parte del COPAES, desde las perspectivas de los directivos involucrados en el proceso educativo.

Parte experimental

Se aplicó un cuestionario el cual consiste en 36 preguntas presentadas en forma de afirmaciones o juicios ante los cuales se pide la reacción de los sujetos. Se presenta cada afirmación y se pide al sujeto que externé su reacción eligiendo uno de los tres puntos a evaluar: Mucho, Poco o Nada. Se eligieron cuatro líneas para definir las preguntas,

las cuales son: Calidad, Calidad Educativa, Gestión Institucional y Gestión de la Calidad.

Las afirmaciones tienen dirección favorable o positiva y desfavorable o negativa, siendo esto muy importante para codificar las alternativas de respuesta. Una afirmación positiva significa que el sujeto califica favorablemente el objeto de actitud, y cuanto más de acuerdo con la afirmación, la actitud será más favorable.

Las preguntas se diseñaron de una manera simple y comprensible y para aumentar la realidad y calidad de la información, el cuestionario es auto-administrado y anónimo.

Resultados y discusión

A continuación se presentan los principales resultados del trabajo.

De los indicadores que se evaluaron, en la Figura 1 se muestran los resultados que arrojaron para la parte del concepto de calidad y la readaptación, se vieron con resultado muy favorable, sin embargo, en los tres indicadores restantes, se puede analizar que la participación de la calidad, el cambio en el concepto, los cambios en la misión y visión tuvieron un resultado neutral.

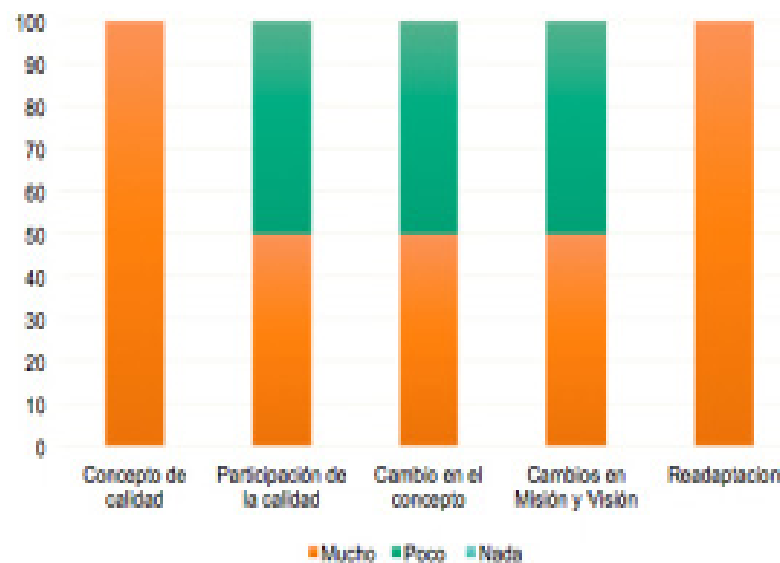


Fig1. Línea de Calidad.

En la Figura 2, para la línea de Calidad Educativa, se pudo percibir que el cambio en el programa educativo, el cambio en la normativa del programa educativo, la planta académica y los medios fueron favorables. La parte de la vinculación salió con resultado poco favorable y el indicador de las tasas de retención, mostró un resultado nada favorable.

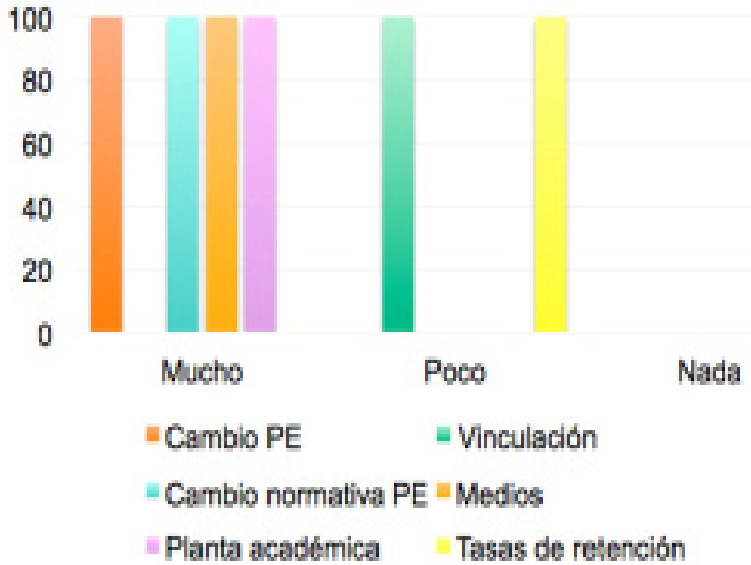


Fig. 2. Línea de Calidad Educativa.

Para la parte de la línea de Gestión Institucional, se ve en la Figura 3, que se tiene un gran compromiso con la organización educativa. En los indicadores de comunicación e información, la participación de la Des, el aprendizaje y los cambios en la forma de trabajar, fueron positivos, y la parte de la misión y visión se vió neutra, esto, porque son cuestiones como lo marca la línea, institucionales, y no son tan fáciles de cambiar o adaptar.



Fig. 3. Línea de Gestión Institucional.

Para la última línea, Gestión de la calidad, se puede observar en la Figura 4, que los indicadores que tuvieron mas respuesta positiva, fueron la parte de la docencia, la evaluación del programa educativo, la gestión educativa y el cambio en la capacidad, y los indicadores que salieron menos favorables fueron las incubadoras y las publicaciones.

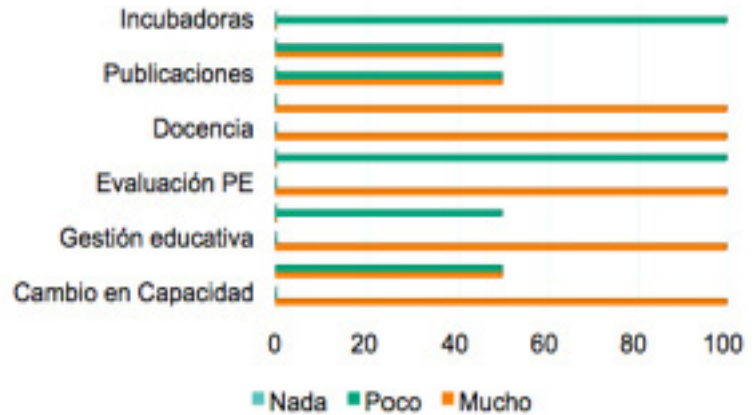


Fig. 4. Línea de Gestión de la Calidad.

Conclusiones

Una educación de calidad, es la mejor inversión que puede tener nuestro país; ya que se encarga de formar de una manera integral a los individuos, logrando mayores aportes de conocimientos. La calidad educativa, nos implica y nos compromete en la exigencia y en la constancia para adquirir mejores conocimientos y una mejora continua. La gestión institucional nos ayuda a lograr objetivos a corto, mediano y largo plazo, así como metas. La gestión de la calidad es una de las vías más utilizadas para el mejoramiento de la educación.

Los resultados que se pudieron obtener después de haber realizado el análisis de las preguntas, muestran que la calidad, la calidad educativa, la gestión institucional y la gestión de la calidad en la DES Agropecuaria de la UACH ha traído cambios positivos logrando una mejora en dichas facultades; y no solo como organizaciones, sino también en su comunidad universitaria, así como también, se muestran las áreas de oportunidad de cada línea. Dicho estudio se realizó, ya que no existen antecedentes para esta área agropecuaria en el sentido de evaluar y medir el impacto de los procesos de acreditación. Dichos resultados abonarán a un estudio que se está haciendo a nivel nacional en universidades y tecnológicos públicos y privados y se podrá visualizar aún más, cuando se haga el estudio ya no solo a directivos, sino también a estudiantes, docentes y administrativos, el impacto que se quiere estudiar.

