



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
SEC. DE QUÍMICA ANALÍTICA



Determinación espectrofotométrica de estaño por dos métodos de cuantificación

Objetivo. Diferenciar las características relacionadas con una curva de calibración y una curva de adición patrón, así como el análisis de los resultados respectivos mediante la resolución paso a paso de un ejercicio, empleando datos espectrofotométricos de un problema vinculado con el sector metalúrgico, que implica la determinación de un analito en la misma muestra.

Material de apoyo para las carreras de: Química, Farmacia, Química Industrial, Ingeniería Química, Bioquímica Diagnóstica, para las asignaturas de Química Analítica en las que se revisan los temas de espectrofotometría de absorción molecular y curvas de calibración.

Elaborado por Alma Luisa Revilla Vázquez (almarv@unam.mx) y Luis Ángel Ojeda Gómez, en mayo del 2023, en el marco del proyecto PAPIME PE209023.

D. R. UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Excepto donde se indique lo contrario esta obra está bajo una licencia Creative Commons Atribución No comercial, No derivada, 4.0 Internacional (CC BY NC ND 4.0 INTERNACIONAL).<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es>

ENTIDAD EDITORA. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán.



Usted es libre de **compartir**, copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato.

La licenciante no puede revocar estas libertades en tanto usted siga los términos de la licencia.

Atribución: Usted debe dar crédito de manera adecuada y brindar un enlace a la licencia. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciante.

No Comercial: Usted no puede hacer uso del material con propósitos comerciales.

Sin Derivadas: Si remezcla, transforma o crea a partir del material, no podrá distribuir el material modificado.

Forma sugerida de citar: Revilla, A. y Ojeda, L. (2023). Determinación espectrofotométrica de estaño por dos métodos de cuantificación. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM

DETERMINACION DE ESTAÑO EN UNA ALEACION

Se quiere determinar la cantidad de estaño (Sn) en una aleación que se está desarrollando. Para ello se toma una muestra, se lima y pesan 0.8717 g, se somete a digestión con 2 mL de ácido nítrico en caliente por 10 minutos, se evapora y se reconstituye y afora a 50 ml con un buffer 0.5 M pH 4.0 de acetatos (solución A). De aquí, se toma 1 mL y se afora a 25 mL con el mismo buffer (solución B).

A fin de tener una determinación espectrofotométrica selectiva a estaño, se usa violeta de pirocatecol VPC ($1 \times 10^{-3} \text{M}$) como agente complejante y se hace la determinación por dos métodos de cuantificación para corroborar el resultado. La reacción asociada es:

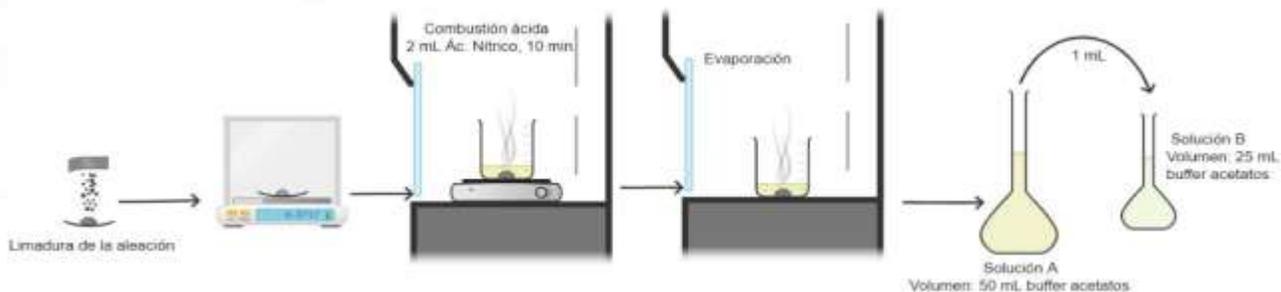


Figura 1. Esquematación de la preparación para la preparación de las soluciones de la muestra problema.

