



# KUXULKAB'

REVISTA DE  
**DIVULGACIÓN**

División Académica de Ciencias Biológicas

• Volumen XIX • Número 36 • Enero-Junio 2013 •

**Universidad Juárez Autónoma de Tabasco**



# KUXULKAB'

ISSN – 1665-0514

## REVISTA DE DIVULGACIÓN

División Académica de Ciencias Biológicas  
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

*Kuxulkab' Voz chontal - tierra viva, naturaleza*

### CONSEJO EDITORIAL

Dra. Lilia Ma. Gama Campillo  
**Editor en jefe**

Dr. Randy Howard Adams Schroeder  
Dr. José Luis Martínez Sánchez  
**Editores Adjuntos**

Biól. Fernando Rodríguez Quevedo  
**Editor Asistente**

### COMITÉ EDITORIAL EXTERNO

**Dra. Silvia del Amo**  
Universidad Veracruzana

**Dr. Bernardo Urbani**  
Universidad de Illinois

**Dr. Guillermo R. Giannico**  
Fisheries and Wildlife Department,  
Oregon State University

**Dr. Joel Zavala Cruz**  
Colegio de Posgraduados, Campus Tabasco

**Dr. Wilfrido Miguel Contreras Sánchez**  
División Académica de Ciencias Biológicas  
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

Publicación citada en:

El índice bibliográfico PERIÓDICA, índice de Revistas Latinoamericanas en Ciencias.

Disponible en <http://www.dgbiblio.unam.mx>

<http://www.publicaciones.ujat.mx/publicaciones/kuxulkab>

KUXULKAB' Revista de Divulgación de la División Académica de Ciencias Biológicas, publicación semestral de junio 2001. Número de Certificado de Reserva otorgado por Derechos: 04-2003-031911280100-102. Número de Certificado de Licitud de Título: (11843). Número de Certificado de Licitud de Contenido: (8443). Domicilio de la publicación: Km. 0.5 Carretera Villahermosa-Cárdenas, entronque a Bosques de Saloya. Villahermosa, Tabasco. C.P. 86039 Teléfono Conmutador: 3581500 ext.6400 Teléfono Divisional: 3544308, 3379611. Dirección electrónica: <http://www.publicaciones.ujat.mx/publicaciones/kuxulkab> Imprenta: M.A. Impresores, S.A. de C.V. Av. Hierro No. 1 Mza. 3 Ciudad Industrial C. P. 86010 Villahermosa, Tabasco. Distribuidor: División Académica de Ciencias Biológicas Km. 0.5 Carretera Villahermosa-Cárdenas, entronque a Bosques de Saloya. C.P. 86039 Villahermosa, Tabasco.

### **Nuestra Portada**

Ejemplar de Ajolote (*Ambytosma mexicanum*); anfibio endémico mexicano de la zona lacustre de Xochimilco y Chalco-Tláhuac, en la ciudad de México.

### **Diseño de:**

Lilianna López Gama y María Cristina Sarao Manzanero.

### **Fotografías:**

María Celia Zapata Gutiérrez y Luis Guillermo Solís Juárez; estudiantes de la Licenciatura en Biología de la DACBiOL-UJAT.

## Estimados lectores:

La Universidad Juárez Autónoma de Tabasco hoy ha asumido un reto que la lleve a tener todos los indicadores de calidad, mejorando no solo los programas de estudio de los diferentes niveles que los lleven o mantengan acreditados. Dentro de estos indicadores se busca tener productos de excelencia en todos los temas que cubre la universidad como son las publicaciones periódicas. Por lo mismo nuestra revista de Divulgación está encaminada a atender este proceso de revisión de procesos, actualización y modernización que realiza la institución, para asumir los nuevos compromisos que la UJAT tiene con el Estado y la región, así como con la sociedad con la que se vincula. Estos procesos de reflexión han permitido generar estrategias e ideas dirigidas a realizar cambios que nos permitan mejorar, las que están siendo generadas por los profesores de nuestra División Académica y que pronto compartiremos con ustedes. Este año, se han tenido interesantes eventos, que muestran la consolidación que tienen ya varios de nuestros grupos de investigadores tanto local, como regional y nacionalmente.

Tenemos un comité trabajando para proponer una serie de innovaciones con el que se está transformando nuestra revista, que nos permita identificar mejores opciones y aprender no solo de nuestra experiencia sino de nuestras revistas hermanas en la Universidad que es lo que se busca lograr.

Como podrán corroborar en este número se empiezan a reflejar algunos cambios que se están preparando para una nueva imagen de nuestra revista. En este número se presenta una recopilación de cinco artículos que representan reportes de investigaciones tanto de cuerpos académicos de nuestra División, como de estudiantes de maestría, lo que reflejan el reto que se ha asumido en la División Académica de Ciencias Biológicas de divulgar sus resultados en este espacio. Además se incluyen siete notas de temas que sin duda son de actualidad entre las que se encuentran dos asociadas al Congreso Mexicano de Ecología realizado en Villahermosa en 2013 y que nos permite tener información para reflexionar en las tendencias actuales de la investigación científica, además de los intereses de desarrollo de la región.