Referencias

- FUENTES, Carlos. (2008) En esto creo, Editorial Alfaguara, Biblioteca Carlos Fuentes, México, D.F.
- VERGARA D.L., Gamoba Suárez A.A., Montes Miranda A.J. (2014) Calidad de la educación superior: un análisis de sus principales determinantes, Universidad Francisco de Paula Santander, disponible en: https://www.researchgate.net/publication/31287518_Calidad_de_la_educacion_superior_Un_analisis_de_ss_principales_determinantes.
- FREIRE, M.J. y Teijeiro, M. (2010). Revisión HISTÓRICA de la garantía de calidad externa en las Instituciones de Educación Superior. *Revista de la Educación Superior*, 3(155), pp. 123-136.

DISEÑO DE RÚBRICAS EVALUATIVAS PARA MODULO DE QUIMICA ANALÍTICA EN IU ITSA

Gustavo Barros Torné¹

¹Facultad de Ciencias, Educación, Artes y Humanidades, Institución Universitaria ITSA,
gebarros@itsa.edu.co

Resumen

La educación en Colombia se considera un proceso de formación permanente, con niveles en los cuales se incluye la educación superior. En la Institución Universitaria ITSA, se oferta módulo de Química Analítica para el cual se diseñan rúbricas con la finalidad de optimizar el proceso de evaluación. La construcción de estas rúbricas permite ejecutar procesos holísticos y analíticos que no encapsulan al estudiante.

Palabras clave: rúbrica, evaluación, escala, formación.

Antecedentes

La educación en Colombia se considera un proceso de formación permanente, con niveles en los cuales se incluye la educación superior.

La educación superior en Colombia sufre cambios que privilegian la evaluación por resultados de aprendizaje, y por lo tanto la construcción de evidencias e instrumentos que validen estos resultados. (colocar decreto).

La evaluación es un proceso detallado y complicado de la dupla enseñanza aprendizaje (Black et al., 2004) y (González, 2000), que comúnmente se reduce a la recolección de notas.

En la Institución Universitaria ITSA, se oferta variedad de módulos que atienden a los diferentes programas de pregrado, los cuales están adscritos a (3) facultades. El módulo de Química Analítica, en su ejecución está orientado al desarrollo de competencias.

Por tanto, se hace necesario construir procesos evaluativos que permitan validar desempeños y las rúbricas se convierten en la herramienta óptima para esto.

Objetivo(s)

Con la finalidad de evidenciar optimización en los procesos de evaluación, se propone el diseño de rubricas evaluativas que permitan realizar chequeo de los distintos niveles de desempeño, acorde a las necesidades planteadas en los contenidos. Se complementa el objetivo general con objetivos específicos que apuntan a identificar oportunidades de mejora en el proceso de evaluación, recopilar información sobre rubricas y la construcción de esta.

Metodología

La metodología que se desarrolló para cumplir los objetivos fue la siguiente.

Para identificar las oportunidades de mejora, se revisó y analizó los criterios de evaluación hilados a las competencias a desarrollar en el módulo de Química Analítica. En los criterios de evaluación, se analizó lo referente a la complejidad con base en la taxonomía de Bloom. Se recopila información sobre el diseño de rubricas basado en distintos autores.

Resultados y discusión

Para identificar las oportunidades de mejora en el proceso de evaluación en el módulo de química analítica, se analizó las competencias asociados al modulo y los criterios de evaluación asociados a estos. (Villardón, 2006) Lo anterior, denotó que existen criterios coherentes a las competencias, sin embargo, es necesario especificar niveles por cada criterio, que permita garantizar las escalas para validar las tareas para determinados resultados de aprendizaje. Incluir rubricas como formas de chequeo permite ejecutar procesos holísticos y analíticos que no encapsulan al estudiante. (Moskal, 2000).

Para recopilar información sobre las rubricas, se estudiaron diversos actores que defienden el uso de la estas. (Terrón, 2010; Del Pozo, 2012)

Finalmente se construyen rubricas para el módulo de química analítica basados en diferentes escalas de acuerdo con los criterios de evaluación. Este diseño permite una vez se aplica mejorar el proceso de evaluación.

Conclusiones

Se concluye que el proceso de revisión en los aspectos evaluativos garantiza lo formativo del proceso porque permite observa los distintos niveles cualitativos y orientar al estudiante a las evidencias que debe lograr para determinada escala.

Agradecimientos

Agradecimientos a la IU ITSA por las jornadas de formación en los aspectos evaluativos.

Referencias

- BLACK, P., CHRISTINE, H., LEE, C., MARSHALL, B., & WILIAM, D. 2004. Working inside the black box: assessment for learning in the classroom. London: GL assessment.
- GARCIA, M^a J. y Terrón, M^a J. (2010). Desarrollo de Recursos Docentes para la Evaluación de Competencias Genéricas. ReVisión, Vol 3, No 2. Recuperado de <http://www.aenui.net/ojs/index.php?journal=revision&page=article&op=view&path%5B%5D=70&path%5B%5D=113>
- GONZÁLEZ. M. 2000. Evaluación del aprendizaje en la enseñanza universitaria. Revista Pedagogía universitaria. Vol. 5. N° 2: 31-61.
- MOSKAL, B.M. (2000). Scoring rubrics: what, when and how? Practical Assessment, Research & Evaluation, 7 (3). Disponible en: <http://pareonline.net/getvn.asp?v=7&n=3>
- DEL POZO, J.A. (2012). Competencias profesionales: herramientas de evaluación: el portafolios, la rúbrica y las pruebas situacionales. Madrid: Narcea.
- VILLARDÓN, L. (2006). Evaluación del aprendizaje para promover el desarrollo de competencias. Education siglo XXI, 24, pp. 57–76. Recuperado de <http://www.um.es/ojs/index.php/educatio/article/viewFile/153/136>

INTERVENCIÓN PEDAGÓGICA ESTRATÉGICA PARA LA ENSEÑANZA DEL DISEÑO EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR. CASO APLICADO A LA ASIGNATURA DE GEOMETRÍA I

Alma Elisa Delgado Coellar¹

¹Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM, delgadoelisa@cuautitlan.unam.mx

Resumen

El presente trabajo, expone el crecimiento de la educación a distancia y algunos de los principales aspectos a atender para el siglo XXI, así como la mirada hacia la modalidad derivado de la contingencia sanitaria por Covid-19. Particularmente, desde la enseñanza del diseño, que como disciplina proyectual plantea importantes retos en su impartición mediada por tecnologías digitales. Se expone el caso de la asignatura de Geometría 1, como un caso exitoso de intervención pedagógica estratégica que parte de la diversificación de herramientas digitales y recursos de comunicación, para propiciar en los alumnos el intercambio de saberes y el cumplimiento con los objetivos de aprendizaje disciplinar durante el semestre 2020-II en la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM.

Palabras clave: educación a distancia; enseñanza del diseño; enseñanza-aprendizaje de disciplinas proyectuales.

Antecedentes

Hoy en día, las IES (Instituciones de Educación Superior) públicas y privadas en México se enfrentan a la transformación estructural provocada no solo por las tendencias y necesidades mundiales en educación superior, sino por la demanda de los mercados laborales y por la convergencia tecnológica, aunado al incremento de la población, los altos niveles de exigencia en el campo productivo, la competitividad y el dinamismo de los mercados internacionales. Esta transformación se ha visto acelerada en 2020, derivado de la pandemia mundial por Covid-19 que llevo a los gobiernos y políticas públicas a establecer programas emergentes de impartición de las actividades sustantivas de la universidad (docencia) a través de la mediación tecnológica.

En ese sentido, la educación a distancia, como modalidad educativa, cuenta con un trayecto de experiencias documentadas a las que se ha volteado a analizar con especial foco, para la atención a la contingencia y la mediación de los procesos educativos a través de tecnologías digitales.

México cuenta con una amplia oferta de Educación a Distancia que cubre poco más del 7% de la demanda total de la educación, según estudios de la OCDE (Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico) en 2017, lo cual asciende a más de 200 mil estudiantes provenientes de diferentes tipos de programas de formación en nivel técnico superior universitario y licenciatura.

