

Programa de evaluación de la calidad entre laboratorios. XXV. Efecto de la linealidad fotométrica sobre la calidad analítica. III.

Sergio I. Alva-Estrada¹, Elvia M. Cabañas-Cortés¹,
Esther del Carmen Uhthoff-Brito²

Abstract

In all photometric measurements it is necessary to know the relationship between absorbency and concentration in order to determine the concentration problem. It is not necessary that this relation be a straight line, because it is possible to interpolate if it is not so. It should not be assumed that performance in all instruments be the same, because it depends on the kind of equipment and its maintenance. It is convenient to check frequently the wavelength, the sensibility, and the linearity of each instrument.

This work has used a method for verifying photometers linearity which establishes the error percentage in each concentration with some advantages if it is compared with the Ringbom's method.

Half of 30 photometers that were studied presented an error higher than 10%, and in the case of 7 instruments (23%) the error was more than 40%. Maybe the inaccuracy in some clinical laboratories is due to the use of photometers with inadequate linearity.

Keywords. *Photometers. Photometric linearity. Quality control. Beer's law. Accuracy precision.*

Resumen

Para establecer la concentración de los problemas en las mediciones fotométricas, es necesario conocer la relación entre absorbencia y concentración, pero no es

requisito que sea una recta ya que se puede interpolar cuando no lo es. Si es lineal en un instrumento, no debe suponerse que será igual en otro ya que dependerá del tipo y estado en que se encuentre, siendo conveniente verificar periódicamente la calibración de la longitud de onda, la sensibilidad y la linealidad de la respuesta de cada instrumento.

Se propone un método para verificar la linealidad de los fotómetros, que establece el porcentaje de error para cada concentración, con ventajas sobre el de Ringbom, por tener congruencia con la curva tipo observada. De 30 fotómetros, la mitad tenía un error superior a 10% y 7 (23%) superaron el 40%. Es posible que la inexactitud de algunos laboratorios se deba a la utilización de fotómetros con mala linealidad.

Palabras clave. *Fotometría. Linealidad fotométrica. Control de calidad. Ley de Beer. Exactitud. Precisión.*

Introducción

La mayoría de las mediciones que se realizan actualmente, en los laboratorios clínicos son fotométricas, de ahí que la calidad analítica dependa entre otras cosas, del tipo y estado en que se encuentre el instrumento utilizado⁽¹⁾. En un trabajo previo⁽²⁾ se encontró que varios laboratorios tenían espectrofotómetros con deficiencias en su calibración de la longitud de onda y/o sensibilidad, y que ocasionaban problemas de exactitud. En este trabajo se investigó si la falta de linealidad de los equipos, es causa de la inexactitud que se ha observado a lo largo de varios meses, en algunos laboratorios participantes en el PECEL; sobre todo en sueros de concentraciones altas. Por tal motivo, Se presenta un método sencillo desarrollado para verificar la linealidad en los fotómetros.

Se hace aquí una breve revisión de los conceptos básicos de la fotometría por su relación con el trabajo,

¹ Profesores del Departamento de Bioquímica, ENCB-IPN; becarios de COFAA y del Programa de Estímulo al Desempeño Docente.

² Profesora del Departamento de Investigación y Asistencia Técnica, ENCB-IPN

Correspondencia a: Dr. en C. Sergio I. Alva-Estrada, Departamento de Bioquímica, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Prolongación de Carpio y Plan de Ayala, Colonia Santo Tomás, 11340 México, D.F.

y que serán utilizados para el análisis y discusión de resultados.

Las determinaciones fotométricas dependen de que la magnitud de la absorbancia (A) sea directamente proporcional a la concentración (C) del compuesto a medir, siendo necesario construir una curva tipo o curva de calibración, que presente gráficamente la relación existente entre ambos parámetros. Las concentraciones de los problemas se obtendrán por procedimientos que dependen del tipo de relación obtenida: **a)** si es lineal y parte de cero, se determinará el **factor de calibración química** (se le llama así para distinguirlo de la calibración instrumental), que es el inverso de la pendiente de la recta, que a su vez es una constante y se denomina absortividad; al multiplicar el factor por las absorbancias de los problemas se obtienen las concentraciones buscadas. **b)** Si es una recta que no parte de cero, entonces las concentraciones buscadas se calcularán por regresión lineal. **c)** Si la relación no es lineal, se deberán aplicar otros modelos matemáticos o en su defecto, interpolar en la gráfica correspondiente para obtener los resultados buscados.

