



EDUCACIÓN QUÍMICA PARA UN FUTURO SOSTENIBLE

Modelo educativo teórico-práctico: “El consumo de tabaco”

Rebeca Córdova-Moreno*, Consuelo Moreno-Bonett, Rosa Zugazagoitia-Hérranz, Francisco López-Naranjo y Cristina Sánchez-Martínez

Departamento de Sistemas Biológicos, Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, México, D.F., México

Recibido el 21 de mayo de 2014; aceptado el 21 de septiembre de 2014

PALABRAS CLAVE

Tabaquismo;
Humo de tabaco
ambiental;
Biomarcadores;
Tiocianato;
Fumadores pasivos;
Fumadores activos;
Enseñanza-
aprendizaje;
Modelo educativo

Resumen El tabaquismo, un problema de salud considerado factor de riesgo que predispone al desarrollo de enfermedades derivadas o asociadas con el consumo crónico de tabaco, entre ellas cardiovasculares, pulmonares y cáncer, se presenta aquí como una propuesta de modelo educativo en la adquisición de conocimientos y habilidades de los alumnos del séptimo módulo de la licenciatura en Química Farmacéutica Biológica de la UAM-X, en su proceso de enseñanza-aprendizaje. Nuestra experiencia fue satisfactoria, ya que este modelo resultó idóneo para la revisión de los contenidos teóricos relacionados con los aspectos sociosanitarios, socioeconómicos y epidemiológicos, así como en los farmacológicos y toxicológicos, además de otros no menos importantes como las regulaciones y normas derivadas de la Ley General de Salud, enfocada a la prevención del consumo y venta de tabaco. Respecto a las habilidades prácticas, se logró adaptar una técnica de análisis químico, como fue en este caso, la determinación del ion tiocianato, uno de los biomarcadores que se utilizan como indicadores del grado de exposición al humo de tabaco ambiental de fumadores activos y pasivos.

Derechos Reservados © 2015 Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Química. Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons CC BY-NC-ND 4.0.

KEYWORDS

Smoking;
Environmental
tobacco smoke;
Biomarkers;
Thiocyanate;
Passive smokers;
Active smokers;
Teaching-learning;
Educational model

Theoretical-practical educative model: “smoking”

Abstract Smoking, a problem of health considered as a risk factor that predisposes to the development of diseases arising of or associated with chronic consumption of tobacco, including cardiovascular, pulmonary and cancer, is presented here as an educational model proposed in the acquisition of knowledge and skills of students in the seventh module of the degree of the career of Pharmaceutical-Biological Chemist (QFB), UAM-X, in teaching-learning process. Our experience was satisfactory since this model was suitable for review the theoretical contents related to health aspects, socioeconomic and epidemiological as well as pharmacological and toxicological and other equally important such as, regulations and norms derived from the General Law aimed at preventing the use and sale of tobacco. Regarding the practical skills, it

*Autor para correspondencia.

Correo electrónico: rcordova@correo.xoc.uam.mx (R. Córdova-Moreno).

succeeded in adapting a technique of chemical analysis, as in this case, the determination of thiocyanate ion, one of the biomarkers used as indicators of the degree of exposure to environmental tobacco smoke (ETS) of active and passive smokers.

All Rights Reserved © 2015 Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Química. This is an open access item distributed under the Creative Commons CC License BY-NC-ND 4.0.

Introducción

La Universidad Autónoma Metropolitana, unidad Xochimilco (UAM-X) planteó en su proyecto innovador, entre otros aspectos, que el aprendizaje surja de la participación de los estudiantes en la transformación de la realidad; esto lleva implícito abordar simultáneamente la adquisición de conocimientos y su aplicación a una realidad concreta (Arbesu, 1996). Es un proyecto con un enfoque esencialmente teórico deductivo; el proceso de enseñanza-aprendizaje en este modelo contempla también el componente empírico deductivo, que permite un doble reforzamiento entre la realidad y la teoría, consiguiendo que los cambios científicos y tecnológicos puedan abordarse de manera que permitan interactuar con la realidad para generar conocimiento, contestar preguntas y resolver problemas (Monroy, 2007).

El modelo educativo de la UAM-X plantea un cambio en la actitud del alumno y el docente, que involucra una forma activa y altamente participativa. Para llevar a cabo el proceso de enseñanza-aprendizaje, se requiere una adecuada planeación de la forma de trabajo; la distribución de actividades y la cantidad de personas involucradas en el proceso permitirán optimizar los recursos y hacer más eficiente el aprendizaje.