El impulso en México de la educación a distancia proviene de las políticas educativas, y ha seguido una trayectoria paralela a los procesos de reformas en el sistema de educación superior. Según Bosco y Barrón (2008), la educación a distancia se presentó en México desde mediados del siglo XIX y ha atravesado momentos importantes, como en la década de 1930, cuando a través de la revista *El maestro rural* se incluyeron los primeros cursos por correspondencia que el Estado implementó en las Misiones Culturales durante la presidencia de Lázaro Cárdenas, y asimismo en periodos en los que desempeñaron la Secretaría de Educación figuras como José Vasconcelos y Narciso Bassols. En esta etapa se hablaba de la primera generación de la educación a distancia, que a lo largo de las décadas fue evolucionando hasta lo que se conoce actualmente, en donde el apoyo de las tecnologías digitales es un elemento esencial en su estructura y funcionamiento.

La presencia de algunos elementos de educación a distancia desde el siglo XIX en ámbitos de la educación ya identificados por sus objetivos de atención a grupos sociales como la enseñanza de adultos, la educación extraescolar, las escuelas nocturnas, la enseñanza mutua, la enseñanza ambulante y la escuela rural, que combinan estudio con trabajo, horarios flexibles, disponibilidad para autogestionar círculos de estudio en comunidades dispersas, así como la introducción de figuras de comunicación intermediarias del diálogo pedagógico entre maestro y estudiantes, son las bases de la modalidad (Bosco y Barrón, 2008, p.9).

Por lo anterior, se observa que la educación a distancia en México no solamente ha atravesado una transformación constante por generaciones y se le han dedicado diversos recursos a lo largo del tiempo, de conformidad con las tecnologías e instrumentos disponibles, sino que además ha formado parte del desarrollo de objetivos de la educación tradicional, coparticipando en escenarios, infraestructura, gestión, políticas y perspectivas de la educación nacional.

Los criterios de calidad de la Universidad Abierta se establecieron en un Estatuto aprobado por el Consejo Universitario, máximo órgano de la UNAM, en febrero de 1972, en donde se señala la normatividad y los criterios del sistema. Asimismo, el Dr. Pablo González Casanova (1972), señaló:

No se trató de construir otra Universidad, sino de abrir posibilidades distintas de acceso a la población a la misma institución a partir de los recursos humanos y técnicos disponibles. El objetivo es que toda persona que tenga interés y cumpla con los requisitos que exige la Universidad pueda inscribirse en el SUA (Sistema de Universidad Abierta) y obtenga eventualmente el grado correspondiente a los estudios cursados. [...] Se planteó entonces la introducción de medios de comunicación de masas como una herramienta didáctica innovadora que se incorpora a los métodos de enseñanza, con la finalidad de elevar la eficiencia de los estudios universitarios, no sólo aquellos que sean impartidos en el sistema abierto, sino que también se incorpora al sistema presencial (pp. 71-72).

Derivado de la asamblea de la ANUIES, la creación del SUA por parte de la UNAM y el contexto nacional e internacional imperante, la administración de Luis Echeverría Álvarez (1970-1976) trabajó con un proyecto de reforma educativa que contemplara los diferentes niveles del sistema educativo. Robles (1988), destaca:

- Ampliación de oportunidades y acceso al ámbito escolar.
- Redefinición de los procesos de enseñanza y aprendizaje.
- Impulso de métodos y sistemas flexibles, que propicien en el educando la adquisición de herramientas para el aprendizaje independiente y la conciencia crítica para participar en el cambio y el pluralismo de la participación social, a través del diálogo razonado.
- Movilidad horizontal y vertical de los educandos.
- Establecimiento de modalidades de educación abierta en los ciclos formativos básicos, para propiciar la transición de estudiantes y perfiles profesionales.

Estos aspectos de la reforma educativa implicaron una gran transformación en los paradigmas educativos, centrándose ahora la atención en el estudiante y ampliando las oportunidades de acceso, así como redefiniendo los procesos de enseñanza y la búsqueda por modalidades y sistemas flexibles, que propiciasen la extensión del conocimiento. Estos aspectos fueron fundamentales para el impulso de la educación a distancia en el país y por tanto, se aceleró notoriamente el crecimiento de dicha modalidad, con la creación de sistemas y estructuras de enseñanza abierta (Figura 1).

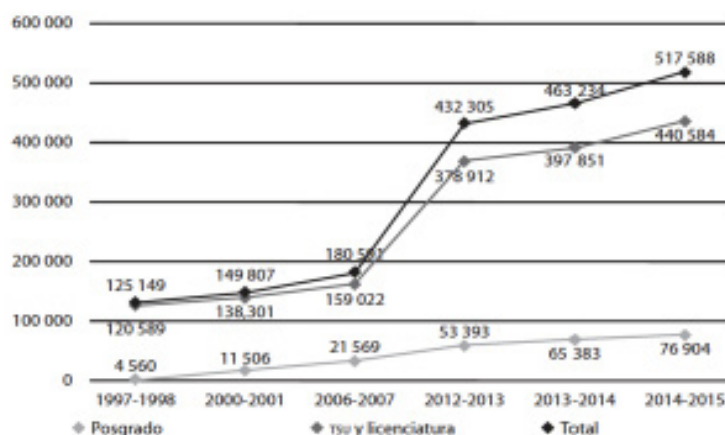


Fig. 1. Evolución de la matrícula de educación superior no escolarizada 1997-1998 a 2014-2015.

Fuente: ANUIES (2015).

En esta amplia trayectoria de la educación a distancia en México, se distinguen principalmente los sistemas o casos

representativos de tres instituciones en donde la educación a distancia funge con personalidad propia dentro de las IES, perfilándose como un sistema autónomo y no solamente como una estrategia de desarrollo; este es el caso evidente del Sistema de Universidad Abierta y Educación a Distancia (SUAYED) de la UNAM, pionero en su implementación; del Sistema de Universidad Virtual (SUV) de la Universidad de Guadalajara y la Universidad Virtual (UV) del Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey. También se destacan la Universidad Pedagógica Nacional (UPN), el Instituto Politécnico Nacional (IPN) y la Universidad Virtual Anáhuac.

En años recientes, el crecimiento exponencial de la educación a distancia ha sido fundamental para ampliar la cobertura y la diversificación de la oferta, ha posibilitado el conocimiento sobre la modalidad y los beneficios que ofrece y, a pesar de tener más de un siglo de aparición en México, se encuentra en un proceso constante para evaluar su desarrollo, plantear nuevas alternativas, resolver problemas y medir el impacto a favor de la calidad educativa de sus programas.

En general, los aspectos que han se han apuntalado en diversos estudios de la ANUIES y el SINED, señalan los siguientes aspectos a considerar en el crecimiento de la modalidad a distancia, los problemas que enfrentan y los retos futuros:

1. La política de masificación y libre acceso no necesariamente implica el detrimento de los estándares académicos. Aún en las universidades orientadas hacia las masas, es posible proporcionar oportunidades de aprendizaje de alto nivel e insistir en rigurosos requerimientos de ingreso y egreso.
2. Es esencial contar con planes de estudio flexibles y modulares para promover y consolidar el aprendizaje de por vida, permitiendo así a los estudiantes escoger los programas que les gustaría seguir. Estos pueden ser programas para cursar carreras completas, diplomados de corta duración o cursos de servicios profesionales, así como para el nivel de posgrado.
3. Las universidades deberán estar alertas a los cambios en su entorno y responder rápidamente a un mercado de trabajo y consumo cambiante. La colaboración exitosa entre las empresas, la industria y las universidades arroja un beneficio recíproco. Es necesario fortalecer la responsabilidad social de las instituciones que imparten programas a distancia –y en general-.
4. La experiencia acumulada de las universidades de educación a distancia muestra la importancia del aprendizaje social y la interacción social, dentro de esa modalidad. Muchos estudiantes de estos sistemas prefieren contactos más frecuentes con los profesores y con sus compañeros. Las avanzadas tecnologías hacen posible incrementar la in-

tensidad del intercambio entre los estudiantes, y entre estos y el personal académico. La educación superior a distancia en el futuro proporcionará aún mayores oportunidades para llevar a cabo diálogos interpersonales y trabajo en equipo.