Desde esta sección queremos agradecer a los interesados en realizar contribuciones a esta revista, así como a los investigadores que han asumido la responsabilidad de apoyarnos en la revisión del material que recibimos. Aprovechamos también para reiterar la invitación a seguir considerando esta opción para publicar no solo por ser la revista de nuestra División, y esperamos que los alumnos tanto de maestría como de licenciatura no olviden este espacio para hacernos llegar sus contribuciones y reiterar que está abierto a todos los miembros de la comunidad universitaria.

**Lilia Gama**  
Editor en Jefe

**Rosa Martha Padrón López**  
Directora



---

# Validación de métodos analíticos en laboratorios de ensayo de aguas residuales

Melina del Carmen Uribe López<sup>1</sup>, Rocío López Vidal<sup>2</sup> & Claudia Paloma Ramos Mayo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Politécnica del Centro

Km 22.5 carretera Villahermosa-Teapa, CP. 86290. Villahermosa Tabasco, México

<sup>2</sup>División Académica de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

Km 0.5 carretera Villahermosa-Cárdenas, entronque a Bosques de Saloya CP. 86039.

Villahermosa, Tabasco, México

muribel@hotmail.com

## Resumen

La validación de métodos analíticos es imprescindible para los laboratorios de ensayo de aguas residuales que quieren garantizar la calidad y confiabilidad de sus resultados. En este artículo se discute el concepto de validación, las ventajas y beneficios que proporciona y la metodología que deben seguir los laboratorios para validar sus métodos, con base en el cumplimiento de los parámetros de límite de detección, límite de cuantificación, intervalo lineal y de trabajo, recuperación, sesgo, precisión (repetibilidad y reproducibilidad) e incertidumbre. Así mismo, se describe que parámetros son aplicables para cada técnica en específico y la manera de cómo desarrollarlos adecuadamente para cumplir con los criterios de aceptación de cada parámetro a evaluar. Este enfoque también es aplicable para otros laboratorios de ensayo (clínicos, alimentos, microbiológicos, centros de investigación, etcétera) que deseen realizar la validación de sus métodos.

## Introducción

Un laboratorio de ensayo de aguas residuales tiene como objetivo proporcionar resultados de calidad que contribuyan a la preservación y mejora de los cuerpos de agua, para ello necesita garantizar la calidad de sus resultados a través del uso de métodos analíticos que sean confiables, precisos y adecuados para su propósito.

En México se han emitido normas, guías y reglamentos para normalizar las condiciones del desarrollo de métodos analíticos para disminuir la variabilidad de los resultados en los laboratorios que trabajan bajo las mismas condiciones, método, personal, entre otros (Suarez *et al.*, 2009). Dentro de

estas normas se encuentra la norma mexicana NMX-EC-17025-IMNC-2006 homologa a la norma internacional ISO/IEC 17025:2005, que establece los "Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración".

Los laboratorios de ensayo de aguas que desean acreditarse bajo un organismo pertinente y demostrar que poseen un sistema de gestión de la calidad, que son técnicamente competentes y que generan resultados técnicamente válidos, deben de cumplir con los requisitos que se describen en la NMX-EC-17025-IMNC-2006. Es por ello, que los laboratorios deben validar todos los métodos que utilizan (Lazos y Hernández, 2004), ya sea los desarrollados en el mismo laboratorio, por otros laboratorios o los procedentes de fuentes bibliográficas (Suarez *et al.*, 2009).

La validación es la confirmación por examen y la aportación de evidencia objetiva, de que los requisitos particulares para un uso específico previsto se cumplen (ISO 1994b, citado en Boqué *et al.*, 2002). Un método de ensayo al ser validado, proporcionará resultados fiables y exactos para su propósito perseguido, determinará la incertidumbre del método y responderá a la confianza del o los cliente(s) que haya(n) solicitado un trabajo analítico (Eurachem, 2005).

El propósito de este trabajo es discutir que es la validación de métodos, su importancia en los laboratorios de ensayo y los parámetros a cumplir para obtener la exactitud que proporcionan los valores resultantes cuando se emplean métodos validados (límite de detección, límite de cuantificación, intervalo de trabajo y lineal, recuperación, sesgo, precisión e incertidumbre).

## ¿Qué es la validación de métodos?

En la actualidad el concepto más utilizado por los laboratorios de ensayo para la definición de validación, es el descrito en la norma NMX-EC-17025-IMNC-2006, la cual establece que la validación es la confirmación, a través del examen y el aporte de evidencias que se cumplan con los requisitos particulares para un uso específico previsto.

Ésta definición implica que para validar un método analítico se deben considerar y aplicar los requisitos específicos de cada método, ya que no existe un proceso general de validación que cumpla con los requisitos particulares y fines previstos de cada método a validar; los cuales deben definirse antes de comenzar con el proceso de validación (Boqué *et al.*, 2002).

Para mediciones analíticas, Eurachem (2005) define la validación de métodos como el proceso de establecer una necesidad analítica y las características de desempeño, limitaciones del método e identificación y magnitud de las interferencias que pueden cambiar esas características (Lazos y Hernández, 2004).

En México y otros países del mundo, la validación de métodos analíticos de aguas residuales es fundamental para los laboratorios de ensayo que los desarrollan, ya que estos están sometidos a diferentes niveles de regulación (Normas Oficiales Mexicanas NOM, Normas Mexicanas NMX, American Standard Test Methods ASTM, criterios de aseguramiento de la calidad, entre otros); por lo tanto, necesitan comprobar su capacidad para realizar dichos métodos en la confiabilidad y repetibilidad de sus resultados (Ramos *et al.*, 2010). A su vez, el creciente uso de los sistemas de gestión de la calidad exige la evolución de los laboratorios de ensayo desde la certificación hasta la acreditación.

