

Manual de Química Analítica para introducción de Toxicología Ambiental en la carrera de Bioanálisis Clínico

Manual of Analytical Chemistry for introduction of Environmental Toxicology in Bioanalysis Clinic's career

Autores:

Lic. Leonor Milan-Ricardo¹, <https://orcid.org/0000-0003-3342-2640>

M.Sc. Greisy Nuris Torreblanca-Gamboa¹, <https://orcid.org/0000-0003-3608-9337>

Dr. Leonel Castillo-Valiente², <https://orcid.org/0009-0004-3560-3458>

Lic. Idalmis Guibert-Díaz², <https://orcid.org/0009-0006-3359-3086>

Organismo: ¹Universidad de Ciencias Médicas. Guantánamo. Cuba. ²Dirección Municipal de Salud Pública, Guantánamo. Cuba

E-mail: leonormilanricardo@gmail.com; nuristg@gmail.com; castillovalientel@gmail.com; idalmisg23@gmail.com

Fecha de recibido: 19 sept. 2022

Fecha de aprobado: 25 nov. 2022

Resumen

La disponibilidad de materiales de consulta sobre Toxicología Ambiental resulta vital para la preparación teórica y práctica experimental de los estudiantes en la carrera de Bioanálisis Clínico, centrada en la mejor preparación para su futuro accionar en la protección y defensa medioambiental. El objetivo diseñar un manual de actividades prácticas de Química Analítica que tributen al aprendizaje de Toxicología ambiental desde el primer año de la carrera Bioanálisis Clínico implicó el empleo de métodos empíricos, teóricos y matemáticos estadísticos en un estudio educativo de una muestra de 28 estudiantes, del cual se derivó una mejor preparación teórica-práctica de los estudiantes en actividades afines al tema, razón por la cual se consideró al manual, implementado desde lo interdisciplinario, pertinente y fiable en la preparación toxicológica ambiental para un efectivo cuidado y conservación del medioambiente.

Palabras clave: Manual de Química Analítica; Aprendizaje de Toxicología Ambiental; Bioanálisis Clínico

Abstract

The availability of counseling materials on Environmental Toxicology proves to be vital for the theoretic preparation and experimental practice of the students in Bio analysis Clinic's career, centered in the best preparation for his future triggering in protection and environmental defense. The objective was designing a manual of practical activities of Analytical Chemistry which contribute to the Clinical Bioanalysis implicated the use of empiric methods, theoretical and statistical mathematicians in an educational study of 28 undergraduates' sign to environmental Toxicology's learning from the first year of the career, of whom derived a better theoretic practical preparation of the students in related activities itself to the theme, reason for the one that the manual was considered, implemented from the interdisciplinarity, pertinent and reliable in the toxicological environmental preparation for an effective care and the environmental 's conservation.

Keywords: Manual of Analytical Chemistry; Environmental Toxicology's Learning; Bioanalysis Clinic

Introducción

La Química Analítica es la rama de la ciencia química que estudia el análisis cualitativo y cuantitativo de una muestra dada o analito. El análisis cualitativo representa la identidad de cada elemento y el cuantitativo brinda la posibilidad de determinación de la cantidad de concentración o proporción de uno.

Ella desempeña un papel fundamental en el control de la calidad, cuando representa la parte práctica con métodos de análisis para intentar la solución a problemas relacionados con la composición de la naturaleza química de la materia, de acuerdo con Portal de contenidos educativos de Química General y Laboratorio Químico.

La realización del análisis químico se considera de capital significación en la determinación de calidad de los alimentos y los entornos ambientales donde se producen, por cuanto favorece conocer sus componentes, así como el control y la cuantificación de los contaminantes químicos que puedan ser nocivos a la salud humana.

De estas consideraciones se deriva su estrecha relación con la Toxicología ambiental, vista a tenor con Pérez (2008) a modo de disciplina científica cuyo objetivo fundamental es el estudio químico y toxicodinámico de estas sustancias en el ambiente, evaluar los riesgos y efectos resultantes, así como señalar medidas para impedir el efecto lesivo ambiental y reparar el daño que puedan haber causado.

Según Instituto de Salud Carlos III (2021) y Huerta (2022) la Toxicología Ambiental representa un campo científico multidisciplinario centrado en el estudio de los efectos negativos de diversos agentes químicos, biológicos y físicos en los organismos vivos. Hoy se reconoce el crecimiento de los daños por las sustancias tóxicas al medioambiente y el papel tan significativo de la comunidad científica de la salud, con énfasis en los profesionales de Bioanálisis Clínico, quienes requieren la comunión de objetivos, recursos y esfuerzos de las instituciones responsables con su formación.