Desafortunadamente, la comercialización de juegos de reactivos ya preparados ha propiciado una práctica mala de laboratorio, que es el uso del factor de calibración química (o cotangente), que proviene de un sólo patrón de concentración conocida en sustitución de las curvas de calibración, olvidando que esto sólo es válido cuando la relación entre absorbancia y concentración es una línea recta que parte de cero. Lo inconveniente de esta práctica es que se desconozca el tipo de relación geométrica y los límites de concentración o linealidad, en los que se cumple la ley de Beer. Adicionalmente se ignora el hecho de que estos límites pueden cambiar, dependiendo de las condiciones de transporte y conservación de los reactivos.

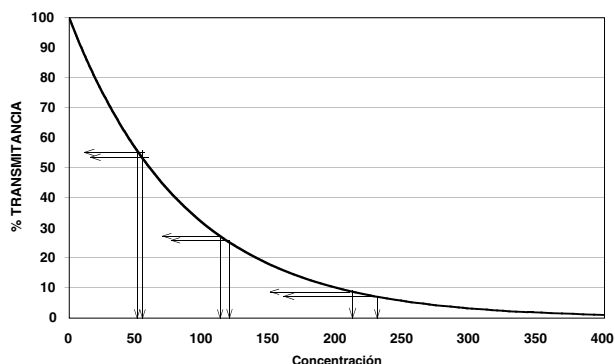
Lo que se mide físicamente en todo fotómetro es la intensidad de la luz transmitida (I_t), que se expresa en función de la luz incidente (I_o), en la relación I_t/I_o , que es lo que conocemos como transmitancia ($T = I_t/I_o$). La luz incidente puede considerarse como 1 ó 100, por lo que la T se multiplica por 100 para obtener el porcentaje de transmitancia (% T). Conviene recordar que ningún equipo mide la intensidad de luz absorbida (I_a), de manera que no debe confundirse con la absorbancia o absorbencia, que se calcula sacando el logaritmo del % T para lograr una relación lineal con la concentración, y se multiplica por -1 , para hacer que la pendiente sea positiva ($A = -\log T = -\log I_t/I_o$), nótese que el cálculo no incluye a la luz absorbida. Evidentemente que la luz transmitida resulta de restar

a la I_o , la I_a y otros componentes como la luz refractada (I_{rr}) y la reflejada (I_{rl}), mismos que pueden ser más importantes en celdas y equipos en mal estado y afectar las mediciones fotométricas ($I_t = I_o - (I_a + I_{rr} + I_{rl})$).

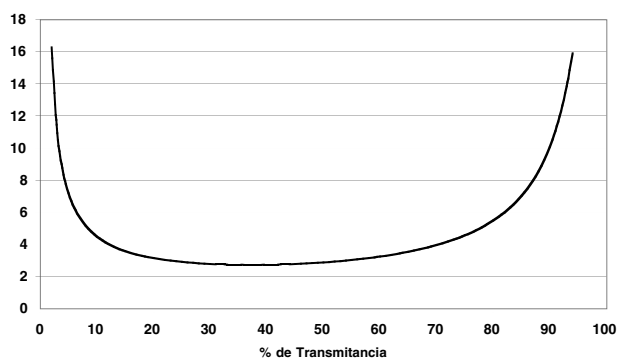
La relación logarítmica entre la concentración y la transmitancia (T), de acuerdo a la ley de Beer,⁽³⁾ se muestra en la gráfica 1, en la que se representa con flechas, la variación que se tendría en la concentración (% de error relativo), en diferentes zonas de la curva, al obtener una lectura errónea en 1% (error fotométrico de 1%). Rubinson⁽⁴⁾ señala que el % de error relativo es consecuencia de la relación logarítmica e independiente de la magnitud de la concentración del cromóforo, que estará presente en todo análisis fotométrico.