Lazos y Hernández (2004) establecen que el objeto de la validación puede aplicarse, además de los métodos de ensayo; a procesos, procedimientos, diseños, instrumentos, sistemas, productos, servicios, modelos, etc.

## ¿Por qué validar métodos?

La validación de métodos de aguas residuales

proporciona confianza, calidad y seguridad. Por tal motivo, Baptista *et al.* (2009) afirman que la validación debe realizarse rutinariamente en los laboratorios de ensayo y no solo por exigencias de la normatividad aplicada.

La importancia de validar métodos analíticos se basa principalmente en los beneficios y ventajas que provee la validación de laboratorios de ensayo de aguas residuales. Algunos de estos beneficios y ventajas son:

- Obtener una acreditación por parte de un organismo acreditador (en México es la entidad mexicana de acreditación “EMA”; es un organismo encargado de acreditar los laboratorios de ensayo).
- Aumento en la satisfacción de los clientes cuando solicitan un trabajo analítico, en la que se supone que el laboratorio tiene un nivel de conocimiento experto sobre la calidad del agua que el cliente no tiene por sí mismo (Eurachem, 2005).
- Brindar confianza en los resultados emitidos sobre la calidad del agua, los cuales han demostrado ser adecuados para su propósito.
- Satisfacer las necesidades del cliente en tiempos de atención y niveles de servicio (Baptista *et al.*, 2009).
- Disminuir y controlar los factores que llevan a la imprecisión o inexactitud de un dato generado (Gomara *et al.*, 2004).
- Conocer la incertidumbre del método analítico para emitir resultados exactos y reproducibles.
- Optimizar los procesos de medición al analizar lo mejor posible el mensurando, conllevando a una disminución en costos por repetición de pruebas y desperdicio de materiales y reactivos (Baptista *et al.*, 2009).
- Aumentar los estándares de calidad en servicio, atención y producto, por parte de los proveedores de servicios, equipos y reactivos (Baptista *et al.*, 2009).
- Tener el reconocimiento del sector industrial o de la sociedad en general, al proporcionar resultados confiables y exactos.

- Estar a la vanguardia del avance científico y tecnológico, al utilizar Materiales de Referencia (MR), Materiales de Referencia Certificados (MRC), materiales y equipos certificados y/o calibrados.
- Contribuir a la mejora y preservación de los cuerpos de agua.
- Estar al nivel Nacional e Internacional de laboratorios de ensayo de aguas.

### ¿Qué parámetros aplicar en una validación?

Cuando un laboratorio de ensayo de aguas residuales busca realizar la validación de sus métodos analíticos normalizados (NOM, NMX, ASTM), necesita cumplir con los parámetros aplicables para cada método de ensayo, utilizando una validación de tipo parcial, en base a los criterios indicados por CENAM y EMA (2008a y b) para métodos normalizados. Los parámetros aplicables para una validación parcial son: límite de detección, límite de cuantificación, intervalo lineal y de trabajo, recuperación, sesgo, precisión (repetibilidad y reproducibilidad) e incertidumbre. El Cuadro 1, muestra los parámetros a evaluar para los métodos que requieran en su desarrollo las técnicas.

A continuación, se definen cada uno de los parámetros aplicables a una validación parcial y se

describe explícitamente como obtener su valor y los criterios de aceptación utilizados para éste fin.

**Recuperación.** CENAM y EMA (2008a y b), definen la recuperación como “La proporción de la cantidad de analito, presente en la porción de la muestra o adicionado a ésta, que es cuantificada por el método de ensayo. La recuperación se evalúa en porcentaje del analito presente o agregado a una muestra de control de calidad, evaluando la eficiencia de extracción, proceso de preparación o interferencias que pueden existir al aplicar el método de ensayo”. La expresión empleada para obtener el % de Recuperación (% R) es:

$$\% R = (\text{Valor obtenido} / \text{Valor de referencia}) \times 100 \quad (1)$$

Donde *valor obtenido* se define como el valor promedio obtenido del análisis y *valor de referencia* se define como el valor de la concentración conocida. Esta expresión es válida cuando el analito se añadió a una matriz en blanco. El % R tiene que ser igual o lo más cercano al 100 %. Una buena recuperación del método está entre el 98% al 102%, siempre y cuando no exista un intervalo de recuperación dado para el método analítico (Gomara *et al.*, 2004).