En el sistema modular de la UAM-X, el módulo es la unidad de enseñanza-aprendizaje donde se trabaja en un trimestre en forma teórica práctica en torno a modelos como eje integrador del conocimiento; los alumnos llevan a cabo una investigación como eje primordial de la actividad de un módulo, con base en problemas de la realidad del campo profesional, denominados objetos de transformación, que deben ser vigentes, pertinentes y relevantes dentro del campo de estudio de la carrera (Villarreal, 1974).

El plan de estudio de la licenciatura en Química Farmacéutica Biológica (QFB) tiene previstos 12 trimestres de tiempo normal para que sean cubiertos en forma regular los créditos que la integran (Plan de estudios en QFB, 2006). En el módulo “Los fármacos como modificadores de funciones biológicas” (séptimo módulo de la licenciatura en QFB 2010), el objeto de transformación consiste en “la comprensión del efecto de los fármacos como modificadores de funciones biológicas”; es el proceso de enseñanza-aprendizaje que permite al estudiante involucrarse en el conocimiento de la interacción fármaco-organismo desde diferentes aspectos, tales como los anatómicos, fisiológicos, farmacológicos, toxicológicos y bioquímicos, entre otros, lo que culmina en la evaluación farmacológica y toxicológica de fármacos, problema eje de este módulo.

El objetivo general de este módulo establece que “el alumno construya, integre y analice la relación entre la fisiopatología y las respuestas farmacológicas de los principios activos de origen natural y sintético, así como de los productos naturales utilizados en la terapéutica”. Para alcanzar este objetivo, el desarrollo de modelos teórico-prác-

ticos con valor educativo ha resultado ser una estrategia muy útil que permite al alumno involucrarse simultáneamente en el aprendizaje y la investigación a través de un problema eje.

Justificación

En este trabajo se presenta el desarrollo de un modelo teórico práctico que permite que los estudiantes se relacionen e interesen con problemas reales y puedan complementar la teoría con la práctica; se eligió como modelo el tabaquismo por su importancia como un problema mundial de salud; en México constituye uno de los principales factores que se relacionan con el cáncer de pulmón, un tipo de cáncer que arroja un alto índice de morbimortalidad en nuestro país (Ayesta, 2014). Según la definición de la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2013), se considera al tabaquismo “una enfermedad adictiva crónica que evoluciona con recaídas”; el hábito de fumar representa un grave problema de salud pública que puede causar enfermedad y muerte prematura tanto a los consumidores habituales (fumador activo) como a los que no consumen pero están expuestos (fumador pasivo) al humo de tabaco ambiental (HTA) (Peruga, 2007; OMS, 2009). En el humo del tabaco se encuentran agentes tóxicos como nicotina, monóxido de carbono, alquitranes, monóxido de nitrógeno; otra sustancia química derivada del metabolismo de los componentes del tabaco es el ion tiocianato, que tiene efectos perjudiciales propios, pues produce alteración en el metabolismo del yodo en la glándula tiroidea (González, 1992). Debido a su lenta eliminación de los fluidos biológicos (sangre, saliva y orina) y su larga vida media (hasta 15 días) (Pérez et al., 1989), el ion tiocianato se puede utilizar como indicador para medir el grado de exposición real al humo del tabaco.

Objetivo

El objetivo de este trabajo es dar a conocer una experiencia educativa en la enseñanza de conocimientos que requieren la aplicación de la teoría y la práctica en la realización de trabajos de investigación llevados a cabo por alumnos del séptimo trimestre de la carrera de QFB en la UAM-X.

Metodología

Para facilitar el aprendizaje de los alumnos en este problema, el trabajo se dividió en etapas.

Aspecto educativo

- Formación de los diferentes equipos de trabajo en la primera semana del trimestre. Para esto, los alumnos se presentaron, todos y cada uno, frente al grupo y se les pidió que fueran ellos los que seleccionaran a los integrantes de sus respectivos equipos.
- El tema de investigación se seleccionó en función del interés de los estudiantes por este problema de salud, después de haber revisado la primera unidad de los contenidos teóricos que forman parte del séptimo módulo “Los fármacos como modificadores de funciones biológicas”, referente a Salud y Enfermedad.
- A partir de la tercera y hasta la décima semana del trimestre (constituido por 11 semanas en total), se programaron semanalmente sesiones teóricas de aproximadamente 1 h para discutir en grupo los contenidos teóricos relacionados con este modelo educativo teórico-práctico, considerando para ello los subtemas investigados y seleccionados tanto por los estudiantes como por el docente.