5. Desarrollar material para estudios de alto nivel requiere de una enorme inversión en capital humano, tiempo y dinero, pero genera grandes beneficios para el aprendizaje de los estudiantes.
6. La incorporación de una amplia variedad en el tipo de estudiantes obliga a las universidades a poner mayor atención en los procesos de enseñanza y de aprendizaje y a buscar formas efectivas de mejorar ambas tareas, que hasta ahora han sido ampliamente relegadas.
7. Los cambios en los medios de aprendizaje introducen nuevos papeles en los académicos.
8. El personal académico de apoyo a los estudiantes es una parte integral de los cuerpos docentes. Por consiguiente, la responsabilidad de la enseñanza tradicional será dividida entre diferentes grupos, tales como tutores, consejeros, especialistas en Internet, diseñadores de programas de computación, especialistas en tecnología educativa, personal para almacenamiento de datos, etcétera.
9. Una nueva tecnología toma un tiempo considerable en llegar a un sistema educativo. Para que sea implantada a gran escala, es recomendable que la nueva tecnología sea de fácil acceso y operación, de preferencia de bajo costo de producción y relativamente barata de adquirir o de acceso libre para ser operada por todos los actores.
10. El grado de control que tiene un estudiante sobre cualquier medio educativo influye de manera considerable en la eficacia del mismo. Para los estudiantes de educación a distancia, la posibilidad de detener e iniciar el uso de un medio educativo en el proceso de estudio, ha demostrado ser de gran importancia.
11. Las diferentes tecnologías se prestan para diferentes enfoques en la enseñanza y el aprendizaje. Así, la selección de una mezcla apropiada de medios para cada contexto educativo y para cada disciplina, es un aspecto de importancia prioritaria.
12. Las nuevas tecnologías de información interactivas tienen un enorme potencial para el mejoramiento de los medios de aprendizaje en los sistemas de educación a distancia, así como para promover el aprendizaje social.
13. Para que el potencial de las nuevas tecnologías sea totalmente explotado, es de gran importancia que su implantación vaya de la mano con cambios estructurales y

de organización de largo alcance, en la dirección, mandos medios y coordinaciones, líderes de proyectos, así como para todos los actores del programa educativo.

14. Tanto los estudiantes como los académicos se podrían beneficiar de una colaboración más estrecha entre universidades a distancia y las escolarizadas, de profesores, de las estructuras de avance, modelos educativos y transición de la educación básica, media superior y superior. Las universidades son tres ámbitos con su propio campo, fines y estilos. Algunos son esencialmente a distancia y otros un refuerzo a lo tradicional, por lo general existe ambigüedad entre los términos de educación abierta y a distancia, tanto en su conceptualización como en su modo de operar.

15. Por su propia naturaleza, la educación a distancia fácilmente trasciende las fronteras nacionales y puede llegar a un amplio número de estudiantes en todo el mundo. La infraestructura de las universidades de educación a distancia les permite extender su colaboración internacional entre diferentes sistemas de educación a distancia, y entre las universidades y los contextos económicos.

Estos aspectos sientan las bases para el trabajo en la educación a distancia durante las primeras décadas del siglo XXI y por supuesto, en lo sucesivo. Y, aunque, estos estudios fueron desarrollados en 2015, y antes del 2020 no se concebía la compleja transición de todo el Sistema Educativo Mexicano ante la emergencia sanitaria por COVID-19, los datos arrojaban el crecimiento exponencial de la educación a distancia en México y los aspectos de relevancia a fortalecer y atender para propiciar la sostenibilidad de los programas, la calidad de los mismos y los objetivos para los estudiantes, los docentes y por supuesto el cumplimiento de la misión universitaria para el país.

Objetivo(s)

Plantear la importancia de la intervención pedagógica estratégica para la impartición de la docencia en entornos educativos basados en tecnologías digitales, particularmente, la enseñanza del diseño en la modalidad a distancia.

El objetivo de la presente, se enmarca en el caso de estudio de la asignatura de Geometría 1, asignatura ubicada en el plan de estudios de la licenciatura en Diseño y Comunicación Visual a Distancia, de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM (Universidad Nacional Autónoma de México).

Enseñanza del Diseño en la Educación Superior

Referirnos a la educación en diseño presenta una serie de problemáticas propias de la naturaleza disciplinar, las cuales trascienden en diferentes niveles, desde lo macro: institucio-

nes de Educación Superior, escuelas y facultades de diseño; hasta los mismos actores y su interpretación de cómo debe enseñarse y aprenderse la disciplina. El diseño como disciplina tiene particularidades específicas y diferenciales del arte y de las ciencias sociales, aunque si bien es un campo de estudio que genealógicamente proviene de las artes, cuenta con elementos que lo distinguen y lo denominan.

Así pues, el diseño, sintetiza, imita, adapta y describe la realidad a partir de las once dimensiones: conceptual, metodológica, objetual, significativa, experiencial, perceptiva (en términos de espacio), pragmática, dimensión estética, axiológica, pedagógica y epistemológica (Delgado, 2019).

En 2020, derivado de la contingencia sanitaria por el COVID-19, ha surgido el replanteamiento y la transformación educativa en todos los niveles, particularmente, los campos disciplinares del diseño que resultaban impensables para su impartición en modalidad a distancia, como la arquitectura o el diseño industrial, han tenido que migrar repentinamente y sin mucha preparación a modalidades a distancia, que evidentemente están mediadas por tecnologías digitales. Esto es una yaga que sin duda transformará la pedagogía del diseño a nivel mundial.

En el caso del diseño gráfico, diseño de la comunicación gráfica, diseño y comunicación visual, existen importantes precedentes de su impartición a distancia mediada por tecnologías digitales en Latinoamérica, particularmente el Plan de Estudios de Diseño y Comunicación Visual a Distancia impartido por la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán de la Universidad Nacional Autónoma de México (Delgado, Robledo y Márquez, 2015).

Es indiscutible que las experiencias de intervención docente en la enseñanza del diseño a través de tecnologías digitales en la modalidad a distancia en 2020, exponen la atención al reto imperante dada la contingencia sanitaria, pero más allá de ello, establecen un momento histórico coyuntural para repensar la enseñanza disciplinar y prospectar los futuros en mediano y largo plazo.

Estrategias pedagógicas de Educación a Distancia

En la Educación a Distancia la mediación principal está dada por actividades de enseñanza-aprendizaje que implican una separación temporal y espacial, como se ha revisado, aunque éstas incluyan o no, situaciones didácticas e interacciones cara a cara, como los encuentros tutoriales de manera virtual. En este sentido, hay que tener en cuenta que no sólo se destaca la "distancia" en la ED, sino, que también existen en las estrategias pedagógicas otras distancias que deben ser consideradas para poder desarrollar programas en esta modalidad educativa que cumplan satisfactoriamente con sus objetivos.

Fainholc (1999, p.43) al respecto habla de que no obstante “existe una diferencia cualitativa fundamental en el diseño educativo de las modalidades presenciales y a distancia. La fase pre-activa central en ambas, pero que por su ingrediente de planificación y de diseño curricular e instructivo, tendrá una importancia crucial en la Educación a Distancia”. De esta forma, se vuelve imprescindible abordar las estrategias pedagógicas y sus mediaciones que permitan contribuir en aprendizajes significativos dentro de esta modalidad educativa.

Como mediaciones pedagógicas se hace referencia al conjunto de acciones, intervenciones, estrategias, recursos y materiales didácticos, así como al conjunto articulado de componentes que intervienen en la actividad educativa, que ayudan a facilitar el proceso de enseñanza-aprendizaje. En los apartados anteriores, se han revisado algunas de las principales estrategias pedagógicas de la enseñanza, sin embargo, en este punto, nos acercaremos a estas mediaciones educativas o pedagógicas pero desde un enfoque de la modalidad a distancia.

Para profundizar en esta perspectiva, según Fainholc (1999), desde una perspectiva técnico-didáctica de la educación a distancia, es necesario tener presente que:

1. En general, los usuarios de esta modalidad educativa son adultos y que ingresan a la situación de aprendizaje con experiencia y conocimientos previos, por lo cual, no son consumidores dependientes pasivos y/o acrílicos, aceptadores del conocimiento de “otro” genérico, sino que, muchos de ellos están acostumbrados a usar materiales de diverso orden o a estar afectados por códigos simbólicos diversos (sobre todo de imagen), además de tutores.