MÉTODO 1:

Se emplea una solución de **estaño estándar** $1 \times 10^{-4} \text{M}$, se preparan los siguientes sistemas y se mide su absorbancia a **450 nm**.

Tabla 1. Preparación de sistemas y su respectiva lectura de absorbancia.

<i>Sistema</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
$V_{\text{Sol B}}$ (ml)	0	0	0	0	0	4
V_{STD} (ml)	1	2	3	4	5	0
V_{VPC} (ml)	5	5	5	5	5	5
V_{aforo} (ml)	25	25	25	25	25	25
A	0.42	0.48	0.55	0.68	0.75	0.54

IDENTIFICAR EL MÉTODO DE CUANTIFICACIÓN

Dado que se emplea una solución estándar de estaño, el cual es el analito por cuantificar, y en base a la tabla 1 se observa que solo hay un sistema donde se coloca la solución problema y que el volumen de los sistemas preparados se mantiene constante, se concluye que el método de cuantificación es una **curva de calibración indirecta sin dilución**.

PLANTEAR LA CURVA DE VARIACIONES MOLARES GENERAL PARA LOS SISTEMAS

En la ecuación de la reacción química mostrada en el enunciado del ejercicio se puede observar que la relación molar entre los reactivos, estaño y el agente complejante, es de 1:1. Con respecto a la tabla 1, se nos muestra que el volumen del agente complejante se mantiene constante; mientras que, el volumen de estaño estándar va en aumento, por lo que el reactivo limitante en la reacción es este último. De este modo, la tabla de variación de cantidades molares sería la siguiente:

Tabla 2. Variación de cantidades molares para la formación del complejo

	$Sn(IV)''$	+	VPC''	→	$Sn(VPC)''$
<i>Inicio</i>			V_0C_0		
<i>Agrega</i>	VC				
<i>Equilibrio</i>	ε		$V_0C_0 - VC$		VC

IDENTIFICAR QUE ESPECIE(S) DA(N) PROPIEDAD, EN ESTE CASO ABSORBANCIA

Para determinar la(s) especie(s) que da(n) la propiedad medida es necesario antes trazar la gráfica respectiva, para ello hay que determinar las concentraciones de estaño estándar en los sistemas preparados para la curva (Tabla 3) y graficar $A=f[Sn]$ (figura 2).

$$[Sn]_{Sistema\ 1} = \frac{(1 \times 10^{-4} M)(1\ mL)}{25\ mL} = 4 \times 10^{-6} M$$

$$[Sn]_{Sistema\ 2} = \frac{(1 \times 10^{-4} M)(2\ mL)}{25\ mL} = 8 \times 10^{-6} M$$

$$[Sn]_{Sistema\ 3} = \frac{(1 \times 10^{-4} M)(3\ mL)}{25\ mL} = 1.2 \times 10^{-5} M$$

$$[Sn]_{Sistema\ 4} = \frac{(1 \times 10^{-4} M)(4\ mL)}{25\ mL} = 1.6 \times 10^{-5} M$$

$$[Sn]_{Sistema\ 5} = \frac{(1 \times 10^{-4} M)(5\ mL)}{25\ mL} = 2 \times 10^{-5} M$$

Tabla 3. Datos para construir la curva de calibración.

Sistema	1	2	3	4	5
$[Sn]_{STD} (M)$	4×10^{-6}	8×10^{-6}	1.2×10^{-5}	1.6×10^{-5}	2×10^{-5}
Absorbancia	0.42	0.48	0.55	0.68	0.75