**Límite de Detección.** El límite de detección (LD) se define como “la cantidad o concentración

**Cuadro 1.** Parámetros aplicables para validar parcialmente métodos de ensayo de aguas residuales.

Parámetro	Técnica			
	Gravimetría y Volumetría	Electrometría	Cromatografía	Espectrofotometría
Recuperación	√		√	√
Límite de detección			√	√
Límite de cuantificación	√		√	√
Intervalo lineal y de trabajo	√*	√*	√	√
Reproducibilidad	√	√	√	√
Repetibilidad	√	√	√	√
Sesgo	√	√	√	√
Incertidumbre	√	√	√	√

**NOTA:** \*Se evalúa solo el intervalo de trabajo  
\*\* Se evalúa el intervalo lineal o de trabajo dependiendo del método

más pequeña de un analito que puede ser detectada pero no necesariamente cuantificada con exactitud” (CENAM y EMA, 2008a y b) y se puede expresar como la concentración  $c_L$ , o la cantidad  $q_L$ , que se deriva de la medida más pequeña  $x_L$ , que puede detectarse por un procedimiento analítico dado. El valor de  $X_{LD}$  esta dado por la ecuación (Eurachem, 2005):

$$X_{LD} = X_{bl} + k S_{bl} \quad (2)$$

$X_{bl}$  es la media de las mediciones del blanco,  $S_{bl}$  es la desviación estándar de las mediciones del blanco y  $k$  es el factor numérico elegido de acuerdo al nivel de confianza deseado. Eurachem (2005), establece que para una validación se debe proporcionar un indicativo del nivel en el cual la detección resulta problemática. Para éste propósito la aproximación “blanco+3s” usualmente será suficiente. El valor del LD se puede calcular a través de la ecuación de regresión despejada (Suarez *et al.*, 2009), quedando la ecuación de la siguiente manera:

$$LD = (X_{LD} - b) / m \quad (3)$$

Donde  $X_{LD}$  es el valor obtenido en la ecuación 3,  $b$  es el intercepto con el eje (ordenada) y  $m$  es la pendiente de la curva en la ecuación de regresión.

**Límite de Cuantificación.** Eurachem (2005), define el límite de cuantificación como “el contenido igual o mayor al menor punto de concentración en la curva de calibración (excluyendo el blanco)”, el cual no debe ser determinado extrapolando la curva de calibración por debajo de la concentración más baja (CENAM y EMA, 2008a y b).

La habilidad para cuantificar se expresa en términos del valor del analito que producirá estimaciones con una desviación estándar relativa (DSR) comúnmente al 10% (Eurachem, 2005). Algunas convenciones utilizan la misma expresión de la ecuación 2, a diferencia que  $X_{LD}$  se sustituirá por  $X_{LQ}$  para este parámetro. Así mismo,  $X_{bl}$ ,  $S_{bl}$  y  $k$  representan lo mencionado en la ecuación 2 (CENAM y EMA, 2008a y b). Sin embargo, IUPAC recomienda una  $k = 10$  para una DSR del 10% (Boqué *et al.*, 2002). El Límite de Cuantificación (LQ) se puede calcular a través de la ecuación de regresión despejada, quedando como (Suarez *et al.*, 2009):

$$LQ = (X_{LQ} - b) / m \quad (4)$$

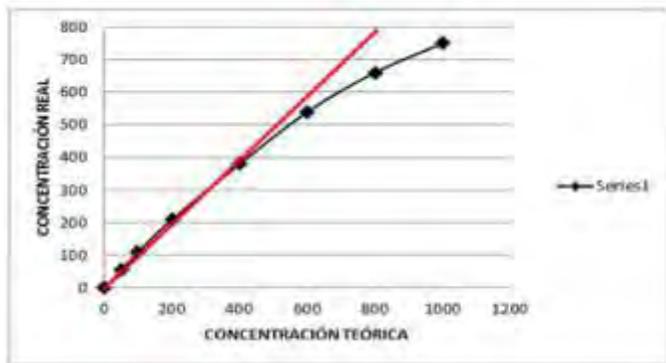
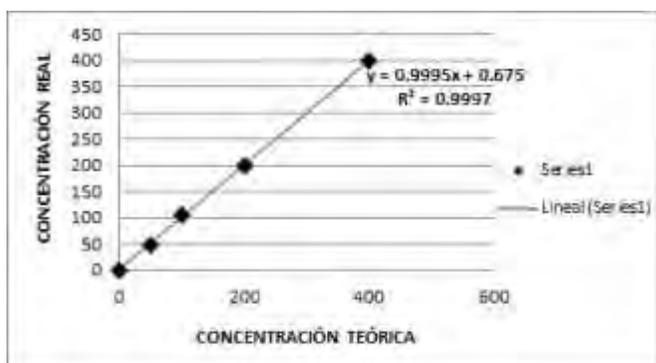
$X_{LQ}$  es el valor obtenido en la ecuación,  $b$  es el intercepto con el eje (ordenada) y  $m$  es la pendiente de la ecuación de regresión.

**Intervalo de Trabajo y Lineal.** CENAM y EMA (2008a y b), señalan que el intervalo de trabajo se obtiene a través de la medición de muestras con diferente concentración del analito, seleccionando el intervalo de concentración que proporciona un nivel de incertidumbre aceptable. El extremo inferior del intervalo de trabajo, se limita para los valores del límite de detección o cuantificación. En el extremo superior, las limitaciones serán impuestas por varios efectos que dependen del sistema de respuesta del instrumento, siendo una de estas el valor hasta donde llega la respuesta lineal (Eurachem, 2005).