2. Estos usuarios utilizan, en mayor o menor medida, habilidades de diverso orden y grado de desarrollo, producto de: a) matices de comunicación de acuerdo con diferentes representaciones sociales, estereotipos, etc.; b) su vinculación a comunidades locales o regionales, a grupos u organizaciones laborales diferentes, que les da un perfil cultural diverso.

3. El diálogo y la interactividad didáctica de las mediaciones pedagógicas, hacen que el estudiante sea protagonista del espacio obtenido por la interacción entre la información-conocimiento y otros participantes, además con los medios técnicos. Es decir, que el estudiante puede establecer el cómo, cuándo y dónde dialogar y acceder a la información o guía para construir el saber.

De esta forma, la estructuración y presentación del contenido en la enseñanza modalidad Educación a Distancia (ED) es muy importante para posibilitar y robustecer la interactividad.

La transmisión de la idea de totalidad y el establecimiento de una relación y correspondencia entre los actores del proceso educativo se logran cuando se presentan los contenidos ordenadamente y de manera didáctica. Los fenómenos interactivos entre los actores y elementos de la ED, se dan conforme a las relaciones con:

1. La interdisciplina de las áreas de conocimiento y la confrontación en la práctica de este aprendizaje por parte del estudiante.

2. El diseño didáctico articulado al visual, este punto es de eje fundamental de la presente, en donde el diseño y la comunicación visual, derivada de las artes visuales, son una herramienta didáctico-pedagógica sustancial para la ED.

3. La relación de los docentes y alumnos y de estos entre sí, a modo de la generación de círculos colaborativos de aprendizaje, vinculados por tecnología diversa, que incluya interacción o comunicación virtual sincrónica y asincrónica, por ejemplo.

Las relaciones de diálogo en los procesos de la ED favorecen la interacción social y el desarrollo de equipos colaborativos entre los participantes (docentes, estudiantes, medios, estructuración de contenido e institución educativa), por lo que, la estructuración y mediación de este diálogo e interactividad, es lo que genera las posibilidades de aprendizaje.

No obstante a esta clasificación con relación al diálogo [interacción] en la ED, se consideran dimensiones de interactividad pedagógica como:

1) La finalidad educativa que se pretende alcanzar con la realización de las tareas, a través de la adquisición de qué tipo de conocimientos, flexibilización de actitudes, refinamiento de estrategias de pensamiento, desarrollo de la autonomía, creatividad, etc.

2) La caracterización del saber específico o disciplina alrededor del cual se organiza la tarea pedagógica.

3) La manera en que el diseñador instruccional o profesor de ED procesa didácticamente y propone la tarea a realizar y por medio de qué tipo de convocatorias para el estudiante. Esta categorización apunta al grado de iniciativa o fortificación de la autonomía del estudiante, pudiendo ser de tipo: receptora, ejecutora o recreadora, imitadora o reproductora.

Partiendo del análisis de estas consideraciones pedagógicas de la Educación a Distancia, a continuación se presentan las evidencias obtenidas y estrategias utilizadas para atender la complejidad de la enseñanza del diseño y la comunicación visual en la asignatura de Geometría I.

Resultados y evidencias de instrumentación de estrategias pedagógicas y herramientas digitales para la enseñanza-aprendizaje del diseño en modalidad a distancia

Las evidencias de instrumentación de las estrategias pedagógicas para la enseñanza-aprendizaje del diseño que se presentan a continuación, fueron desarrolladas específicamente en 2020, del mes de febrero a junio, fechas en las que se atendió el semestre 2020-II en la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán entidad perteneciente a la Universidad Nacional Autónoma de México, en donde la que suscribe la investigación se encuentra adscrita con nombramiento de Académico, Profesora de Asignatura A desde el año 2013 a la fecha (2020).

Se anota que las evidencias presentadas de enseñanza del diseño en modalidad a distancia, dan cuenta de la aplicación de estrategias pedagógicas interconectadas con el uso y la apropiación de las herramientas digitales presentadas en el apartado anterior. El periodo seleccionado da cuenta de un momento histórico en la educación, que es la transición de la educación a la modalidad a distancia para todos los niveles educativos del país, derivado de la contingencia sanitaria por COVID-19. En el caso particular que se presenta, las actividades y el programa académico se venía desarrollando acorde a la modalidad desde el año 2013, fecha de ingreso de la primera generación de la Licenciatura en Diseño y Comunicación Visual a Distancia perteneciente al Sistema de Universidad Abierta y Educación a Distancia (SUAYED) de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Se coloca también, evidencias que se consideran relevantes para el análisis de estrategias pedagógicas de enseñanza-aprendizaje del diseño en modalidad a distancia: el Programa de Apoyo al Egreso en Línea (PAEL) para la materia de Geometría I (impartido del 27 de julio al 23 de agosto). Este último, es un curso remedial que se imparte en un mes intensivo de trabajo, para la recuperación de conocimientos y acreditación de alumnos que tienen reprobada la asignatura. Ambos cursos, dan cuenta de estrategias pedagógicas implementadas para la enseñanza proyectual del diseño, acorde con necesidades específicas por la naturaleza propia de los campos de acción y durante un periodo crítico de impartición: la pandemia sanitaria COVID-19.

Intervención pedagógica estratégica: Geometría 1

La asignatura de Geometría I, se encuentra ubicada en la malla curricular de la licenciatura DCV distancia en el primer semestre. Su objetivo general es que el alumno conozca y aplique los principios básicos de la geometría. Introduciendo al alumno a la habilidad en el manejo de instrumentos básicos.

La asignatura se integra por ocho unidades de trabajo, cuyos contenidos específicos fueron desarrollados por un profesor

experto en el tema para ser articulados y estar disponibles desde el aula virtual en la plataforma Moodle. Cabe señalar en este punto, que el profesor que imparte la asignatura, como es el caso de A. E. Delgado Coellar, no necesariamente es el profesor que fue asignado para el desarrollo de los materiales y recursos disponibles desde el aula virtual para la consulta del estudiante. Ya que, por ejemplo, una misma asignatura es compartida con la misma estructura por varios profesores (generalmente de 2-3 en los primeros semestres, en donde hay más saturación de participantes). No así el caso de las materias pertenecientes al último ciclo formativo de la licenciatura, denominado Orientación o Área de Especialidad, en donde por lo general, solo un profesor imparte cada materia.

Esto es importante destacarlo, porque el aula virtual no permite cambios en la estructura temática. En Moodle, son asignados los profesores que imparten la materia con el perfil de "Profesor no editor", de manera, que da revisión a los contenidos planteados, a las dudas externadas por los alumnos, a la evaluación de actividades, pero no así a la descripción de las mismas.

Esta cuestión, por un lado, plantea la ventaja de la cobertura integral de contenidos acordes al programa de estudios en la modalidad a distancia, aunque por otro lado, deja poca flexibilidad para la adecuación o impartición de la misma, cuestión que implica creatividad por parte del docente, para dar un estilo propio a la impartición de la docencia y propiciar interacciones didácticas con base al objetivo de la asignatura.

Con los años de experiencia de impartición, A. E. Delgado Coellar ha realizado una serie de actividades de reforzamiento que se intercalan semana con semana con las ya planteadas e inamovibles actividades de la plataforma virtual, de manera que se da cobertura con las ocho actividades planteadas, una para cada unidad temática y se intercala con una actividad de reforzamiento para cada unidad, dando así, 18 actividades de aprendizaje a desarrollar a lo largo de las 16 semanas que tiene de duración un semestre lectivo.

Lo anterior es posible, gracias a los espacios de comunicación y las herramientas disponibles desde el aula virtual en Moodle y otras (previamente anotadas), tales como: foros, grupo cerrado en redes sociales (facebook). A continuación se exponen la evidencias de lo anterior expuesto.