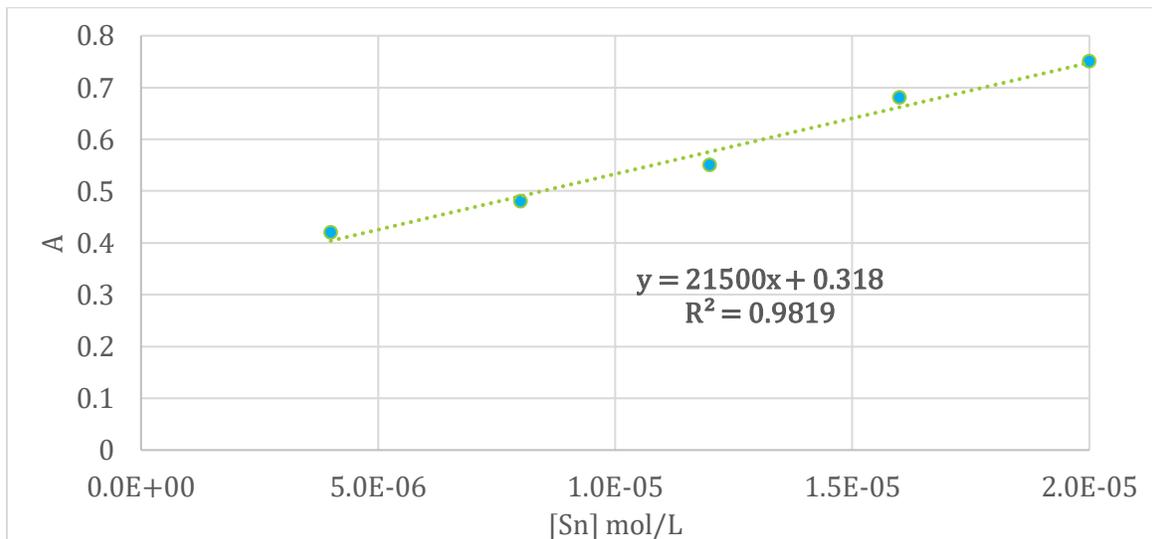


Figura 2. Curva de calibración para la determinación de estaño.

En el gráfico (figura 2) se puede observar que:

- 1) La absorbancia es directamente proporcional a la concentración de estaño. Esto está asociado a la formación del complejo Sn(VPC), por tanto, el complejo aporta a la absorbancia medida.
- 2) Cuando $[Sn]_{std}$ es cero se presenta un valor de absorbancia, es decir, la curva no parte del origen, por ello la ordenada al origen tiene un valor positivo ($b=0.318$), esto se debe a que el violeta de pirocatecol (VPC) también aporta absorbancia al sistema, porque, aunque no exista en solución el complejo, hay una especie que genera una señal de absorbancia. Observando también la TVCM, la única especie presente al inicio es el VPC.

En conclusión, dos especies químicas aportan a la absorbancia medida en los sistemas a la longitud de onda empleada (450 nm). Esto es viable debido a los colores indicados para ambas especies (amarillo y naranja) ya que ambos absorben en intervalos cercanos y pueden traslaparse (Tabla 4).

Tabla 4. Espectro electromagnético visible (Housecroft & Sharpe, 2006).

Color de la luz absorbida	Rango aproximado de longitud de onda/nm	Números de onda correspondientes (valores aproximados)/ cm^{-1}	Color de la luz transmitida, es decir, color complementario de la luz absorbida	En una representación de «rueda de colores», los colores complementarios están en sectores opuestos
Rojo	700-620	14 300-16 100	Verde	
Naranja	620-580	16 100-17 200	Azul	
Amarillo	580-560	17 200-17 900	Violeta	
Verde	560-490	17 900-20 400	Rojo	
Azul	490-430	20 400-23 250	Naranja	
Violeta	430-380	23 250-26 300	Amarillo	

CALCULAR LA CONCENTRACIÓN MOLAR DEL METAL EN LA SOLUCIÓN A Y SOLUCIÓN B

Para determinar la concentración de estaño se parte de la ecuación obtenida del ajuste lineal de la gráfica 1:

$$y = 21500x + 0.318 \text{ o bien } A = 21500[\text{Sn}] + 0.318$$

Se sustituye el valor de absorbancia obtenido del sistema 6 y se calcula el valor de [Sn]:

$$0.54 = 21500x + 0.318$$
$$x = \frac{0.54 - 0.318}{21500} = 1.03 \times 10^{-5} M \text{ Sn}$$