Cabe aclarar que estas sesiones son complementarias a otros contenidos teóricos básicos de Farmacología que deben ser revisados de acuerdo al plan de estudios vigente para el séptimo módulo, en particular “Los fármacos como modificadores de funciones biológicas”. A grandes rasgos, estos contenidos básicos se relacionan con Farmacocinética, Farmacodinamia y Farmacometría, entre algunas de las principales áreas relacionadas con el campo de conocimiento de la ciencia de la Farmacología y también de algunos contenidos de Anatomía y Fisiología del cuerpo humano.

Se programaron también tres presentaciones orales en PowerPoint para verificar el grado de avance en el desarrollo teórico y experimental del modelo educativo, más una presentación preliminar, en la cual se pidió a los estudiantes incluir el planteamiento del problema de salud seleccionado y la justificación de la necesidad de realizar este estudio y los objetivos que alcanzar.

En estas presentaciones, se indicó a los alumnos un tiempo máximo de exposición de 15 min, más 5 min de preguntas tanto de los docentes como del resto del grupo.

Para evaluar el desempeño de cada alumno ponente, se asignó un comité de evaluación formado por 4 estudiantes seleccionados al azar justo antes de cada sesión de presentaciones, más el docente responsable de conducir la sesión.

Las funciones de este comité consistieron en medir el tiempo de exposición y el de preguntas, coordinar las participaciones, comentar en forma constructiva la presentación oral y asignar una calificación promedio para evaluar la participación del ponente.

Desarrollo de habilidades

- Revisión bibliográfica de antecedentes alrededor del tabaquismo como un problema de salud y de contaminación ambiental. Los alumnos, a través de la bibliografía adecuada, llevaron a cabo la búsqueda de información relacionada con aspectos epidemiológicos, etiológicos, sociosanitarios, socioeconómicos y de regulación y normativa sanitaria (OMS, 2011; Instituto Nacional de Salud Pública, 2010).

- Selección y elaboración de la técnica experimental. Para el desarrollo de la parte experimental, los alumnos investigaron los métodos o técnicas experimentales para determinar algún marcador biológico que en forma cuantitativa sea capaz de determinar el grado de exposición de fumadores pasivos, expuestos al HTA, de un fumador activo (OMS, 2009). Cabe aclarar que, para esta búsqueda de información, los alumnos utilizaron toda clase de referencias bibliográficas, incluidas las de tipo electrónico, de las cuales obtuvieron el fundamento teórico para determinar el ion tiocianato (Fajardo, 2004).

Fundamento teórico de la técnica para la determinación de ion tiocianato

El hierro (III) reacciona con ion tiocianato y da lugar a una serie de complejos de color rojo muy intenso. El hierro (II) no reacciona.

- a) Dependiendo de la concentración de tiocianato, se obtienen los siguientes complejos: $[\text{Fe}(\text{SCN})_n]^{3-n}$, donde $n = 1, \dots, 6$.
- b) A bajas concentraciones de tiocianato, la especie dominante es $[\text{Fe}(\text{SCN})]^{2+}$; a concentraciones intermedias, $[\text{Fe}(\text{SCN})_2]^+$ y a concentraciones elevadas, $[\text{Fe}(\text{SCN})_6]^{3-}$.
- c) Si la concentración de $[\text{Fe}^{3+}] \gg [\text{SCN}^-]$, únicamente se formará el complejo $[\text{Fe}(\text{SCN})]^{2+}$ y la formación de otros complejos se puede excluir; en estas condiciones, todos los iones tiocianato deben estar coordinados a Fe^{3+} , formando el complejo $[\text{Fe}(\text{SCN})]^{2+}$, por lo que se puede asumir que la concentración de tiocianato de una muestra debe ser la misma que la del complejo $[\text{Fe}(\text{SCN})]^{2+}$, que puede medirse con luz visible ($\lambda_{\text{máx}} = 447 \text{ nm}$) al presentar un color rojo intenso.
- d) La reacción se lleva a cabo en medio moderadamente ácido (clorhídrico o nítrico, 0.05 mol/l – 0.50 mol/l) para impedir la hidrólisis del catión.
- e) $\text{Fe}^{3+} + 3 \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{Fe}(\text{OH})_3 + \text{H}^+$.
- f) Mediante este método, se puede determinar la cantidad de tiocianato presente en diferentes muestras. El ion tiocianato está presente en la sangre y especialmente en la saliva como resultado de la desintoxicación de cianuros y tiosulfatos en el hígado.
- g) La concentración de este ion en la saliva de cada persona depende principalmente de su exposición al humo de tabaco y, en menor medida, de la dieta (algunos alimentos, como los frutos secos, incrementan la concentración de este ion).
- h) De manera que determinar la concentración de este ion en la saliva o la orina es un método utilizado para medir la exposición al tabaco o el tabaquismo de cada persona, ya que los no fumadores muestran concentraciones de tiocianato en la saliva entre 0.5 y 2.0 mmol/l, mientras que algunos fumadores pueden tener concentraciones $> 6.0 \text{ mmol/l}$ (Fajardo et al., 2004).