Un aspecto a denotar, es que la estructura de cada aula, mantiene una identidad visual unificada para cada una de sus unidades, mostrando coherencia e identificación para los alumnos inscritos, con la finalidad de que ubiquen los elementos de navegación entre unidades, los recursos disponibles para cada unidad y las actividades de aprendizaje.

Cada asignatura integra siempre una sección dedicada a los “Componentes generales” de la materia y la presentación, desde donde se ubica el “Foro General” y la “Sala de chat”, espacios para la interlocución con los estudiantes.

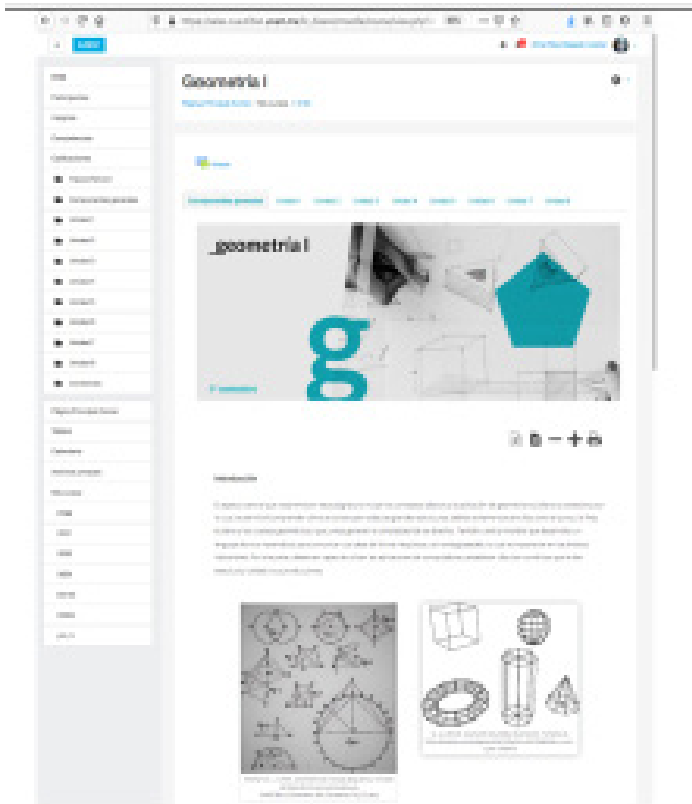


Fig. 1. Muestra de la estructura general y organizativa de Geometría I.

Fuente. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México. Portal de la licenciatura de Diseño y Comunicación Visual a distancia (tomado con fines didácticos, agosto, 2020).

Es en el “Foro General”, en donde se realiza mayormente la interacción didáctica con los estudiantes de la materia, ya que, es el espacio propicio para la comunicación y colocación de ejemplos que permitan la ejecución y el entendimiento de la descripción de actividades de aprendizaje previamente programadas en el aula virtual.

La intervención pedagógica estratégica se pone en evidencia a través del uso e implementación de herramientas de comunicación digital, tales como los Foros, que funjen como espacios activos para la participación de los estudiantes, desde donde se promueve el trabajo colaborativo y las estrategias de aprendizaje situado: Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP). Destacando, el número de interacciones con los estudiantes, que da cuenta de el diálogo activo y los procesos de retroalimentación a dudas y participaciones en dichos espacios formativos.

Cabe señalar que para cada actividad programada persé en la plataforma virtual, se abrió un foro con ejemplos de ejecución de dicha actividad para orientar al estudiante, pero también se abrió una entrada de foro para cada actividad complementaria de reforzamiento de la unidad. Igualmente, se abrieron foros con temas específicos, tales como: exámenes finales, metodología de trabajo y calendario de entrega e actividades, presentación de la materia, forma de acreditación. También se van compartiendo en el Foro General a lo largo del semestre, el “control de registro”, que constituye un reporte de los avances generales de los estudiantes y las entregas registradas con tres cortes, para su seguimiento puntual.

Se presentaron en los espacios de comunicación, ejemplos del cómo desarrollan los ejercicios, capitalizando el potencial didáctico de los recursos visuales, en contraste con las instrucciones de ejecución de actividades que se plantean en la plataforma.

Es en los espacios de intercomunicación: foros, red social, mensajería del aula virtual, los que posibilitaron la interacción didáctica e implementación de la estrategia de enseñanza. Dichas interacciones didácticas propiciadas por la profesora A.E. Delgado Coellar, apoyada en espacios y herramientas digitales más allá del espacio oficial del aula virtual en plataforma, las que contribuyeron sustantivamente a propiciar el trabajo colaborativo, intercambio, vinculación, aprendizaje entre pares. En la figura 2 se da cuenta del uso de diversificación de situaciones de aprendizaje en la modalidad a distancia para la enseñanza del diseño.

Con ello, se da cuenta de las posibilidades de generación de estrategias pedagógicas acorde a la asignatura de Geometría 1, propiciando el aprendizaje de los estudiantes partiendo de la diversidad de espacios que permiten crear situaciones y diversificación didáctica.

PAEL (Programa de Apoyo al Egreso en Línea) para la asignatura de Geometría I, Semestre 2020-II, UNAM.

La asignatura de Geometría 1 es una de las que presentan mayor índice de reprobación por parte de los alumnos de la licenciatura en Diseño y Comunicación Visual modalidad a distancia, debido a la complejidad técnica, metodológica y práctica para la ejecución de los ejercicios. Sin embargo, en si misma constituye un pilar de la formación profesional, porque se relaciona con la representación de la realidad, el desarrollo de modelos que atiendan identidades visuales, espacios, productos, objetos, desarrollos editoriales, etcétera. Derivado de la preocupación por el rezago de los estudiantes en la materia, la Coordinación de la Licenciatura ha puesto en marcha el PAEL (Programa de Apoyo al Egreso en Línea), que tiene como objetivo generar cursos remediales para la acreditación.

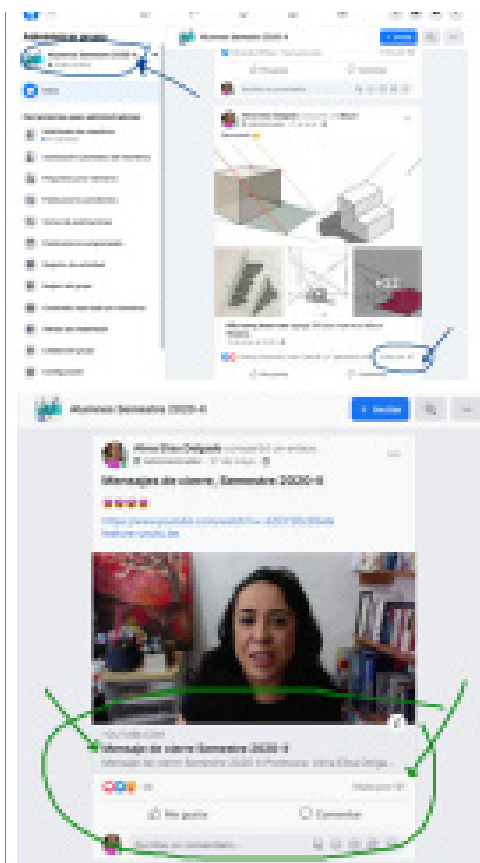


Fig. 2. Evidencia de espacio de comunicación en redes sociales (grupo cerrado en Facebook), que permite compartir información relevante para contribuir a la apropiación de la asignatura y los procesos de enseñanza-aprendizaje.

Fuente. Red social Facebook, grupo cerrado administrado por A.E. Delgado (2020).

Así, se impartió el curso PAEL-Geometría 1 del semestre 2020-II del 27 de julio al 23 de agosto, contando con un mes de actividades para la enseñanza y aprendizaje de las ocho unidades temáticas que comprenden el programa de estudios de la materia. Las situaciones didácticas se orientaron a partir de los siguientes componentes:

1. Trabajo colaborativo y explicativo en foros de comunicación en la plataforma oficial.
2. Clases sincrónicas (dos a la semana) para la explicación de los ejercicios, temas y formas de ejecución de las actividades. Esto fue desarrollado por primera vez en la impartición de la asignatura, cuestión que sentó el precedente de buena práctica. Las sesiones se grabaron y subieron al repositorio audiovisual: Youtube (disponible para los estudiantes que no tuvieran posibilidad de conexión).
3. Elaboración de material audiovisual explicativo con el uso de herramientas e instrumentos para el trazo de los ejercicios geométricos.
4. Desarrollo de ejemplos por parte de la profesora para secuenciar la evidencia del proceso de diseño y ejemplificar con los estudiantes.
5. Aprendizaje entre pares, a través de la socialización de trabajos realizados en redes sociales (grupo cerrado en Facebook).