Para calcular la concentración en la solución B se debe considerar la dilución realizada para preparar el sistema 6:

$$[\text{Sn}]_{\text{Sol B}} = \frac{(1.03 \times 10^{-5} M)(25 \text{ mL})}{4 \text{ mL}} = 6.45 \times 10^{-5} M$$

El mismo procedimiento se sigue para calcular la concentración en la solución A:

$$[\text{Sn}]_{\text{Sol A}} = \frac{(6.45 \times 10^{-5} M)(25 \text{ mL})}{1 \text{ mL}} = 1.61 \times 10^{-3} M$$

CALCULAR EL PORCENTAJE MASA-MASA DE ESTAÑO EN LA MUESTRA

Para determinar el porcentaje masa/masa es necesario calcular la masa de estaño en la solución A:

$$(0.05L)(1.61 \times 10^{-3} \frac{\text{mol Sn}}{L}) \left(\frac{118.71 \text{ g Sn}}{1 \text{ mol Sn}} \right) = 9.576 \times 10^{-3} \text{ g Sn}$$

Después, se procede a determinar el porcentaje de estaño en la muestra:

$$\% \frac{m}{m} = \frac{9.576 \times 10^{-3} \text{ g Sn}}{0.8717 \text{ g muestra}} * 100 = 1.1\%$$

El porcentaje de estaño presente en la aleación estudiada es de 1.1% m/m.

DAR LA ECUACIÓN QUE DEFINE LA RECTA Y CALCULAR LA CONSTANTE DE PROPORCIONALIDAD (COEFICIENTE DE ABSORTIVIDAD MOLAR) PARA LAS ESPECIES QUE DAN LA PROPIEDAD CONSIDERANDO QUE SE USA UNA CELDA CON LONGITUD DE PASO ÓPTICO DE 1 CM.

Dado que son dos especies las que aportan a la absorbancia medida, se debe de considerar la ley de aditividad molares:

$$A_T = A_1 + A_2 = \epsilon_1 l C_1 + \epsilon_2 l C_2$$

En donde 1 y 2 son VPC y Sn(VPC) respectivamente.

Tomando en cuenta las ecuaciones al equilibrio de la TVCM, se sustituye y se obtiene lo siguiente:

$$A_T = \epsilon_1 l \left(\frac{V_0 C_0 - VC}{V_{aforo}} \right) + \epsilon_2 l \left(\frac{VC}{V_{aforo}} \right)$$

$$A = \epsilon_1 l \left(\frac{V_0 C_0}{V_{aforo}} \right) - \epsilon_1 l \left(\frac{VC}{V_{aforo}} \right) + \epsilon_2 l \left(\frac{VC}{V_{aforo}} \right)$$

Factorizando queda:

$$A = \epsilon_1 l \left(\frac{V_0 C_0}{V_{aforo}} \right) + (\epsilon_2 l - \epsilon_1 l) \left(\frac{VC}{V_{aforo}} \right)$$

Donde en relación con la ecuación matemática de la recta se tiene que:

$$Y = b + m x$$

$$A = \epsilon_1 l \left(\frac{V_0 C_0}{V_{aforo}} \right) + (\epsilon_2 l - \epsilon_1 l) \left(\frac{VC}{V_{aforo}} \right)$$

Siendo esta expresión la ecuación de la recta obtenida.