Twyman y Lothian⁽³⁾ señalan que a concentraciones bajas o altas, el error del análisis será muy grande, como se muestra en las gráficas 2 y 3, construidas bajo la consideración de que en cada lectura de transmitancia puede haber una incertidumbre o error fotométrico de 1%. Por ejemplo, si una lectura es 6.5% y se lee 6% ó 7%, se obtendrán dos concentraciones, que al restarse darán un **error absoluto (Δc)**, que si se expresa en función de la concentración real, nos dará el **error relativo ($\Delta c/c$)**, pudiendo expresarse como **porcentaje de error relativo**. Este aumenta hasta el infinito en las lecturas extremas de transmitancia o absorbencia.

Skoog-Learry⁽⁵⁾ explican que el comportamiento del error, antes señalado se debe al tipo de respuesta aleatoria o ruido instrumental, que caracteriza la



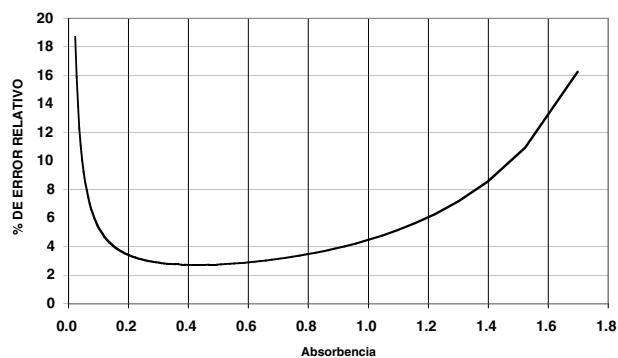
Gráfica 1. Relación entre la concentración y la transmitancia. Las flechas horizontales señalan lecturas de transmitancia en un intervalo de 1% (error fotométrico) y las verticales las concentraciones correspondientes.



Gráfica 2. Error relativo, dependiente de la relación logarítmica entre la transmitancia y la concentración (error fotométrico = 1%).

respuesta de los detectores en los equipos, y afecta la precisión de la lectura. Los fotómetros más baratos, tienen detectores cuya zona de respuesta con error mínimo, es estrecha; mientras que los mejores aparatos presentan ruido diferente y proporcionan una zona de trabajo más amplia, con un error relativo menor.

Al analizar las gráficas 1 y 2, surgen otras observaciones importantes: **a)** el error relativo tiene un valor mínimo de 2.72% a una absorbencia de 0.434 ó 37% de T, en el punto de inflexión de las gráficas; **b)** hay una zona de error mínimo, entre 20% y 60% de T, ó 0.2 y 0.7 de A, que puede extenderse todavía con un error aceptable, entre 10% y 80% de T, ó 0.1 y 1.0 de A. Cabe señalar que en toda la literatura relacionada, se hace hincapié en la conveniencia de



Gráfica 3. Error relativo, dependiente de la relación logarítmica entre la transmitancia y la concentración (error fotométrico = 1%).

trabajar en estas regiones de error relativo mínimo (3, 4, 5, 6 y 7).

Ringbom en 1939⁽³⁾ analizó la relación entre la concentración y su interacción con la luz y restó el %T de lo (100%), que sería equivalente a la luz absorbida considerando ausentes a la luz refractada y la reflejada; al resultado le denominó porcentaje de absorbencia o absorbancia, que igualmente tiene una relación logarítmica con la concentración pero con pendiente positiva. Al representar en una gráfica la absorbancia en las ordenadas y el logaritmo de la concentración, en las abscisas se obtiene una curva sigmoide. El procedimiento propuesto por Ringbom permite: **a)** identificar fácilmente el intervalo de concentraciones donde el error relativo es mínimo, al trazar una recta tangente en la parte central de la sigmoide y **b)** evaluar el porcentaje de error relativo del análisis (%Er) en cualquier concentración o intervalo. Esto último se logra al utilizar la fórmula $\%Er = 100 \Delta c / c / 1\% \Delta T$ ó transformada en su forma más útil $\%Er = 230 / \Delta T / \Delta \log(c)$, donde $\Delta T / \Delta \log(c)$ es la pendiente de la recta tangente trazada en cualquier región de la sigmoide.