A continuación se muestran la figura 3 que evidencian lo antes descrito.



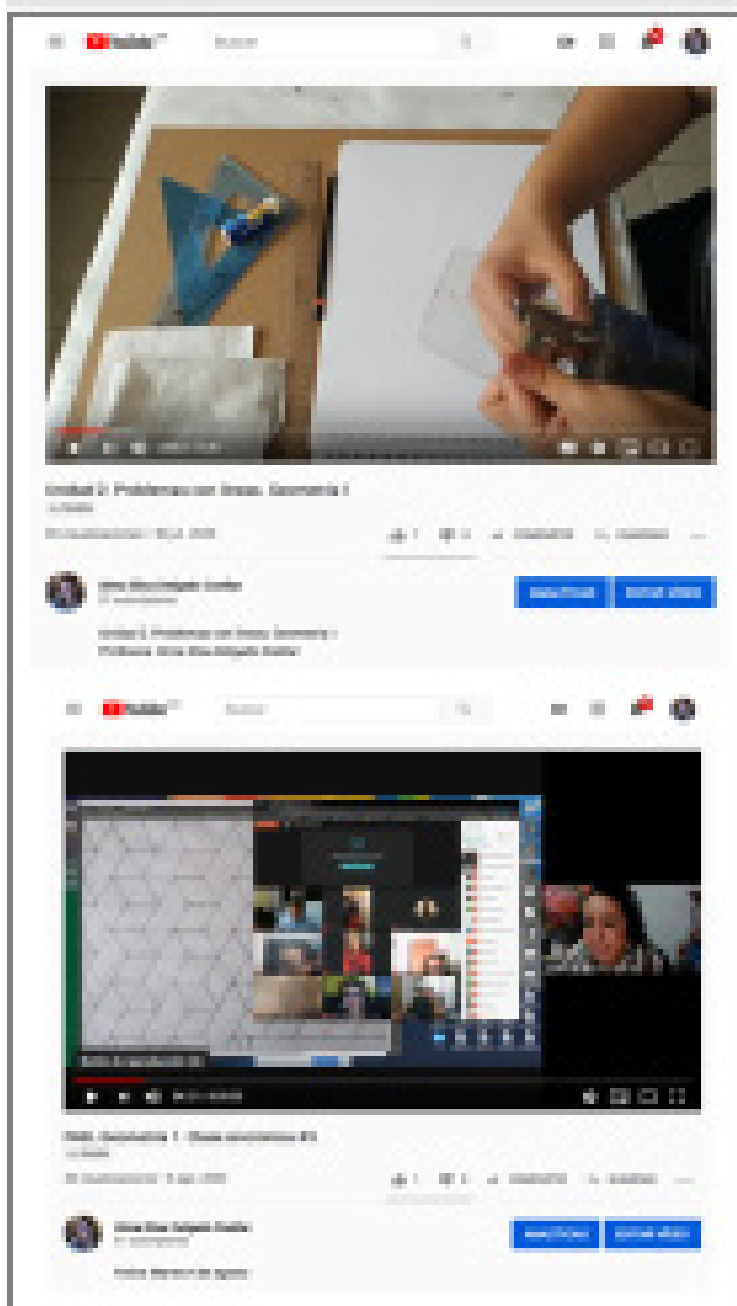


Fig. 3. Evidencia de trabajo para el PAEL de Geometría 1.

Fuente. Diversos espacios de comunicación digital para la impartición del PAEL Geometría 1, A.E. Delgado (2020).

Los resultados de generar situaciones de aprendizaje e interacciones didácticas con los estudiantes de Geometría I, elevó los índices de aprobación grupal al 75% (consta en las actas de evaluación de la asignatura), cuando el índice promedio de egreso de la asignatura es del 50%, por tanto, se incremento porcentualmente de manera tácita. Pero, más allá de las cifras, se destacan los resultados de aprendizaje y los comentarios de retroalimentación por parte de los alumnos hacia la actividad docente, aquí se presentan algunos:

Conclusiones

En este artículo se constatan los apartados teóricos y contextuales que enmarcan la enseñanza del diseño en la modalidad a distancia, mostrando la importancia de la intervención pedagógica estratégica y acorde con la modalidad, mostrando la complejidad de su enseñanza y aprendizaje, dada su naturaleza como disciplina proyectual.

Si bien, las evidencias están centradas específicamente en la licenciatura de Diseño y Comunicación Visual, el análisis, las estrategias didácticas, las herramientas y todos los fundamentos pedagógicos, permiten trasladar la experiencia constatada a otros campos disciplinares del diseño. De hecho, este momento histórico de la disciplina, de la modalidad a distancia y su expansión en la educación superior, la transición abrupta a mediación con tecnologías digitales para todo el sistema educativo mundial, conducirán sin duda a innumerables reflexiones sobre los aciertos y oportunidades de enseñanza y aprendizaje del diseño para el siglo XXI.

Existen innumerables retos en la enseñanza del diseño, particularmente dadas las condiciones y contexto sanitario mundial, sin embargo, también existen experiencias positivas documentadas que permiten entender la importancia de la diversificación de espacios de comunicación digital y herramientas, acordes y en primera sintonía con una estrategia pedagógica integral de intervención docente, que propicie el logro de los objetivos, creando una comunidad de aprendizaje a partir de la colaboración de los actores centrales del fenómeno educativo: nuestros alumnos.

Fuentes de consulta

DELGADO, A., Robledo, E., Márquez, H. (2015). La educación superior en la modalidad a distancia. El caso de la Licenciatura en Diseño y Comunicación Visual del SUAyEd (Sistema de Universidad Abierta y Educación a Distancia) de la UNAM. En Educación Comparada Internacional y Nacional. Navarro, M.A. y Navarrete, Z. (coord.). Plaza y Valdés Editores, México.

PLANES y Programas de Estudio, Universidad Nacional Autónoma de México. Licenciatura en Diseño y Comunicación Visual: https://www.cuautitlan.unam.mx/licenciaturas/dcv/plan_estudios.html

SITIO oficial de la licenciatura en Diseño y Comunicación Visual a Distancia de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México. https://salas.cuautitlan.unam.mx/lic_diseno/

ANSIEDAD, DEPRESIÓN Y MIEDO EN PROFESORES Y ALUMNOS ANTE LA MODALIDAD DE CLASES A DISTANCIA

Carlos Alberto Morales Rojas¹, Enrique Canchola Martínez²

¹Departamento de Ingeniería y Tecnología. Facultad de Estudios Superiores, Campus 1, Cuautitlán Izcalli – UNAM, adler5419@comunidad.unam.mx

²Departamento de Biología de la Reproducción. Universidad Autónoma Metropolitana – Iztapalapa, CdMx, cancho@xanum.uam.mx

Resumen

En este artículo se presentan las etapas psicológicas de ansiedad y miedo que experimentan los profesores y los alumnos ante las clases a distancia, durante su primera experiencia al enfrentar esta nueva modalidad. Para lo cual, previo consentimiento informado, se les aplicó el test específico denominado Escala de Hamilton, que mide niveles de ansiedad y depresión; encontrando que tanto profesores como alumnos mostraron ansiedad, miedo y depresión. El nivel de ansiedad en los profesores fue de moderada a grave, predominando en las mujeres la ansiedad grave. Mientras que el nivel de ansiedad y depresión en los alumnos fue de leve a moderada, predominando la ansiedad moderada tanto en las alumnas como en los alumnos. Los resultados indican que los profesores tanto hombres como mujeres, se muestran más ansiosos que los alumnos en la utilización de las diferentes plataformas para la enseñanza a distancia.