Suarez *et al.* (2009) mencionan que la linealidad es directamente proporcional a la concentración del analito; se expresa y gráfica en términos de variación de la pendiente de la línea obtenida por la ecuación de la recta:

$$y = mx + b \quad (5)$$

Donde  $y$  es la respuesta de la medición,  $x$  es la concentración del analito,  $m$  la pendiente y  $b$  el intercepto. Su representación gráfica debe presentar una buena correlación de los puntos experimentales a la recta de regresión (CENAM y EMA, 2008a y b), generan un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) 0,98 (Aguilera *et al.*, 2003 y Soto *et al.*, 2002). La Figura 1, presenta el comportamiento gráfico y visual de un método analítico no lineal, en la cual se puede observar que la respuesta analítica (concentración obtenida) se encuentra en función de la concentración del analito (concentración teórica) y en la que su linealidad se limita hasta una cierta concentración (aproximadamente 400 mg/L, para el ejemplo dado). En cambio, la Figura 2 representa gráficamente el comportamiento lineal que debe presentar el método analítico a evaluar, así como el valor del  $R^2$  dado. En base al ejemplo dado (Figura1), como la linealidad visual se presenta hasta 400 mg/L, el intervalo lineal se trazará hasta esa concentración (Figura 2). Los valores del eje X y eje Y dependen de las concentraciones evaluadas para cada método en particular. Suarez *et al.* (2009) indican que la linealidad también se puede verificar a través del gráfico de residuos ( $e_i = \hat{y}_i - y_i$ ; donde  $\hat{y}$  es el valor predicho y  $y_i$  son los valores observados de  $y$ ).

**Figura 1.** Gráfica De No Linealidad Para Métodos Analíticos**Figura 2.** Gráfico de Linealidad para Métodos Analíticos

La Figura 3 muestra los tipos de gráficos de valores residuales que se pueden llegar a presentar al desarrollar la linealidad del método. La Figura 3a muestra una buena distribución de valores residuales. La Figura 3b muestra que los residuos no tienen el mismo valor absoluto. La Figura 3c los valores residuales muestran tendencias probables de no linealidad. La Figura 3d muestra la presencia de un valor atípico probable en los datos establecidos (Boque *et al.*, 2002).

**Sesgo.** Es la diferencia entre el valor esperado de los resultados de prueba y un valor de referencia aceptado (Eurachem, 2005). Una mayor diferencia con respecto al valor de referencia aceptado se refleja por un valor de sesgo mayor (CENAM y EMA, 2008a y b). En un método analítico el sesgo se puede estimar utilizando la siguiente expresión indicada por CENAM y EMA (2008a y b):

$$\text{Sesgo (\%)} = \frac{(\text{Valor verdadero} - \text{Valor obtenido})}{\text{Valor verdadero}} \times 100 \quad (6)$$

El *valor verdadero* es el valor de concentración conocida y valor obtenido es el valor promedio obtenido del análisis. El sesgo no debe ser mayor al 15%. La Figura 4, muestra los dos componentes del sesgo debidos al método y al laboratorio. El sesgo del método surge de los errores sistemáticos inherentes al método. El sesgo del laboratorio surge de errores sistemáticos adicionales característicos del laboratorio y de la interpretación que hace del método (Eurachem, 2005).

**Repetibilidad.** CENAM y EMA (2008a y b), definen la repetibilidad como la cercanía entre sí de las medidas obtenidas con el mismo método, sobre idéntico material o muestra, con la aplicación total de las siguientes condiciones: El mismo procedimiento de medición, el mismo analista, el mismo instrumento de medición utilizado en las mismas condiciones, el mismo lugar y la repetición dentro de un período corto de tiempo.

El parámetro estadístico que caracteriza este estudio es la Desviación Estándar Relativa (DSR), la cual debe estar por debajo del 1% (Suarez *et al.*, 2009). Eurachem (2005) establece que se deben realizar diez repeticiones a diferentes niveles de concentración dentro del intervalo de trabajo y determinar la media y desviación estándar de cada concentración, para poder así obtener la DSR. Según Portuondo y Portuondo (2010), la Figura 5 muestra gráficamente el concepto de repetibilidad, es decir, representa la proximidad de concordancia que debe existir entre los resultados (la línea central de la curva evalúa la proximidad entre los resultados) cuando se sujeta a las mismas condiciones de medición.

**Reproducibilidad.** Es la proximidad de la concordancia entre los resultados de las mediciones del mismo mensurando, con las mediciones realizadas haciendo variar las condiciones de medición. Para que una expresión de la reproducibilidad sea válida, es necesario especificar las condiciones que se hacen variar. Las condiciones que se hacen variar pueden ser según CENAM y EMA (2008a y b): el principio de medición, el método de medición, el observador o analista, el instrumento de medición, el patrón de referencia, el laboratorio y periodos largos de tiempo.