Es importante tener en cuenta, que la exactitud de las mediciones fotométricas depende también de otros factores como: la exactitud de la escala de longitud de onda, la linealidad de la respuesta del detector, la exactitud al hacer la lectura de absorbencia, la magnitud de la radiación dispersa y el ancho de banda efectivo. Por otra parte, la precisión depende de la respuesta aleatoria del detector utilizado por el tipo de ruido instrumental que lo caracterice.

Material y Métodos

Se buscó la concentración necesaria de dicromato de potasio disuelto en agua para obtener una absorbencia de 2.0 aproximadamente, al leerse a 500 nm, usando agua como blanco en diferentes espectrofotómetros, previamente verificados en su calibración de la longitud de onda y sensibilidad, como se describió anteriormente.⁽¹⁾ La concentración resultante fue de 530 mg/dL y una vez preparada la solución, se diseñaron las diluciones apropiadas para tener concentraciones equidistantes que abarcaran toda la escala de absorbencia. Estas se prepararon mezclando 0.3, 0.5, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10 mL de la solución con la cantidad de agua necesaria para completar 10 mL, cuyas concentraciones son 15.9, 26.5, 53, 106, 159, 212, 265, 318, 371, 424, 477 y 530 mg/dL, respectivamente.

Las soluciones se leyeron en 30 espectrofotómetros de diferentes marcas y laboratorios, a una longitud de

onda de 500 nm y ajustando a cero con agua destilada.

En cada caso se construyó la curva tipo correspondiente, colocando la absorbencia en el eje de las ordenadas y la **concentración del dicromato** en el eje de las abscisas. En la misma gráfica se incluyó la "línea ideal" con las absorbencias calculadas, que se obtienen dividiendo la absorbencia de la solución sin diluir, entre el factor de dilución correspondiente.

Con la solución de 106 mg/dL y su absorbencia, se calculó un **factor de calibración**, que al multiplicarse por la lectura de cada dilución nos proporcionó su concentración observada o práctica. Se escogió esa concentración, porque su lectura fue la más cercana al punto de menor error fotométrico de la escala, de acuerdo a lo señalado en la introducción.

Comparando las concentraciones reales con las prácticas, se calculó, para cada uno de los puntos, la inexactitud o porcentaje de error o **porcentaje de error relativo**, que también se presentó de manera gráfica.

Los resultados también se analizaron con el método de Ringbom y se calculó el porcentaje de error

relativo, para compararlo con el obtenido con el método propuesto.

Para evaluar la magnitud en que afectaría la falta de linealidad de los fotómetros a las determinaciones clínicas, se eligió la medición de la glucosa, por ser la prueba más frecuente en los laboratorios clínicos. Se realizaron curvas de calibración para la determinación de dicha prueba, utilizando la técnica de la glucosa oxidasa con reactivos de la marca comercial **Delta**, midiéndose las absorbencias en diferentes fotómetros. Los resultados obtenidos fueron analizados con el método descrito en este trabajo y con el de Ringbom.

Para sopesar la magnitud en que los problemas de linealidad de los fotómetros, afecta la calidad analítica de los participantes en el PECEL, se les solicitó que informaran el equipo que usan en la mayoría de las pruebas fotométricas, la marca, el modelo, si es manual o automatizado, si verifican la linealidad periódicamente y la manera en que lo efectúan.

Resultados

En la tabla 1 se presenta un ejemplo de la manera en que se reunieron para su análisis los resultados de cada instrumento evaluado, para la verificación de la linealidad con la solución de dicromato. Los datos de glucosa se analizaron de manera similar.

Tabla 1. Resultados de la verificación de la linealidad del equipo Perkin Elmer AT.

K ₂ Cr ₂ O ₇ 530 mg/dl (ml)	H ₂ O (ml)	Factor de dilución	K ₂ Cr ₂ O ₇ mg/dl Conc.real	Absorbencia calculada, a 500 nm	Absorbencia obtenida a 500 nm	K ₂ Cr ₂ O ₇ mg/dl Conc. obtenida ¹	% error relativo ²
0.3	9.7	33.3	15.9	0.060	0.048	13.6	-14.7
0.5	9.5	20.0	26.5	0.100	0.103	26.8	1.23
1.0	9.0	10.0	53.0	0.200	0.196	51.0	-3.69
2.0	8.0	5.0	106.0	0.400	0.407	106.0	0.00
3.0	7.0	3.3	159.0	0.600	0.620	161.5	1.56
4.0	6.0	2.5	212.0	0.800	0.838	218.3	2.95
5.0	5.0	2.0	265.0	1.000	1.046	272.4	2.80
6.0	4.0	1.7	318.0	1.200	1.264	329.2	3.52
7.0	3.0	1.4	371.0	1.400	1.467	382.1	2.98
8.0	2.0	1.3	424.0	1.600	1.665	433.6	2.27
9.0	1.0	1.1	477.0	1.800	1.857	483.6	1.39
10.0	0.0	1.0	530.0	2.000	2.030	528.7	-0.25