Palabras clave: ansiedad, miedo, depresión, clases a distancia, profesores, alumnos.

Introducción

La Ansiedad y la depresión de acuerdo a la American Psychiatric Association son una respuesta mental natural y necesaria para adaptarse a una situación, cuando esa situación se percibe como algo amenazante por ser novedosa o porque no se tiene el control o dominio de la misma.

La ansiedad es un estado mental que se caracteriza por inquietud, aprensión, irritabilidad, sensación de tensión, fatiga imposibilidad de relajarse, ganas de llorar, temblor, sensación de inseguridad y miedos; muchas veces se manifiesta como una dificultad para dormir o despertar, se tienen malos sueños o pesadillas. Con frecuencia la ansiedad es la causa de las dificultades de concentración y mala memoria. La depresión generalmente acompaña a la ansiedad y se caracteriza por variaciones en el estado del ánimo a lo largo del día; la ansiedad y la depresión, dependiendo de la gravedad, se manifiesta con síntomas somáticos, como dolores y molestias musculares voz titubeante, alteraciones cardíacas y respiratorias que pueden ir desde palpitaciones, dolores de pecho, sensación de opresión torácica, sensación de ahogo o falta de aire, o síntomas gastrointestinales; cólicos abdominales, diarrea y estreñimiento, o síntomas genitourinarios, urgencias de orinar o eyaculación precoz, o impotencia y síntomas del sistema nervioso autónomo; sequedad de boca, palidez, sudoración excesiva, vértigo, cefalea, etcétera. En general la ansiedad y la depresión causan agitación nerviosa, irritabilidad, temblor de manos, gesto fruncido, tono muscular aumentado y palidez facial.

Objetivo(s)

El presente estudio se realizó, con el fin de conocer los niveles de ansiedad y depresión en profesores y alumnos ante el confinamiento voluntario por el Covid19 y frente a la nueva modalidad de clases a distancia que implica la utilización de nuevas tecnologías y herramientas para efectuar el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Material(es) y Método(s)

Para la realización de este estudio, previo consentimiento informado, aplicamos la escala de Hamilton a un grupo de 25 profesores, 10 hombres y 15 mujeres, y a un grupo de 70 estudiantes: 30 hombres y 40 mujeres de diferentes carreras que cursaban entre el 6° y 11° trimestre en la Universidad Autónoma Metropolitana – Iztapalapa.

Utilizamos la escala de Hamilton para ansiedad de 14 reactivos (ítems) la cual mide ansiedad psíquica y ansiedad somática. Cada ítem va de 0 a 4 y su máxima puntuación es de 56. Para ponderar los grados de ansiedad y depresión consideramos los siguientes rangos de puntuación: de 0 a 7 sin ansiedad, de 8 a 17 leve, de 18 a 24 moderada, de 25 a 30 severa y grave de 31 o más. Los resultados fueron expresados en porcentajes y para su análisis estadístico se utilizó la prueba estadística de ANOVA.

Resultados y discusión

Los resultados de ansiedad, depresión y miedo de este estudio que presentaron los profesores se muestran en la tabla 1, la de los alumnos en la tabla 2 y en la tabla 3 la comparación de ambos grupos.

Como puede verse en la tabla 1, todos los profesores hombres y mujeres mostraron ansiedad, depresión y miedo. El porcentaje de mujeres que presentaron ansiedad leve fue aproximadamente la mitad que los hombres (12 vs. 22), con respecto a la ansiedad moderada, las mujeres presentaron un 35% más que los hombres (46 vs. 30), mientras que los hombres presentaron casi el doble de ansiedad severa (32 vs. 18) y las mujeres más ansiedad grave (24 vs. 16). Todos los datos de la incidencia de los diferentes grados de ansiedad entre profesores hombres y mujeres, fueron estadísticamente significativos a excepción de la ansiedad grave.

Con respecto a la incidencia de ansiedad, depresión y miedo en los alumnos, como puede verse en la tabla 2, el 10% de hombres no presentó ansiedad, mientras que tuvieron una mayor incidencia en la ansiedad leve (32 vs. 10) y menor incidencia en la ansiedad moderada (38 vs. 48), severa (15 vs. 24) y grave (5 vs. 18). Mostrando una diferencia estadísticamente significativa.

Nivel de Ansiedad	% Mujeres	% Hombres	P < 0.05
AUSENTE	0	0	
LEVE	12	22	significativo
MODERADA	46	30	significativo
SEVERA	18	32	significativo
GRAVE	24	16	No significativo

Tabla 1 Ansiedad, Depresión y Miedo en Profesores

Nivel de Ansiedad	% Mujeres	% Hombres	P < 0.05
AUSENTE	0	10	No significativo
LEVE	10	32	significativo
MODERADA	48	38	significativo
SEVERA	24	15	significativo
GRAVE	18	05	significativo

Tabla 2 Ansiedad, Depresión y Miedo en Alumnos

Al hacer un análisis comparativo entre profesores y alumnos no se encontraron diferencias significativas entre mujeres ni tampoco entre hombres de ambos grupos.

Nivel de Ansiedad	% Mujeres	% Hombres	P < 0.05
AUSENTE	0* - 0**	10* - 0**	NS
LEVE	10-12	32-22	NS
MODERADA	48-46	38-30	NS
SEVERA	24-18	15-32	NS
GRAVE	18-24	05-16	NS

* Porcentajes de alumnos, ** porcentajes de profesores.

NS: No Significativo.

Tabla 3 comparativo entre Alumnos y Profesores

Conclusiones

Los datos encontrados en el presente estudio nos permiten concluir que:

- 1.- Tanto los alumnos como los profesores presentaron ansiedad y depresión ante la modalidad de clases a distancia que implica la utilización de nuevas tecnologías y herramientas para llevar a cabo el proceso de enseñanza – aprendizaje.
- 2.- Las mujeres, tanto alumnas como profesoras, presentan mayor incidencia en ansiedad moderada, severa o grave,

con respecto a los hombres. Posiblemente, esto se deba a que la ansiedad sea un rasgo ligado a la personalidad con bases genéticas como se ha reportado previamente en otros estudios.

3.- Posiblemente estas diferencias entre hombres y mujeres sea un mecanismo normal relacionado con las diferentes formas de reaccionar ante las situaciones de vida, ya que es conocido que las mujeres son más aprensivas, dedicadas, cuidadoras y protectoras ante situaciones desconocidas que son las que generan ansiedad.

4.- Los alumnos mostraron una menor ansiedad severa o grave, posiblemente por tener una mejor habilidad para manejar las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC).

Agradecimientos

Agradecemos la entusiasta participación de profesores y alumnos. A las autoridades de la Universidad Autónoma Metropolitana - Iztapalapa.

Referencias

- ALTEMUS, M. (2009). Neurobiología, sexo y género. En W.E. Narrow, M.B. First, P.J. Sirovatka y D.A. Regier (Eds.). Agenda de investigación para el DSM-V. Consideraciones sobre la edad y el género en el diagnóstico psiquiátrico, (pp. 47-62) Barcelona: Elsevier Masson
- ARENAS, M. C., Puigcerver, A. (2009) Sex differences of anxiety disorders: Possible psychobiological causes. *Escritos de Psicología* [online] vol.3, n 1 pp.20-29.
- AMERICAN Psychiatric Association (2000). Diagnostic and statistical manual of mental disorders: DSM-IV-TR. Washington, D.C.
- BARRADAS, A., Fernández M., Camacho M., Rivera M., (2013), Enemigos del aprendizaje: depresión y ansiedad en estudiantes del instituto tecnológico. *Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo (RIDE)* Publicación # 10 PERSPECTIVA ACADÉMICA E INNOVACIÓN TECNOLÓGICA Psicología, estilos de vida y salud Enero – Junio. 2013 ISSN 2007 – 2619. <http://www.ride.org.mx/>
- HAMILTON M. (1969) Diagnosis and Rating of Anxiety. En: Lander MH, editor. *Studies of Anxiety*, 3. Brit J Psychiat Spec Pub; 1969. p.76-79.



UNAM
CUAUTITLÁN

AÑO 4, No. 4, ENERO-DICIEMBRE 2020