Desarrollo experimental de la técnica

De la revisión bibliográfica realizada, los alumnos adaptaron una técnica (Fiorenza et al., 2007) para la determinación de ion tiocianato en orina como muestra biológica, ya que con-

sideraron que era más fácil de recolectar por los propios sujetos de estudio seleccionados, y además encontraron en la literatura que el tiocianato se elimina por vía renal, con una vida media de 3 días (Remington, 2003).

Sujetos de estudio

Los alumnos seleccionaron a estudiantes de la licenciatura de QFB de la UAM-X que cursaban diferentes trimestres de dicha licenciatura, por lo que el grupo de estudio quedó conformado por jóvenes de ambos sexos de 18-26 años.

Grupos de estudio

Seleccionada la muestra poblacional de estudio, los alumnos los clasificaron en cuatro grupos: fumadores activos (FA) de sexo masculino, fumadoras activas (FA), de sexo femenino, fumadores pasivos (FP) de sexo masculino y fumadoras pasivas (FP), de sexo femenino, cada uno de 3 individuos para un total de 12 sujetos de estudio.

Reactivos

Una vez consultada la lista de reactivos necesarios, los alumnos comenzaron a desarrollar la técnica para determinación de ion tiocianato en muestras de orina, obtenidas de los cuatro grupos de estudio, para la realización de su investigación modular.

Técnica

Antes de iniciar esta experiencia, los alumnos realizaron previamente los cálculos normalmente utilizados en análisis volumétrico (Skoog et al., 2004; Christian, 2009) para la elaboración de sus curvas de calibración (patrón) y para preparar soluciones de concentraciones de ion tiocianato conocidas.

Desarrollo curva patrón

1. Se midieron diferentes alícuotas de la solución patrón de NH_4SCN y se transfirieron a matraces volumétricos de 50 ml.
2. Se llevó al volumen final con agua destilada cada una de las soluciones en medio ligeramente ácido (con solución de ácido clorhídrico, 0.05 mol/l). De esta manera, se obtuvo una serie de soluciones diluidas de concentraciones conocidas.

Posteriormente, los alumnos hicieron el tratamiento de las soluciones, para el desarrollo de color y registro de las lecturas de absorbancia, como se describe a continuación.

Desarrollo de color y medición de absorbancia

1. Se agregaron 5 ml de cloruro férrico (FeCl_3) a todas las soluciones de concentración conocida para la elaboración de la curva patrón de tiocianato.

2. Una vez homogeneizadas las soluciones, se midieron las absorbancias en un espectrofotómetro Bausch & Lomb, modelo Spectronic 20, a la longitud de onda (λ) de 447 nm (gama de luz visible), a la cual se detecta el complejo formado ($[\text{Fe}(\text{SCN})]^{2+}$) de ion tiocianato que predomina en la solución y se identifica visualmente por su intenso color rojo.

Para el análisis cuantitativo del ion tiocianato, los alumnos solicitaron a los sujetos de estudio recolectar sus propias muestras de orina (la primera del día), para lo cual proporcionaron recipientes adecuados y debidamente etiquetados con una clave que sirvió como código de identificación, para cada una.