Figura 3. Gráfica de Valores Residuales

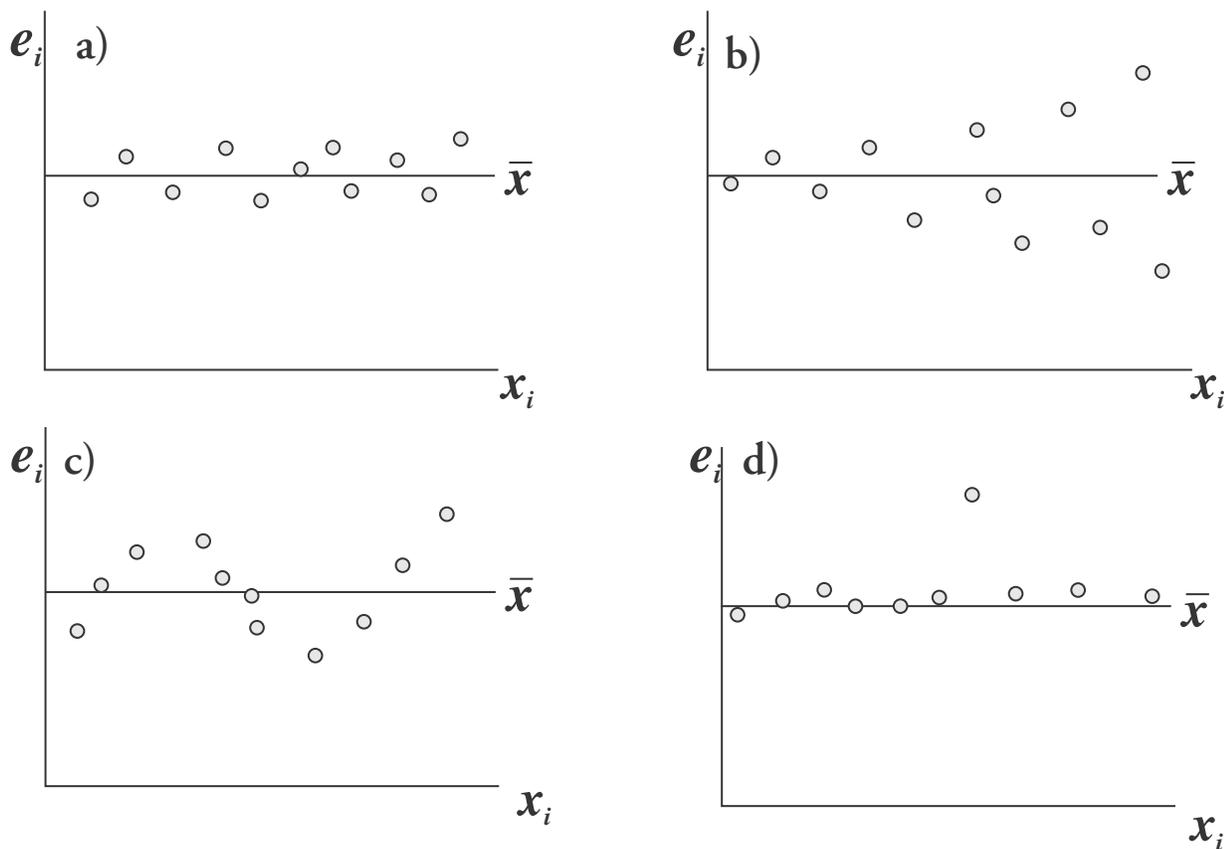
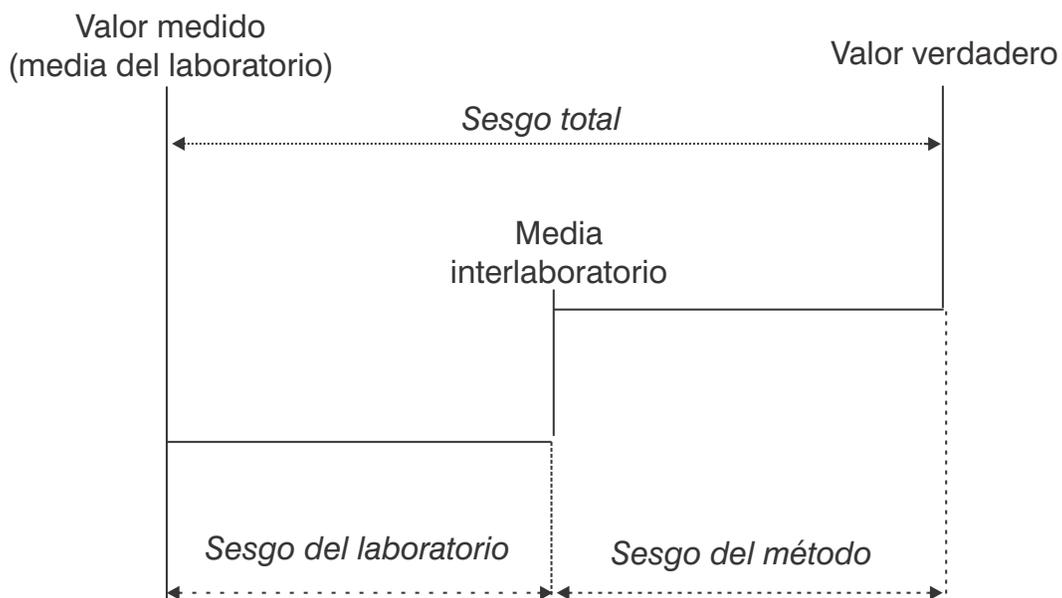
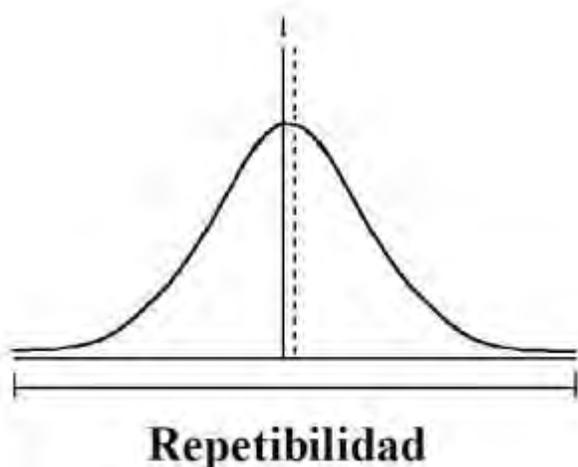
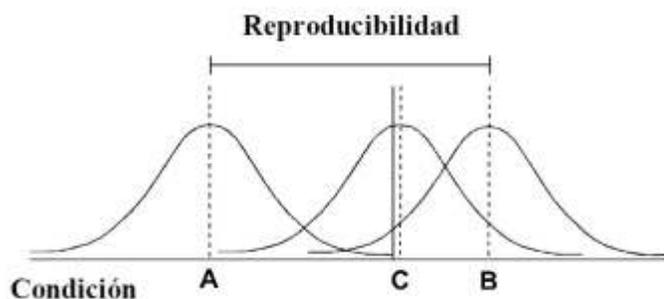