¹ Se obtuvieron multiplicando las absorbencias obtenidas por el factor calculado con la dilución de 106 mg/dl y su absorbencia.

² Se calculó con la fórmula:

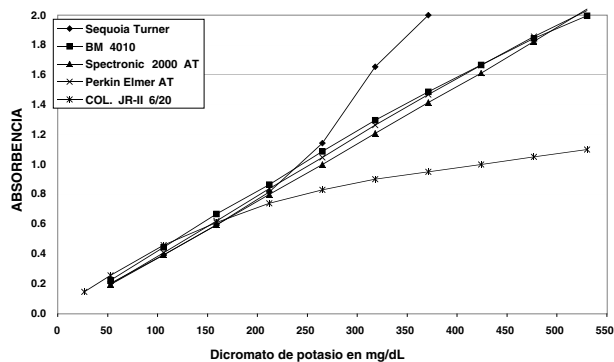
$$\% \text{error relativo} = (\text{Conc. obtenida} - \text{Conc. real}) \times 100 / \text{Conc. real}$$

Tabla 2. Comparación del porcentaje de error relativo de diferentes fotómetros, con el método propuesto en este trabajo y con el de Ringbom.

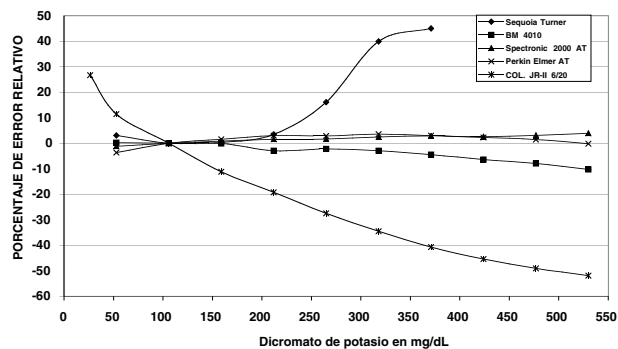
Fotómetro	%Error relativo con el método propuesto		%Error relativo con el método de Ringbom	
	mínimo	máximo	mínimo	máximo
Sequoia Turner	0	45	2.97	12.6
BM 4010	0	-10.3	2.87	25.0
Spectronic 2000AT	0	3.8	2.86	17.8
Perkin Elmer AT	0	3.5	2.77	23.0
Col.JR-II 6/20	0	-52	3.51	10.9

Tabla 3. Tipo de fotómetros utilizados por los laboratorios y verificación de su linealidad

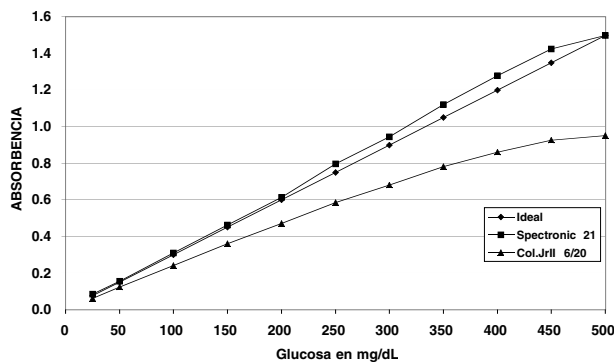
	No. de laboratorios	Porcentaje
Total	293	100
Con equipo manual	114	39
Con equipo automatizado	179	61
No verifican el fotómetro	155	53
Sí lo verifican	84	29
No contestaron	54	18