Tratamiento de las muestras biológicas

1. Se midieron 5 ml de cada una de las muestras de la orina colectada. Posteriormente, las muestras fueron transferidas a tubos de ensayo previamente etiquetados con el código de identificación para cada sujeto y se centrifugaron.
2. Se midió una alícuota de 1 ml de cada muestra de orina centrifugada y se transfirieron a matraces volumétricos de 50 ml.
3. Finalmente se llevaron al volumen final con agua destilada

De la misma forma que para la elaboración de la curva patrón, los alumnos siguieron el procedimiento para el desarrollo de color y registro de las lecturas de absorbancia de las muestras de orina proporcionadas por sus sujetos de estudio.

Desarrollo de color y medición de absorbancia de las muestras

1. A las soluciones anteriores obtenidas de las muestras de orina, se agregaron 5 ml de la solución reactiva de cloruro férrico (FeCl_3).
2. Una vez homogeneizadas las soluciones, se midieron las absorbancias en un espectrofotómetro Bausch & Lomb, modelo Spectronic 20, a la longitud de onda a la cual se forma el complejo predominante $[\text{Fe}(\text{SCN})]^{2+}$, de color rojo intenso.

Tratamiento de los datos

Los datos (absorbancia y concentración) obtenidos de los resultados encontrados para la elaboración de la curva patrón, fueron graficados y tratados mediante el *software* Excel de Microsoft Office 2007.

Resultados

Aspecto educativo

Con el desarrollo de este modelo educativo teórico-práctico, los estudiantes lograron una mejor comprensión del problema de salud ocasionado por el tabaquismo al abordar contenidos teóricos relacionados con su trabajo de investigación, como los que se discutieron durante las sesiones teóricas programadas en el aula.

Estas sesiones se produjeron entre la tercera y la décima semana del trimestre (11 semanas en total); entre los contenidos teóricos que se discutieron, se puede citar:

- Definición del tabaquismo según la Organización Mundial de la Salud (OMS).
- Importancia del tabaquismo como un problema de salud en México y el mundo.
- Revisión de las estadísticas de prevalencia e incidencia mundiales y en México, así como del lugar (*ranking*) que ocupa el tabaquismo como problema de salud entre otras enfermedades importantes, y también como problema de contaminación ambiental.
- Enfermedades derivadas o asociadas con el tabaquismo, como las cardiovasculares, el cáncer y los problemas respiratorios (enfermedad pulmonar obstructiva crónica [EPOC]), entre otras.
- Revisión de términos relacionados con este problema de salud, tales como: tabaquismo, FP, FA, HTA, humo de tabaco de segunda mano (HTSM).
- Componentes químicos presentes en el humo del tabaco.
- Marcadores biológicos como indicadores del grado de exposición al humo de tabaco.
- Síntomas específicos de los fumadores.
- Anatomía y fisiología del aparato respiratorio involucrado directamente en los daños ocasionados por el humo de tabaco.

Con los tres avances programados durante el desarrollo del modelo educativo para verificar el grado de avance, se obtuvieron los siguientes logros:

- Mayor participación de los estudiantes.
- Mejor desempeño en las exposiciones orales.
- Creación de un ambiente de interés académico y de respeto al compañero ponente.
- Mayor cooperación en general entre los diferentes equipos formados.
- Evaluaciones más confiables de las participaciones orales e individuales de los ponentes.
- Comprensión del tabaquismo como un problema de salud y de contaminación ambiental, dado el impacto en la salud no solo del FA, sino también del FP expuesto a la contaminación ambiental causada por el humo del tabaco.

Desarrollo de habilidades

Para el tratamiento de los datos obtenidos, los alumnos elaboraron la gráfica de su curva de calibración (o patrón) utilizando el *software* Excel de Microsoft Office 2007.

Este procedimiento se utilizó para encontrar los valores de la ecuación de la recta^a, a partir del análisis de regresión lineal (RL) del gráfico absorbancia/concentración representado en un plano de coordenadas cartesianas (eje x o abscis-

as y eje y u ordenadas), para poder determinar el valor de la constante de absorbitividad molar (ϵ), también llamado coeficiente de extinción molar (en unidades $M^{-1}\cdot cm^{-1}$).

Las concentraciones de tiocianato presentes en las muestras de orina se calcularon mediante la ecuación $A = \epsilon bc$, una vez encontrado el valor de la pendiente para la ecuación de la recta (equivalente a ϵ , absorbitividad molar). El término b en esta ecuación representa el grosor de la celda: 1 cm; A es absorbancia y c , concentración.