Figura 4. Tipos de Sesgo



**Figura 5.** Representación Gráfica de Repetibilidad.

Al igual que la repetibilidad, la medida cuantitativa que caracteriza este estudio es la DSR, la cual debe estar por debajo del 2% (Suarez *et al.*, 2009). Eurachem (2005) establece que se deben realizar 10 repeticiones a diferentes niveles de concentración dentro del intervalo de trabajo y determinar la media y desviación estándar de cada concentración, para poder así obtener la DSR. Según Portuondo y Portuondo (2010), la Figura 6 muestra gráficamente el concepto de reproducibilidad, es decir, representa la proximidad de concordancia entre los resultados de un mismo mensurando pero con diferentes condiciones de medición (A, B, y C representan la condición que cambia, por ejemplo: analista 1, analista 2 y analista 3).

**Figura 6.** Representación Gráfica de Reproducibilidad.

**Incertidumbre.** La NMX-EC-17025-IMNC-2006 indica que los laboratorios de ensayo deben de estimar la incertidumbre de la medición. Una estimación razonable se basará en el desempeño

del método y en el alcance de la medición, por tal motivo, el laboratorio debe de identificar todos los componentes de la incertidumbre. La incertidumbre es el parámetro asociado con el resultado de una medida que caracteriza la dispersión de los valores que se pueden atribuir razonablemente al mensurado (VIM, 2009). El mensurado es la magnitud sujeta a medida (CENAM y EMA, 2008a y b). La incertidumbre sirve para aumentar la confianza de la exactitud del resultado de una medición. Eurachem (2005) establece que el parámetro de incertidumbre puede ser la desviación estándar (o múltiplo de ella), la cual indica los errores aleatorios que pueden existir en el método analítico.

Los laboratorios de ensayo de aguas residuales que estimarán la incertidumbre de sus métodos analíticos deben considerar: La precisión (repetibilidad y reproducibilidad) total del método en un período largo de tiempo, el sesgo e incertidumbre, incluyendo la incertidumbre estadística asociada a las mediciones del sesgo y la incertidumbre del material de referencia o del método y las incertidumbres de calibración de los equipos o de los materiales.

## Conclusiones

La validación de métodos es un elemento básico en los sistemas de calidad, ya que al confirmar por medio de evidencias que los laboratorios de ensayo cumplen los requisitos para un uso específico, se garantiza la calidad, confianza y seguridad de sus resultados analíticos.

La validación es indispensable para los laboratorios de ensayo de aguas residuales, ya que a través de ésta pueden obtener su acreditación, conocer la incertidumbre de sus mediciones, cumplir con la satisfacción y necesidades de sus clientes, contribuir a la mejora y preservación de los cuerpos de agua, estar a la vanguardia del avance científico y tecnológico, y principalmente, controlar los factores que afectan sus métodos analíticos y resultados.

Los parámetros comunes aplicables en la validación de métodos de aguas residuales por diferentes técnicas analíticas son: la recuperación, el límite de detección, el límite de cuantificación, el intervalo lineal y de trabajo, la reproducibilidad, la repetibilidad, el sesgo e incertidumbre de la

medición. El resultado de una validación de métodos proveerá a los laboratorios de ensayo de aguas residuales una herramienta que cumpla un propósito o requisito dado, esto es, la solución a un problema analítico en particular.

### Agradecimientos

A la MIPA. Rocío López Vidal por su asesoría para llevar a cabo este proyecto de investigación. A los catedráticos de la Maestría en Ingeniería y Protección Ambiental (MIPA) de la División Académica de Ciencias Biológicas (DACBIOL) de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT) por los conocimientos impartidos durante el desarrollo de las clases. Muchas gracias.