De Álvarez (2014) se deriva que esa preparación debe centrarse en el reforzamiento del liderazgo en la educación toxicológica comunitaria, el enfoque integral y sistémico del profesional conectado a prioridades del bienestar general y el fortalecimiento de sus capacidades participativas mediante proyectos ambientales locales.

En coherencia con Vargas y Donado (2017), así como Sánchez (2020) se reflexiona que el estudiante a lo largo de la apropiación de saberes en la disciplina deberá mostrar dominio en el empleo de métodos clásicos de análisis para el estudio de muestras biológicas y citológicas con alto nivel de compromiso y responsabilidad de trabajo en los laboratorios.

En los lineamientos del Partido Comunista de Cuba (2021) se alude en varios momentos al cuidado y preservación del medioambiente, de donde el diseño de acciones pedagógicas de apresto para la gobernación medioambiental se perciba como tarea educativa de prioridad. Robinson, Ramos, Hinojosa, et al. (2020) refieren que, desde la perspectiva educativa ambiental, el objetivo de la preparación toxicológica ambiental de los estudiantes de la carrera Bioanálisis Clínicos requiere ir más allá de la sola educación y alcanzar el desarrollo de modos de actuación ambientalistas, en sintonía con la protección ambiental.

Por consiguiente, las investigaciones en torno al efecto boomerang medioambiental de los antimicrobianos deben trascender lo contemplativo del problema e implicar a todos en la solución del mismo, razón que fundamenta las acciones del Proyecto Institucional Evaluación del impacto de la metodología para el desarrollo del capital humano en el sector Salud Guantánamo (2021), en ejecución por la Universidad de Ciencias Médicas de Guantánamo, orientado a potenciar la educación ambiental en profesionales de Laboratorio Clínico.

En un acercamiento inicial a la preparación en Toxicología Ambiental de los estudiantes de Bioanálisis Clínico para la lucha contra los tóxicos ambientales, mediante el estudio

documental de los programas en que se sustenta su preparación, la observación del modo de actuación y encuestas a una muestra de 28 de ellos, se percibieron vacíos en la literatura docente para la preparación de la asignatura en la carrera de Bioanálisis Clínico, el programa de Química Analítica para la carrera de Bioanálisis Clínico no abarca los posibles nexos interdisciplinarios y la no existencia de materiales bibliográficos con visión interdisciplinaria desde los contenidos sobre la necesidad imperiosa de emplear un enfoque interdisciplinario para la motivación de los estudiantes sobre el tema, así como una pobre percepción del valor de su participación en las acciones de la educación toxicológica medioambiental.

Desde la experiencia investigativa de los autores pudo identificarse carencia de diseños y materiales pedagógicos para integrar la lucha contra los tóxicos de efecto medioambiental.

Estos vacíos se contradicen con la demanda social de que se utilicen vías científicas educativas que favorezcan la temprana preparación en Toxicología Ambiental de los estudiantes de Bioanálisis Clínico, determinándose el problema de investigación en: ¿cómo contribuir a la temprana preparación en Toxicología Ambiental de los estudiantes de Bioanálisis Clínico? Se definen objeto de la investigación la educación ambiental; campo de acción la preparación en Toxicología Ambiental y objetivo de la investigación elaborar un manual de actividades prácticas de Química Analítica para la temprana preparación en Toxicología Ambiental de los estudiantes de Bioanálisis Clínico que contribuya al incremento de habilidades toxicológicas ambientales en el futuro tecnólogo, favorecedora de su rol protagónico en la lucha contra el efecto medioambiental de las sustancias tóxicas.

Materiales y métodos

El Proyecto Evaluación del impacto de la metodología para el desarrollo del capital humano, sector Salud (2021) realizó un estudio educativo en la carrera de Bioanálisis Clínico, Facultad de Ciencias Médicas Guantánamo, durante el período febrero –diciembre 2022. Se utilizaron métodos empíricos tales la observación, la entrevista y el análisis documental, así como la prueba pedagógica; los teóricos: análisis-síntesis, inductivo-deductivo y la modelación para la elaboración del manual, así como los métodos estadísticos con el empleo de estadígrafos.