Para calcular los coeficientes de absorptividad molar de cada especie a 450nm, se procede a calcular el coeficiente del VPC (ϵ_1) a partir de la ecuación de la ordenada al origen, puesto que se conocen los valores de todos los componentes y solo se desconoce ϵ_1 :

$$b = \epsilon_1 l \left(\frac{V_0 C_0}{V_{aforo}} \right)$$

Sustituyendo los valores se obtiene:

$$\frac{(0.318)(25 \text{ mL})}{(5 \text{ mL})(1 \times 10^{-3} \text{ M})(1 \text{ cm})} = 1590 \text{ cm}^{-1} \text{ M}^{-1} = \epsilon_1 \text{ para el VPC a } 450 \text{ nm}$$

Una vez calculado este coeficiente, se procede ahora con la ecuación de la pendiente a calcular el faltante:

$$m = (\epsilon_2 l - \epsilon_1 l)$$

Sustituyendo los valores se obtiene:

$$\frac{21500 + (1590 * 1)}{1} = 23090 \text{ cm}^{-1} \text{ M}^{-1} = \epsilon_2 \text{ para el Sn(VPC) a } 450 \text{ nm}$$

Como puede observarse, el coeficiente del complejo es mucho mayor que el del VPC, por ello la pendiente es positiva.

MÉTODO 2:

Se emplea una solución de estaño estándar $4 \times 10^{-5} \text{ M}$, preparan los siguientes sistemas (tabla 5) y se mide su absorbancia a 480 nm .

Tabla 5. Preparación de sistemas y su respectiva lectura de absorbancia.

Sistema	1	2	3	4	5	6	7
$V_{\text{Sol B}}$ (ml)	2	2	2	2	2	2	2
V_{STD} (ml)	0	1	2	3	4	5	6
V_{VPC} (ml)	5	5	5	5	5	5	5
V_{Buffer} (ml)	10	10	10	10	10	10	10
A^{480}	0.60	0.75	0.87	0.96	1.0	1.13	1.22

IDENTIFICAR EL MÉTODO DE CUANTIFICACIÓN EMPLEADO

A partir de los datos mostrados en la tabla 4, se puede ver que los volúmenes de las soluciones adicionadas se mantienen constantes con excepción de la solución estándar de estaño, lo que ocasiona un efecto de dilución, dado que no se indica que los sistemas se aforen. Así mismo, se puede observar que en cada sistema se agregan 2 mL de la solución problema y se tiene una reacción asociada a la determinación. Con base en esto, se puede concluir que el método de cuantificación empleado es una *curva de adición patrón indirecta con efecto de dilución*.

PLANTEAR LA TABLA DE VARIACIONES MOLARES

Aunque la reacción a emplear es la misma, el método de cuantificación es diferente, por lo que la TVCM, debe desarrollarse para este caso en particular y es diferente a la anteriormente planteada.

Tabla 6. Variación de cantidades molares para la curva de adición patrón indirecta.

	$Sn(IV)''$	+	VPC''	→	$Sn(VPC)''$
Inicio			$V_0 C_0$		
Agrega	$V_{Pr} C_{Pr}$				
Equilibrio	ε		$V_0 C_0 - V_{Pr} C_{Pr}$		$V_{Pr} C_{Pr}$
Agrega	VC				
Equilibrio	ε		$V_0 C_0 - V_{Pr} C_{Pr} - VC$		$V_{Pr} C_{Pr} + VC$

Donde V_{Pr} se utiliza para diferenciar el volumen agregado de la muestra problema, del volumen agregado del estándar (VC).

DAR LA ECUACIÓN QUE DEFINE A LA RECTA

Dando la ecuación a partir de la tabla de variación de cantidades molares y sabiendo que la especie que da la propiedad el complejo se tiene lo siguiente:

$$A = \epsilon l \left(\frac{V_{Pr} C_{Pr}}{V_T} \right) + \epsilon l \left(\frac{V_{STD} C_{STD}}{V_T} \right)$$

Sin embargo, debido al efecto de dilución se multiplica a ambos lados de la ecuación por el factor $\left(\frac{V_{cte} V_{ag}}{V_{cte}} \right)$ se obtiene entonces:

$$A' = \epsilon l \left(\frac{V_P C_P}{V_{cte}} \right) + \epsilon l \left(\frac{V_{STD} C_{STD}}{V_{cte}} \right)$$

Relacionándose con la ecuación del modelo lineal de la siguiente manera:

$$y = b + m x$$

Para construir la curva de calibración para este método es necesario calcular la concentración del estándar de Sn en cada uno de los sistemas preparados en términos del volumen constante.