Resultados

En las tablas 1 y 2 y la figura 1 se exponen los resultados.

Discusión

Durante toda esta experiencia educativa, los alumnos utilizaron conocimientos aprendidos durante el transcurso del séptimo trimestre de la carrera de QFB y reforzaron los revisados anteriormente en otros módulos. Algunos de estos conocimientos fueron empleados en el momento de hacer los cálculos de volumetría, tanto para la construcción de su curva patrón (tabla 1) como para encontrar las concentraciones de tiocianato presentes en las muestras de orina a partir de las lecturas de absorbancia medidas (tabla 2), considerando los datos obtenidos y ajustados mediante un análisis de regresión lineal para su representación (fig. 1). Un conocimiento nuevo, necesario y complementario para su formación como Químicos Farmacéuticos Biólogos fue la revisión de las normas derivadas de la Ley General de Salud, que gira en torno a la prevención de consumir productos de tabaco en lugares públicos y derivó en la reglamentación actual para su consumo y venta. Respecto a habilidades adquiridas por los estudiantes, la más relevante fue el montaje, la adaptación y la reproducibilidad de la técnica basada en la formación de diferentes complejos formados por el tiocianato con el hierro, primordialmente el que predomina

Tabla 1 Datos de la curva patrón: absorbancia y concentración

Absorbancia (eje y)	Concentración (eje x) (mmol/l)
0	0
0.10	0.65
0.20	1.31
0.30	1.97
0.43	2.82
0.53	3.48
0.71	4.66
0.80	5.25

Absorbancias registradas a una longitud de onda de 447 nm, a la cual se detecta el complejo predominante $[Fe(SCN)]^{2+}$, de color rojo intenso. Concentraciones utilizadas en la elaboración de la curva patrón de SCN.

^a Según la ecuación general de la recta:

$$y = mx + b$$

donde m es la pendiente y b , el intersección; en esta experiencia, se obtuvo la siguiente ecuación de la recta (con $r = 0.999$):

$$y (\text{Abs}) = 0.1523 [NH_4SCN] - 7.31 \times 10^{-5}$$

Tabla 2 Datos obtenidos (absorbancias) de las muestras de orina de los sujetos de estudio

Sexo	FP (Abs)	FP (mmol/l)	FP (mg/l)	FA (Abs)	FA (mmol/l)	FA (mg/l)
Mujer	0.172	1.13	65.63	0.270	1.77	102.80
Mujer	0.178	1.17	67.96	0.280	1.84	106.87
Mujer	0.195	1.28	74.34	0.250	1.64	95.25
Mujer	0.200	1.31	76.09	0.260	1.71	99.32
Mujer	0.160	1.05	60.99	0.260	1.71	99.32
Mujer	0.142	0.93	54.02	0.270	1.77	102.80
Varón	0.169	1.11	64.47	0.224	1.47	85.38
Varón	0.175	1.15	66.79	0.236	1.55	90.03
Varón	0.202	1.33	77.25	0.278	1.82	105.71
Varón	0.213	1.40	106.57	0.279	1.83	139.30
Varón	0.199	1.31	81.31	0.250	1.64	95.25
Varón	0.205	1.35	78.41	0.264	1.73	100.48

Abs: absorbancia; FA: fumadores activos; FP: fumadores pasivos. La longitud de onda utilizada fue 447 nm. Las concentraciones se calcularon a partir de la ecuación: $A = \epsilon bc$, donde ϵ es el valor encontrado de 0.1523, correspondiente al valor de la pendiente (fig. 1); $PM (SCN)^- = 58.0824 \text{ mg/mmole}$.

en la solución de reacción y da lugar a una coloración roja intensa, para la determinación cuantitativa de un analito presente en muestras biológicas utilizando el método espectroscópico de absorción de energía radiante.