También fueron entrevistados 2 profesores de Química y 2 especialistas de Laboratorio Clínico, con el propósito de descartar los materiales didácticos y medios de enseñanza que emplean para la relación interdisciplinaria de los contenidos de Química Analítica con los de Toxicología Ambiental, así como las vías para aplicarlos y la sistematicidad con que se hace. De acuerdo con la Unidad Técnica de Control Externo (2012) se consideró población y muestra al total de 28 estudiantes de primero y segundo año de la carrera de Bioanálisis Clínico, con la composición siguiente: 18 estudiantes del Curso Regular por Encuentro y 10 del Curso Regular Diurno. Los criterios de inclusión fueron: disposición voluntaria de participación y estar incorporado activo en la pesquisa.

Para el diagnóstico sobre el estado inicial de su preparación cognoscitiva sobre el tema se aplicó encuestas a estudiantes con el objetivo de indagar sus criterios en relación al proceso de enseñanza-aprendizaje de Química Analítica y lo factible de la relación interdisciplinaria con la Toxicología Ambiental, los medios de enseñanza empleados por los educadores en sus actividades docentes para el desarrollo de las actividades teórico-prácticas, así como sus motivaciones e intereses por la disciplina.

Resultados y discusión

El Manual de Química Analítica se sustentó en un estudio pormenorizado de los contenidos, centrando especial atención en el tema introducción a los métodos instrumentales de análisis químico y en las técnicas clásicas de estudios para la identificación de elementos de alta

toxicidad ambiental, los cuales pueden hallarse en distintos entornos: en la atmósfera, en las aguas subterráneas y superficiales, en el suelo. Además, puede desplazarse de un medio a otro, e incluso introducirse en las cadenas tróficas en dependencia de las características físico-químicas del tóxico, muchos de ellos identificados por una alta permanencia en el medio ambiente y carácter acumulativo, por ejemplo: arsénico, plomo, mercurio, cadmio, cromo, los pesticidas, el DDT, fluoruro de sulfuro, las cianobacterias y la cianotoxina.

Paralelamente fueron identificadas las fuentes bibliográficas, disponibles en el centro y en Internet para la impartición de las clases, develándose insuficientes las específicas, ya que sólo existen las que preparan para la formación química, siendo nulas las que integren dichos contenidos desde un enfoque interdisciplinar.

El diseño del Manual se desplegó en tres etapas:

1. Revisión exhaustiva de las orientaciones en los programas para la realización de actividades prácticas e interdisciplinarias con los contenidos.

En este proceso de revisión los autores del estudio percibieron que son ofrecidas adecuadamente los contenidos, pero que no son orientadas ni descritas el desarrollo de vistas interdisciplinarias, ni existe una bibliografía específica dentro de las orientadas a consultar, que permita visualizar adecuadamente los nexos lógicos y certeros de los contenidos desde la vista interdisciplinaria. Se develó pobre la profundidad de su estudio asociada a las pocas horas dispuestas al no contar con bibliografías contextualizadas. Las encuestas realizadas desde el conocimiento teórico-práctico a la muestra expresaron un 15% empleo de materiales didácticos creados por los profesores con enfoque interdisciplinario, lo que representa evaluación insuficiente. También arrojaron vacíos de conocimientos antecedentes de los contenidos y gran desmotivación por la disciplina al encontrarla demasiado compleja, extensa y de muy difícil comprensión.

En el caso de los profesores y especialistas el 100% alegaron la falta de bibliografía y materiales didácticos que permita llevar a cabo este proceso teórico-práctico-interdisciplinario, Así como pobre recursos y acceso a tecnologías que permitan motivar más las clases y llevar adelante este empeño. También expresaron la gran utilidad que tuvo el empleo de este manual para elevar la calidad del proceso de enseñanza y aprendizaje de la Química Analítica.

2. El análisis documental y la búsqueda de los enlaces de los contenidos teóricos y prácticos necesarios para establecer los nexos lógicos interdisciplinarios.

Se realizó el análisis documental y de materiales bibliográficos de actualidad sobre el tema, de cuyo estudio se derivó la sistematización científica de los contenidos teóricos y prácticos interdisciplinarios necesarios para establecer los nexos lógicos de su aprendizaje.

Se definieron los contenidos específicos de abordaje para el mejor desarrollo de habilidades prácticas. En este sentido se enfatizó en la unidad que integra métodos instrumentales de análisis, sus ventajas, desventajas, así como a los métodos electroquímicos y colorimétricos. Más se profundizó en la prueba de ionograma por cuanto constituye la más importante y factible, al tiempo de ser deficitaria la bibliografía desde el punto de vista interdisciplinario.