Para determinar el volumen constante, se suman los volúmenes de cada solución que se adiciona a los sistemas y no varía, en este caso, el volumen del agente complejante, la solución buffer y la solución problema, los cuales se mantienen constantes, por ello, la suma de estos tres volúmenes serán el denominado volumen constante (17 mL).

Para realizar el cálculo de la concentración de Sn estándar en cada sistema, se utiliza el factor de dilución, que sirve para determinar la concentración de estaño en cada sistema. Dicho factor de dilución es un cociente del volumen inicial y volumen final, por lo que las concentraciones de estaño en los sistemas se calculan como se indica a continuación:

$$[Sn]_{sistema} = \frac{CV}{V_{cte}}$$

Calculando las concentraciones se obtiene:

$$[Sn]_{sistema 1} = \frac{(4 \times 10^{-5} M)(0 \text{ mL})}{17 \text{ mL}} = 0$$

$$[Sn]_{sistema 2} = \frac{(4 \times 10^{-5} M)(1 \text{ mL})}{17 \text{ mL}} = 2.35 \times 10^{-6} M$$

$$[Sn]_{sistema 3} = \frac{(4 \times 10^{-5} M)(2 \text{ mL})}{17 \text{ mL}} = 4.705 \times 10^{-6} M$$

$$[Sn]_{sistema 4} = \frac{(4 \times 10^{-5} M)(3 \text{ mL})}{17 \text{ mL}} = 7.06 \times 10^{-6} M$$

$$[Sn]_{sistema 5} = \frac{(4 \times 10^{-5} M)(4 \text{ mL})}{17 \text{ mL}} = 9.41 \times 10^{-6} M$$

$$[Sn]_{sistema 6} = \frac{(4 \times 10^{-5} M)(5 \text{ mL})}{17 \text{ mL}} = 1.18 \times 10^{-5} M$$

$$[Sn]_{sistema\ 7} = \frac{(4 \times 10^{-5} M)(6\ mL)}{17\ mL} = 1.41 \times 10^{-5} M$$

Como siguiente paso se debe calcular la absorbancia corregida, debido al efecto de dilución; recordando que para la espectrofotometría la propiedad que se mide es la absorbancia del analito, que se relaciona con la concentración por medio de la ecuación de Lambert-Beer

$$A = \epsilon l C$$

Cuando se presenta un efecto de dilución, la concentración que está relacionada con la propiedad medida en general es definida por el volumen agregado al sistema (V_{ag}) y la concentración de esta sustancia agregada (C_{ag}) en relación con el volumen total del sistema (V_T); la ecuación se puede reescribir:

$$A = \epsilon l \frac{V_{ag} C_{ag}}{V_T}$$

En donde V_T está definido por la suma del volumen que se tenía en un inicio, volumen inicial (V_0) y el volumen agregado (V_{ag}), de modo que:

$$A = \epsilon l \frac{V_0 C_0}{V_0 + V_{ag}}$$

Para corregir el efecto de dilución se multiplican ambos términos de la ecuación por el factor de dilución $\left[\frac{V_0 + V_{ag}}{V_0}\right]$, lo que no altera la igualdad:

$$A \left[\frac{V_0 + V_{ag}}{V_0}\right] = \epsilon l \left(\frac{V_{ag} C_{ag}}{V_0 + V_{ag}}\right) \left[\frac{V_0 + V_{ag}}{V_0}\right] \equiv A' = A_{exp} \left[\frac{V_0 + V_{ag}}{V_0}\right]$$