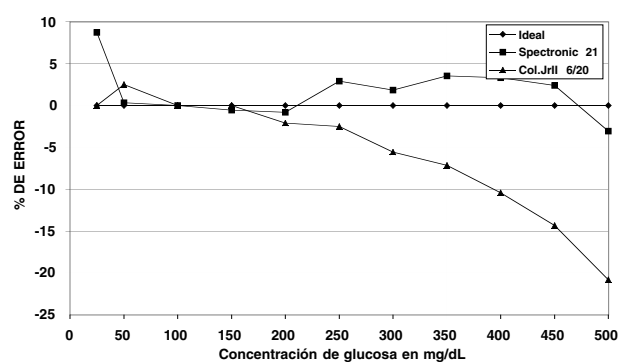
Gráfica 4. Linealidad de algunos fotómetros.



Gráfica 5. Error relativo, debido a la linealidad de diferentes fotómetros.



Gráfica 6. Curva tipo de la medición de glucosa, en dos fotómetros.



Gráfica 7. Error relativo de la medición de glucosa en dos fotómetros.

Tabla 4. Tipo de verificación de la linealidad fotométrica, por los laboratorios participantes.

Procedimiento que señalaron los participantes	No.
Curva de calibración	8
Calibración del método de análisis con controles altos, medios o bajos; con multicalibradores o con muestras de pacientes	64
No queda claro el procedimiento	27
Dicen que sí lo hacen pero no como	7
No saben cómo y solicitan información	5
Lo hace el técnico de la casa comercial	3
Dicen hacer mantenimiento periódico	2
Determinan la λ máxima con CoCl_2	2

En la gráfica 4 se presenta un ejemplo de la linealidad observada en 5 fotómetros con la solución de dicromato de potasio y en la gráfica 5 se presenta el porcentaje de error relativo de los mismos instrumentos. De manera análoga, en las gráficas 6 y 7 se presenta la linealidad y el porcentaje de error relativo, para la medición de glucosa.

En la tabla 2 se presentan algunos ejemplos de los más representativos, para comparar el porcentaje de

error relativo de diferentes fotómetros, con el método propuesto en este trabajo y con el de Ringbom. Para los datos del método que se propone, el % de error relativo es cero en todos los casos debido a que se tomó como referencia uno de los puntos de la misma curva tipo; el % de error máximo fue el alcanzado sin considerar la concentración, pero en la mayoría de los casos fue el de mayor concentración. Los valores del método de Ringbom corresponden a los calculados para la parte central de la sigmoide, que es donde el error es mínimo y los más altos corresponden al extremo de mayor concentración.

En la tabla 3 se expone un resumen de los resultados que informaron los participantes, con relación al tipo de fotómetro que utilizan y lo que respondieron acerca de si verifican o no su linealidad y en la tabla 4 se muestra la manera en que dicen realizarlo.

En la tabla 5 se observa el porcentaje de error máximo encontrado con el método propuesto, para los instrumentos estudiados, pertenecientes a diferentes laboratorios.

Discusión

En la tabla 1 se puede apreciar que con el método propuesto para la verificación de la linealidad fotométrica, los procedimientos analítico y matemático son muy sencillos. Se aprecia también que el error

Tabla 5. Error en la linealidad fotométrica de los diferentes fotómetros estudiados, en la concentración de 530 mg/dl.

INSTRUMENTO	% DE ERROR	INSTRUMENTO	% DE ERROR
BM 4010	-6.3	Leitz	-17.0
BM 4010	-5.6	Leitz	-13.9
BM 4010	-10.3	Leitz	-23.0
Coleman JR II 6/8	-47.0	Milton Roy 20 D	-9.5
Coleman JR II 6/20	-52.0	Perkin Elmer Col55	+3.5
Coleman JR II 6/20	-50.0	Spectronic 20 Gen	-2.7
Coleman JR II 6/20	-44.0	Spectronic 20 Gen	-3.5
Coleman JR II 6/20	-42.0	Spectronic 20 Gen	-3.2
Coleman 35	-27.0	Spectronic 20 Gen	-2.8
Gilford	-4.6	Spectronic 20 Gen	-2.5
Gilford	-3.8	Spectronic 20 Gen	-3.3
Gilford	-4.2	Spectronic 21	-9.8
Leitz	-9.2	Spectronic 2000	+3.8
Leitz	-16.2	Sequoia Turner	+45.0
Leitz	-13.2	Sequoia Turner	+38.0

relativo sólo fue grande en el extremo de muy baja concentración, a pesar de que se abarca toda la escala de lectura del instrumento. Quizá este comportamiento se deba a que actualmente se dispone de instrumentos con mejor calidad en su respuesta y con un error fotométrico inferior al 1%, como el utilizado para la construcción de las gráficas 2 y 3. En equipos con linealidad menos satisfactoria como el Coleman Jr-II 6/20, el error relativo aumentó considerablemente en ambos extremos (gráfica 5).