### Literatura citada

- Aguilera I.; Rodríguez S.; Pérez R.M.; Buzón J. y Camacho M.** 2003. Validación de la determinación de la DQO en la unidad analítica del CEBI. *Revista Cubana de Química*, XV(2): 18-25
- Baptista González H.A.; Santamaría Hernández M.C.; Martínez Reyes C.S. y Muñoz Carmona M.** 2009. Validación y verificación de métodos de laboratorio aplicados al Banco de Sangre. *Revista Mexicana de Medicina Transfusional*, 2(1): 20-29
- CENAM y EMA.** 2008a. *Guía para la validación y la verificación de los procedimientos de examen cuantitativos empleados por el laboratorio clínico*. México. 47 p.
- CENAM y EMA.** 2008b. *Guía técnica sobre Trazabilidad e Incertidumbre en las Mediciones Analíticas que emplean la Técnica de Gravimetría de Masa*. México. 51 p.
- Boqué R.; Maroto A.; Riu J. y Rius F.X.** 2002. Validation of Analytical Methods. *International Journal of Fats and Oils*, 53(1): 128-143
- Eurachem.** 2005. Métodos Analíticos Adecuados a su Propósito. En: *Guía de Laboratorio para la validación de Métodos y Temas Relacionados*. Centro Nacional de Metrología. Publicación técnica cnm-mrd-pt-030. 2da. Edición. 67 p.
- Gomara F.L.; Correr C.J.; Sato M.E.O. y Pontarolo R.** 2004. Desarrollo y validación de un método espectrofotométrico para cuantificación de ácido fólico. *Ars Pharmaceutica*, 45(2): 145-153
- Lazos Martínez R.J. y Hernández Gutiérrez I.** 2004. *La validación de métodos: un enfoque práctico*. Simposio de metrología. 5 p.
- Portuondo Paisan Y. y Portuondo Moret J.** 2010. La repetibilidad y reproducibilidad en el aseguramiento de la calidad de los procesos de medición. *Tecnología química*, XXX(2): 117-121
- Ramos Díaz F.; Fontanet Tamayo L. y Delgado Fernández M.** 2010. Gestión de la validación de métodos analíticos de control de calidad del centro de inmunología molecular. *Ingeniería Industrial*, XXXI(2).
- Soto C.; Cuello M.; Alfonso Y.; Cabrera O. y Sierra G.** 2002. Validación de una técnica colorimétrica para la determinación de carbohidratos. *Instituto Finlay. Centro de Investigación-Producción de Vacunas y Sueros*, 11(3): 11-14
- Suárez R; Arévalo E.; Linares L.; Ustáriz F. y Hernández G.** 2009. Validación de un método analítico para la determinación de magnesio eritrocitario. *Avances en Química*, 4(2): 53-62
- VIM.** 2009. *Vocabulario Internacional de Metrología: conceptos fundamentales y generales, y términos asociados*.



# CONTENIDO

<b>Estimación y valorización de residuos electrónicos generados en Tabasco</b> .....	5
MARÍA ANTONIETA ZARDÁN ALBAREZ & CHRISTIAN ALEJANDRA VIDAL SIERRA	
<b>Validación de métodos analíticos en laboratorios de ensayo de aguas residuales</b> .....	11
MELINA DEL CARMEN URIBE LÓPEZ, ROCÍO LÓPEZ VIDAL & CLAUDIA PALOMA RAMOS MAYO	
<b>Tratamiento de las aguas residuales de la DACBiol-UJAT mediante lagunas de estabilización</b> .....	19
SALVADOR CANTO RIVERA & GASPAR LÓPEZ OCAÑA	
<b>Inducción a la síntesis de vitelogenina plasmática en machos de pejelagarto (<i>Atractosteus tropicus</i>) Mediante el uso de 17 <math>\beta</math> Estradiol</b> .....	27
RAFAEL MARTÍNEZ GARCÍA, ULISES HERNÁNDEZ VIDAL, ARLETTE HERNÁNDEZ FRANYUTTI, WILFRIDO MIGUEL CONTRERAS SÁNCHEZ & CARLOS ALFONSO ÁLVAREZ GONZÁLEZ	
<b>Manejo integral de pilas y baterías agotadas en la División Académica de Ciencias Biológicas de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco</b> .....	31
ISRAEL ÁVILA LÁZARO, JOSÉ RAMÓN LAINES CANEPA, ROSA MARTHA PADRÓN LÓPEZ & RUDY SOLÍS SILVAN	
<b>Axolotl: el auténtico monstruo del Lago de Xochimilco</b> .....	41
MARÍA CELIA ZAPATA GUTIÉRREZ & LUIS GUILLERMO SOLÍS JUÁREZ	
<b>Tratamiento de aguas residuales mediante humedales artificiales</b> .....	47
OSCAR MANUEL SIERRA PECH & GASPAR LÓPEZ OCAÑA	
<b>Importancia del análisis de la interacción espacio-temporal de la expansión urbana y los eventos de inundación en el municipio del Centro, Tabasco</b> .....	57
VIOLETA CABALLERO POTENCIANO & EUNICE PÉREZ SÁNCHEZ	
<b>Poliestireno Expandido (EPS) y su problemática ambiental</b> .....	63
CRYSTELL MARTÍNEZ LÓPEZ & JOSÉ RAMÓN LAINES CANEPA	
<b>Ciencias Biológicas de la UJAT: dimensión humana y manejo de los recursos naturales</b> .....	67
JOSÉ A. OSEGUERA PONCE	
<b>Reflexiones sobre el futuro de la ecología en México: discurso a la entrega de la Medalla al Merito en Ecología de la SCME</b> .....	79
ARTURO GÓMEZ-POMPA	
<b>IV Congreso Mexicano de Ecología: conocimiento ecológico para la toma de decisiones</b> .....	81
ROSA MARTHA PADRÓN LÓPEZ & FERNANDO RODRÍGUEZ QUEVEDO	



ISSN - 1665 - 0514