Definiéndose así el término de absorbancia corregida (A'), la cual se deberá calcular para cada sistema preparado a partir de la absorbancia experimental obtenida (A_{exp}). Simplificando los términos de la ecuación y quedando la concentración en términos de V_0 , el cual es un valor constante para todos los sistemas, se obtiene la ecuación final para calcular la absorbancia corregida:

$$A' = A_{exp} \left(\frac{V_{cte} + V_{ag}}{V_{cte}}\right)$$

Usando la ecuación anterior, se obtiene:

$$A'_{sistema\ 1} = 0.60 \left(\frac{17\ mL + 0\ mL}{17\ mL}\right) = 0.60$$

$$A'_{sistema\ 2} = 0.75 \left(\frac{17\ mL + 1\ mL}{17\ mL}\right) = 0.794$$

$$A'_{sistema\ 3} = 0.87 \left(\frac{17\ mL + 2\ mL}{17\ mL}\right) = 0.972$$

$$A'_{sistema\ 4} = 0.96 \left(\frac{17\ mL + 3\ mL}{17\ mL}\right) = 1.129$$

$$A'_{sistema\ 5} = 1.0 \left(\frac{17\ mL + 4\ mL}{17\ mL}\right) = 1.235$$

$$A'_{\text{sistema } 6} = 1.13 \left(\frac{17 \text{ mL} + 5 \text{ mL}}{17 \text{ mL}} \right) = 1.462$$

$$A'_{\text{sistema } 7} = 1.22 \left(\frac{17 \text{ mL} + 6 \text{ mL}}{17 \text{ mL}} \right) = 1.651$$

A partir de los valores calculados (Tabla 7), se construye la curva de adiciones patrón.

Tabla 7. Valores para construir la curva de calibración

Sistema	1	2	3	4	5	6	7
[Sn] _{STD} (M)	0	2.35 x10 ⁻⁶	4.70 x10 ⁻⁶	7.06 x10 ⁻⁶	9.41 x10 ⁻⁶	1.18 x10 ⁻⁵	1.41x10 ⁻⁵
A'	0.60	0.794	0.972	1.129	1.235	1.462	1.651

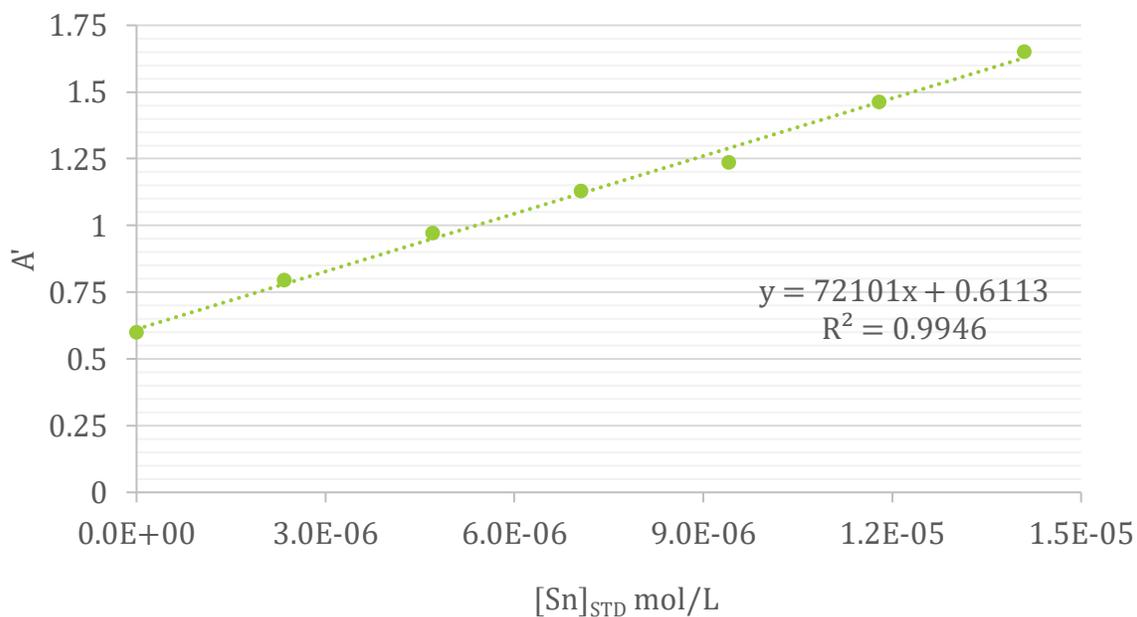


Figura 2. Curva de calibración para la determinación de estaño.