En la tabla 2 se observa que para el método descrito, el % de error relativo va desde cero (por considerar a uno de los propios puntos como referencia), hasta -52% en el caso del Coleman JR-II 6/20. En cambio los valores obtenidos con el método de Ringbom van de 2.77% a 25%; el primer valor casi coincide con el error mínimo de 2.72% que depende de la propiedad logarítmica de la ley de Beer. Los porcentajes de error más altos, obtenidos con el método de Ringbom, sugieren que la linealidad es mejor en el Coleman JR-II 6/20 y peor en el BM4010; sin embargo, esto es contrario a lo observado en la gráfica 4, donde se aprecia que mientras que el Coleman pierde la linealidad después de 0.6 de A, el BM4010 la conserva casi hasta 2.0 de A. En cambio, los porcentajes de error que se obtienen con el método propuesto en este trabajo, son congruentes con el comportamiento señalado, es decir que tienen más error los equipos con menor linealidad y viceversa.

De la gráfica 4, resalta el comportamiento de los fotómetros Coleman y Sequoia, ya que ambos se desvían notoriamente de la ley de Beer, aunque en sentidos opuestos. Este comportamiento anómalo puede ser debido a múltiples factores como la presencia de luz espúrea o extraña, detectores agotados, polvo, lámpara agotada y otros. En contraste, el comportamiento de los otros 3 equipos es muy satisfactorio, ya que tienen una linealidad excelente casi hasta 2.0 de A, lo cual refleja las buenas condiciones de operación y de la calidad de los instrumentos. Todo lo antes señalado, se aprecia también en la gráfica 5, que adicionalmente permite evaluar la magnitud del error relativo a diferentes concentraciones.

Como era de esperarse, el comportamiento de los instrumentos fue el mismo en la curva de calibración de la glucosa (gráficas 6 y 7), con la única diferencia de que el error no llegó a ser tan grande por la sencilla razón de que no se cubrió toda la escala de absorbencia, aún así llegó a límites alarmantes. Evidentemente que cuando se analizan sueros de niveles de concentración elevados, la falta de linealidad, incidirá directamente sobre la calidad, tanto

en el control de calidad interno como en el externo y lo que es más importante: en los análisis de muestras de pacientes. Por ejemplo, el error de -15%, observado en el equipo Coleman, para una concentración de glucosa de 450 mg/dL, es únicamente debido al funcionamiento inadecuado del instrumento y que al mismo se suma el debido a otras fuentes de variación.

De los resultados de 30 fotómetros (tabla 5), obtenidos con el método propuesto, llaman la atención los porcentajes de error de los equipos Coleman y Sequoia Turner, que presentan desviaciones negativas y positivas muy grandes, respectivamente. Considerando que el comportamiento con dicromato y de la medición de glucosa son semejantes, es posible suponer que en otras mediciones de interés clínico también se presenten las desviaciones observadas, con igual magnitud y dirección, mismas que podrían evitarse si los equipos se reparan o substituyen.

En la tabla 3 puede verse que de los 293 laboratorios que respondieron al cuestionario, 39% utiliza fotómetros manuales y 61% automatizados. Evidentemente que los problemas de linealidad pueden presentarse en ambos, y que la información de esta tabla es útil para todos. Puede notarse que sólo 29% señaló que sí verifica la linealidad, mientras que el 71% restante, no lo hace o no contestó. En consecuencia, es posible que su calidad analítica esté siendo afectada por esta razón.