Una vez obtenidos los datos experimentales, se discutió y analizó con los alumnos la importancia de la toxicidad de los componentes presentes en el HTA y su impacto en el medio ambiente y la salud de los individuos expuestos a esos agentes tóxicos, ya que con el desarrollo de este modelo educativo teórico-práctico, se pudo corroborar el riesgo de exposición que puede contribuir a la aparición de graves daños en la salud de quienes inhalan ese HTA. En comparación con los valores de referencia encontrados en la literatura

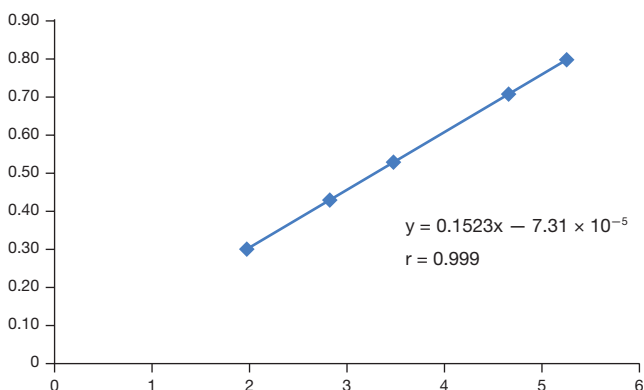


Figura 1 Curva patrón de concentraciones conocidas de tiocianato de amonio. Gráfica construida y ajustada mediante análisis de regresión lineal. Se muestran los valores calculados para la ecuación general de la recta obtenida, $y = mx + b$, donde m es pendiente y b , intersepto; eje y : absorbancia; eje x : concentración.

tura (Camacho, 2006), obtenidos de individuos no fumadores (5 mg/l), se encontró que los valores experimentales obtenidos para el biomarcador tiocianato mediante la técnica aquí desarrollada resultaron muy altos (tabla 2) en ambas clasificaciones de fumadores, FA y FP, y ambos sexos.

Conclusiones

Este modelo teórico-práctico educativo resaltó la asociación entre el tabaquismo y los problemas de salud que se pueden derivar de él (enfermedades cardiovasculares, pulmonares y cáncer, entre otras). Otro logro educativo fue la pertinencia y vigencia de la revisión bibliográfica hecha por los alumnos, ya que aprendieron a realizar una búsqueda de información aún vigente, como los datos extraídos de la Secretaría de Salud, OMS e INEGI (2012), referentes al incremento en la expansión del tabaquismo como un problema de salud y que ubica al tabaquismo como una causa de las enfermedades más comunes en nuestro país. La detección y medición de un biomarcador derivado del metabolismo de productos químicos presentes en el tabaco fue otro logro importante alcanzado por los estudiantes, ya que las concentraciones de tiocianato determinadas en las muestras de orina rebasaron el límite normal ($< 5 \text{ mg/l}$) de los no expuestos (no fumadores) al HTA (Repetto et al., 2000).

Con el desarrollo de este modelo, se logró sensibilizar a los alumnos sobre la importancia de la normatividad y el control en el consumo de productos de tabaco, la toxicidad de los componentes presentes en el HTA y su impacto en el medio ambiente, así como en la prevención del desarrollo de enfermedades más graves ocasionadas por el tabaquismo que deterioran la calidad de vida y la salud de la población en general.

Referencias

- Arbesú, G.I., y Berruecos, L. (1996). *El sistema modular en la UAM-X*. México.
- Amo, S.M.L., Molina, A.M., González, C.E., García, M.M., y Alfaro, E. (1997). Determinación de tiocianato en suero sanguíneo como medida del hábito tabáquico de un grupo de jóvenes. Recuperado de <https://www.uclm.es/ab/enfermeria/revista/numero%207/tiocianato7.htm>
- Ayesta, F.J., Galán, M.D., y Marquez, F.L. (2014). El consumo del tabaco como problema de salud pública. Recuperado de http://www.asturias.es/Astursalud/ImagenTabaco/consumo_tabaco.pdf
- Camacho, T. (2009). Marcadores Biológicos (Manual de Laboratorio. Sección de Toxicología. Límites de exposición profesional para agentes químicos adoptados por el Instituto de Higiene y Seguridad en el Trabajo (INSHT) para el año 2006 (3.ª edición). Recuperado de http://www.aetox.es/wpcontent/uploads/2009/04/Marcadores_Biologicos.pdf
- Chistian, G.D. (2009). *Química analítica* (6.ª ed.). México: McGraw-Hill.
- Fiorenza, B.G., González, D., Pérez, A., Ridolfi, A., y Strobl, A. (2007). *Manual de procedimientos analíticos toxicológicos para laboratorios de baja complejidad* (pp. 167). Buenos Aires: Ministerio de Salud. Recuperado de <http://www.msal.gov.ar/images/stories/ministerio/intoxicaciones/laboratorios/manual-procedimientos-analiticos.pdf>