CALCULAR EL COEFICIENTE DE ABSORTIVIDAD MOLAR PARA LA(S) ESPECIE(S) QUE DA(N) LA PROPIEDAD CONSIDERANDO UNA CELDA DE 1 CM DE PASO ÓPTICO.

Como se observa en la gráfica, la absorbancia aumenta conforme se forma más complejo y al medir en 480nm, zona de las soluciones naranja, se considera que solamente el complejo aporta a la absorbancia medida, ya que el VPC, de color amarillo absorbe a menores longitudes de onda.

Retomando la ecuación de la recta:

$$A' = \epsilon l \left(\frac{V_P C_P}{V_{cte}} \right) + \epsilon l \left(\frac{V_{STD} C_{STD}}{V_{cte}} \right)$$

Se tiene que la pendiente (m) es igual a ϵl por lo que, en este caso en particular, la pendiente es igual al coeficiente de absorptividad molar del complejo:

$$\epsilon = \frac{m}{l} = \frac{72101 M^{-1}}{1 \text{ cm}} = 72101 M^{-1} \text{ cm}^{-1} \text{ a } 480 \text{ nm}$$

CALCULAR LA CONCENTRACIÓN MOLAR DEL METAL EN LA SOLUCIÓN A Y SOLUCIÓN B

Primero se determina la concentración de estaño en el sistema de medición, a partir de la ecuación de la recta, se despeja el valor de x, al igualar el valor de y como cero:

$$y = 72101x + 0.6113$$

Es decir:

$$0 = 72101x + 0.6113$$

O bien, de manera simple queda:

$$m[\text{Sn}]_{\text{Prob}} = b$$

Como no existe ni tiene significado una concentración negativa, se trabaja con el valor positivo o absoluto para poder identificarla como una concentración.

$$[\text{Sn}]_{\text{Prob}} = \frac{b}{m} = \frac{0.6113}{72101 M^{-1}} = 8.48 \times 10^{-6} \text{ en los sistemas de medición}$$

Se considera la dilución realizada para calcular la concentración en la solución B:

$$[\text{Sn}]_{\text{Sol B}} = 8.48 \times 10^{-6} M \left(\frac{17 \text{ mL}}{2 \text{ mL}} \right) = 7.21 \times 10^{-5} M$$

Para calcular la concentración en la solución A, se considera la dilución realizada:

$$[\text{Sn}]_{\text{Sol A}} = 7.21 \times 10^{-5} M \left(\frac{25 \text{ mL}}{1 \text{ mL}} \right) = 1.8 \times 10^{-3} M$$

CALCULAR EL PORCENTAJE MASA-MASA DE ESTAÑO EN LA MUESTRA.

$$1.8 \times \frac{10^{-3} \text{ mmol}}{\text{ml}} * (50 \text{ mL}) = 0.09 \text{ mmol Sn}$$

$$0.09 \text{ mmol Sn} \left(\frac{118.71 \text{ mg Sn}}{1 \text{ mmol Sn}} \right) = 10.684 \text{ mg de Sn}$$

$$\% \frac{m}{m} = \frac{10.864 \text{ mg Sn}}{871.7 \text{ mg muestra}} * 100 = 1.2\%$$

REFERENCIAS

- Housecroft, C. E., y Sharpe, A. G. (2006). *Química Inorgánica*. Madrid, España: Pearson Educación.
- Harris, D. (2016). *Análisis químico cuantitativo*. México: Editorial Reverté
- Skoog, D. (2014). *Fundamentos de Química Analítica*. México: Cengage Learning.