Acerca de la manera en que los laboratorios indicaron que verifican la linealidad (tabla 4), sólo 8 señalan hacerlo con curvas de calibración, que es el procedimiento recomendado; otros 5 señalan claramente que no saben como hacerlo y los demás proporcionan información que sugiere que no lo hacen, ni saben como hacerlo, o señalan que es responsabilidad del técnico o de la casa comercial; por ejemplo 64 participantes confunden la calibración de cada técnica química, con la del instrumento o dicen hacerlo a través del uso de controles.

Conclusiones

El método propuesto para la verificación de la linealidad de los fotómetros manuales es sencillo, está al alcance de todos los laboratorios y del personal, además, tiene ventajas sobre el de Ringbom, porque el error calculado es congruente con el comportamiento de las curvas de calibración.

Actualmente se tienen fotómetros con mejores detectores, que por tener un error relativo más pequeño, permiten medir en un intervalo de

absorbencias más amplio, que el sugerido por Twyman y Lothian, sin embargo debe determinarse su magnitud para cada equipo, pudiendo utilizar para ello el método aquí sugerido.

Los resultados de este trabajo permiten suponer que la inexactitud observada en algunos laboratorios, se debe en buena parte a la utilización de fotómetros con problemas de linealidad y a la falta de verificación de la misma.

Referencias

1. Frings CS, Broussard LA: Calibration and monitoring of spectrometers and spectrophotometers, Clin Chem 1979; 25:1013-17.
2. Alva-Estrada SI, Benito-Mercade MC, Cabañas-Cortés EM, Pizano-Romo F: Programa de evaluación de la calidad entre laboratorios. I. Diagnóstico del funcionamiento de fotómetros, Lab-acta 1991; 3:17-9.
3. Absorción y emisión de energía radiante. En: Ayres GH: Análisis químico cuantitativo, 2a. Ed, Harla, S.A. de C.V., México, 1970; 478-91.
4. Introduction to spectrometry. En: Rubinson J, Rubinson K: contemporary chemical analysis, Prentice-Hall, Inc, New Jersey, 1998; 333-4.
5. Introducción a la espectroscopía de absorción molecular. En: Skoog DA, Leary D: Análisis instrumental, 4a. Ed, McGraw-Hill, México, 1994; 149-60.
6. Molecular spectrometry. En: Principles and practice of analytical chemistry, 3a Ed, Blackie and Son Ltd, London, 1990; 327-403.
7. La absorción de la radiación: ultravioleta y visible. En: Ewing GW, Métodos instrumentales de análisis químicos, 5a Ed, McGraw-Hill, México, 1978; 48-100.

notiLab

Síndrome de las plaquetas pegajosas

Es un trastorno autosómico dominante de las plaquetas asociado a eventos de trombolismo arterial y venoso. Se caracteriza por la hiperagregabilidad de las plaquetas en el plasma rico en plaquetas con difosfato de adenosina (ADP) y epinefrina (tipo I), epinefrina únicamente (tipo II), o ADP solamente (tipo III). Clínicamente, los pacientes pueden presentar **angina de pecho, infarto agudo del miocardio, isquemia cerebral transitoria, embolia, trombosis de la retina, trombosis arterial periférica y trombosis venosa**. Estos eventos con frecuencia ocurren bajo terapéutica anticoagulante oral. Los síntomas, particularmente los arteriales, con frecuencia se presentan después de estrés emocional. La combinación del síndrome de las plaquetas pegajosas con otros defectos trombofílicos congénitos se ha descrito.

El tratamiento con bajas dosis de aspirina (80 a 100 mg) mejora los síntomas y normaliza la hiperagregabilidad. La etiología precisa del defecto aún es desconocida, pero los receptores de la superficie plaquetaria pueden estar involucrados. La normalidad de los niveles en el plasma del factor plaquetario 4 y de la trombomodulina sugieren que las plaquetas no están activadas en todo momento y que aparentemente se hiperactivan cuando se libera ADP o adrenalina. La aglomeración in vivo de las plaquetas puede, temporal o permanentemente, ocluir el vaso produciendo las manifestaciones clínicas aludidas. **El síndrome es aparentemente importante en los pacientes afectados de oclusiones vasculares inexplicables.**

Mammen EF STICKY PLATELET SYNDROME. *Seminars in Thrombosis and Hemostasis*. 1999. 25: 361-365.

En: Clínica y Laboratorio. Vol. 18, No. 2, 2000.