Se establecieron los nexos lógicos y de estudio los cuales resultaron de gran aceptación, utilidad y motivación para estudiantes y profesores en el desarrollo de la actividad práctica independiente. El enfoque Interdisciplinario resultó esencial en el proceso de socialización entre las disciplinas y contenidos que se abordan en el Manual para mejorar la calidad de la enseñanza y aprendizaje, así como el vínculo ostensible de la teoría con la práctica

3. Diseño de los contenidos teóricos, prácticos e interdisciplinarios a abordar en el manual.

Diseño de los contenidos teóricos, prácticos e interdisciplinarios a abordar en el manual.

Inicia el manual con la fundamentación teórica general de cada uno de los métodos instrumentales de análisis químico y sus particularidades generales. El manual cuenta con imágenes de instrumentación general de la colorimetría y análisis cuantitativo colorimétrico y de los métodos basados en la emisión o absorción de radiaciones. Espectrofotometría y fotometría. Fluorometría, Turbidimetría y Nefelometría, así como métodos cromatográficos y los electroforéticos.

El Manual es de factible aplicación y aceptación por parte de estudiantes y profesores, cuya utilidad se centra en el desarrollo de habilidades toxicológicas ambientales prácticas del tecnólogo en Bioanálisis Clínico. Se brindó especial interés al estudio pormenorizado del método de ionograma. En cuanto a su empleo, en el Manual se destacó lo siguiente:

- Utilización del ionograma.
- Elementos a tener en cuenta en su realización
- Preparación para la realización de la prueba de ionograma
- Fuente natural de alimentos ricos en potasio y sodio y sus necesidades nutricionales.
- Funciones de los iones Na^+ , K^+ en el organismo y enfermedades carenciales asociadas.

En la bibliografía consultada sólo fue constatada la implementación de un sistema de guías de actividades prácticas que diseña la realización de las mismas, así como un material de apoyo de la disciplina que integra los contenidos abordados y aplicados a la Tecnología de la salud en Bioanálisis Clínico. No se encontraron otros manuales diseñados para el tratamiento de actividades prácticas desde un enfoque interdisciplinar, lo que resulta novedoso para los autores de la investigación.

Álvarez (2014) refiere que una concepción inter, multi y transdisciplinar en la educación toxicológica ambiental y su expresión en modos de actuación apropiados ambientalmente puede contribuir a la solución de los problemas identificados. Mediante la realización de este estudio se previó la introducción del Manual integrador del proceso de enseñanza - aprendizaje, con los nexos lógicos interdisciplinares, mostrándolo asequible y permisible desde la preparación teórica y de factible aplicación en su desarrollo profesional.

Bonet (2017), Gainza (2018) y Schimidel, Schade, Herzog, et al. (2021) argumentan cómo la Química Analítica es fiable para la temprana preparación en Toxicología Ambiental de los estudiantes de Bioanálisis Clínico por estar entre las de mayor empleo interdisciplinar de las ramas de la Química, cuyas derivaciones son empleadas no sólo por los analistas clínicos farmacéuticos, sino también aplicada a nutrición y en el manejo medioambiental, por su significativo protagonismo en el proceso de enseñanza- aprendizaje de los temas de gravimetría, volumetría, potenciometría, espectrofotometría.

De acuerdo con Bonet (2017) y Gainza (2018) la naturaleza multidisciplinaria del análisis químico lo convierte en una herramienta valiosa para los laboratorios clínicos, donde guardan valiosas informaciones cuantitativas. Muchos son los estudios prácticos que requieren de especial atención tales las medidas cuantitativas a los iones potasio y sodio en líquidos corporales, para los fisiólogos estudiarlos estos en la conducción de impulsos nerviosos.

Los químicos estudian las reacciones químicas mediante estudios de porcentaje y estimaciones de reacción. En el Manual se resalta la importancia de las actividades prácticas de Química Analítica aplicadas en medicina, la industria y todas las ciencias para la temprana preparación en Toxicología Ambiental de los estudiantes de Bioanálisis Clínico.

Por citar ejemplos: las concentraciones de dióxido de carbono y oxígeno son evaluadas diariamente en centenas de muestra sanguínea para el diagnóstico y tratamiento de enfermedades, mediciones cuantitativas de calcio ionizado en el suero sanguíneo ayudan a

diagnosticar la enfermedades de las glándulas tiroideas, así como la determinación cuantitativa del nitrógeno en los alimentos evidencia el contenido del mismo en las proteínas y su valor nutricional, razón por la cual quedó establecido por los estudios que la capacidad del método empleado satisface lo requisitos a la aplicación analítica ideada.