- Fajardo, G.M., Garcés, O.A., Dorado, M.I., y Pérez, Q.D. (2004). *Fundamento teórico de la técnica para la determinación de ion tiocianato. Experimentación en Química Analítica. 2.º Ingeniería Técnica Industrial. 2.º Ingeniería Química. Guía de Laboratorio. Curso 2003-2004* (Práctica N.º 8, pp. 45-47).
- García, M.C., y Cobos, I. (1989). Marcadores biológicos del tabaco. *Medicina Clínica*, 93, 186-188.
- Gennaro, A.R. (2003). *Remington Farmacia* (tomo 2, 20.ª edición, pp. 1507). México: Panamericana.
- Monroy, A.G., Martínez, A.F., y Estrada, G.R.A. (2007). *Reflexiones sobre el sistema Modular*. XI Congreso Anual de Investigación Académica de Ciencias Administrativas ACACIA, Inst. Tecnológico de estudios superiores de occidente ITESO, Tlaquepaque, Jal., México.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2013). *Anuario estadístico de los Estados Unidos Mexicanos 2012*. México; INEGI. Recuperado de http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/integracion/pais/aeem/2012/aeem2012.pdf
- Instituto Nacional de Salud Pública (2014). *Boletín para control de tabaco*. Recuperado de <http://www.insp.mx/tabaco/boletines/junio/junio04pdf>
- Ley General para control de Tabaco 2010, Publicada en el Diario Oficial de la Federación, 30 Mayo 2008. Última reforma publicada en DDF el 06-01-2010. Recuperado de <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGCT.pdf>
- Organización Mundial de la Salud (2009). *Derrumbando los mitos de la industria tabacalera: tenga las respuestas*. Recuperado de http://www.sns.gob.bo/aplicacionesweb/web_fumar/Documentos/Mitostabaco.pdf
- Organización Mundial de la Salud (2011). *Informe sobre la epidemia mundial de tabaquismo. Advertencia sobre los peligros del tabaco*. Recuperado de http://www.who.int/tobacco/global_report/2011/es/index.html
- Organización Mundial de la Salud (2013). *Informe OMS sobre la epidemia mundial de tabaquismo*. Recuperado de http://www.who.int/tobacco/global_report/2013/summary/es/
- Organización Mundial de la Salud (2014). *Temas de Salud. Tabaquismo: la epidemia de tabaquismo, datos y cifras*. Recuperado de <http://www.who.int/tobacco/es/>
- Pérez, T.A., Herrero, I., Clemente, M.L., y Marrón, R. (2014). *Marcadores biológicos y funcionales para la determinación de exposición de los fumadores* (pp. 299-314). Recuperado de www.apta-aragon.org/download/25
- UAM-X (2006). *Plan de Estudios de la Licenciatura en QFB*. México, UAM-X.
- Peruga, A. (2007). Protección contra la exposición al humo de tabaco ajeno: recomendaciones de la OMS. *Salud Pública de México*, 49, 315-317
- Repetto, M.R., y Repetto, M. (2000). *Tabla de valores de referencia en fluidos biológicos*. Sevilla: Instituto Nacional de Toxicología de Sevilla y Área de Toxicología de la Universidad de Sevilla. Recuperado de <http://www.aloj.us.es/toxicologia/doc/Tabla%20de%20Valores%20de%20Referencia%20en%20Fluidos%20biologicos.%20Repetto.pdf>
- Secretaría de Salud (2014). Recuperado de <http://portal.salud.gob.mx/>
- Skoog, D.A., West, D.M., Holler, F.J., y Crouch, S.R. (2004). *Fundamentals of Analytical Chemistry* (8.ª edición). USA: Thomson.
- Universidad Autónoma Metropolitana (2010). *Los fármacos como modificadores de funciones biológicas*. México: Universidad Autónoma Metropolitana.
- Villarreal, R. (1997). *Documento Xochimilco*. México.
- Zumbado, S.M., Jiménez, D.M., Schosinsky, N.K., y Pérez, A. (1998). Determinación de tiocianato en saliva y orina como parámetro de fumar. *Acta bioquímica clínica latinoamericana*, 32, 39-48.