En el Manual resalta la validación de métodos vista fundamental en los sistemas de evaluación de la calidad cuando los laboratorios de ensayos logran la evidencia que cumplen con los requisitos. La implementación de un método para la determinación de sodio en soluciones parentales por fotometría de llama y la adecuación metodologías para el análisis de sodio y potasio por espectrometría de absorción atómica, en sales de rehidratación oral factibles con fines químicos específicos. También que los minerales que se encuentran en el organismo y en el alimento en forma iónica principalmente, como iones positivos Na^+ , K^+ y como componentes de compuestos orgánicos como fosfoproteínas, metaloenzimas y metaloproteínas como la hemoglobina.

Se destaca en el Manual las funciones del sodio que también intervienen en los procesos de absorción de la glucosa y transporte de otros nutrientes a través de la membrana celular, su consumo eleva la tensión arterial en el cuerpo humano si se consume en excesos y es absorbido por el intestino delgado y su déficit genera hipotensión, En el caso del potasio su pérdida se presenta por diferentes vías ,renales digestivas, su aumento en el organismo presenta la hipopotasemia y es fatal al ocasionar arritmias ventriculares fatales en minutos. De acuerdo con Bonet (2017) Gainza (2018) se consideró un desafío accionar el enfoque interdisciplinario desde los colectivos de año y extender hasta el trabajo metodológico para la temprana preparación en Toxicología Ambiental de los estudiantes de Bioanálisis Clínico.

El establecimiento de relaciones interdisciplinarias constituye una de las vías fundamentales para elevar la calidad del proceso de formación de esos profesionales y lograr el enfoque integrador de disciplinas con el cumplimiento de lo instructivo-educativo-desarrollador en la temprana preparación en Toxicología Ambiental de los estudiantes de Bioanálisis Clínico para una mayor calidad en el proceso formativo científico e intelectual de los estudiantes.

A consideración de autores, el manual de actividades prácticas de Química Analítica favoreció la temprana preparación en Toxicología Ambiental de los estudiantes de Bioanálisis Clínico, cuando se observó una amplia aceptación en la muestra. Los contenidos fueron abordados desde el enfoque interdisciplinar teórico y práctico tanto de la información cualitativa como la cuantitativa, con énfasis en la técnica de análisis químico.

En la tabla a continuación se contrasta el comportamiento inicial y el final de la muestra en el prexperimento.

Tabla 1. Comparación de resultados iniciales y finales.

Resultados iniciales de la muestra						Resultados finales de la muestra					
En lo cognoscitivo						En lo cognoscitivo					
I	MA	B A	A	PA	I	I	MA	BA	A	PA	I
1.1-	-	-	7%	12%	81%	1.1-	17%	51%	32%	-	-
1.2-	-	-	-	-	100%	1.2-	15%	54%	31%	-	-
1.3	-	-	5%	-	95%	1.3	41%	53%	6%	-	-
En lo procedimental						En lo procedimental					
I	MA	B A	A	PA	I	I	MA	BA	A	PA	I
2.1-	-	-	7%	14%	79%	2.1-	37%	51%	12%	-	-
2.2-	-	-	10%	17%	73%	2.2-	33%	53%	14%	-	-
2.3	-	-	5%	15%	80%	2.3	35%	55%	10%	-	-
En lo actitudinal						En lo actitudinal					

I	MA	B A	A	PA	I	I	MA	BA	A	PA	I
3.1-	-	-	10%	12%	78%	3.1-	35%	53%	12%	-	-
3.2-	-	-	10%	24%	66%	3.2-	33%	58%	9%	-	-
3.3	-	-	10%	22%	58%	3.3	36%	54%	10%	-	-

Leyenda: MA: Muy adecuado; BA: Bastante adecuado; A: Adecuado; PA: Poco adecuado; I: Inadecuado; In-Indicadores.

Fuente: estadísticas del Proyecto investigativo

El Manual representó una vía en el establecimiento de los objetivos y núcleos integradores particulares de cada asignatura en el currículo profesional al mostrarlos de forma interdisciplinar favorable a la preparación y formación integral de los estudiantes.^{15,16}

Conclusiones

El Manual de actividades prácticas de Química Analítica diseñado para a temprana preparación en Toxicología Ambiental de los estudiantes de Bioanálisis Clínico resultó pertinente al cumplir los objetivos de su diseño, con muestra de científicidad pedagógica en su concepción y factibilidad al ser aplicado desde la interdisciplinariedad, pues favoreció una mayor profundización de los contenidos teóricos de Química Analítica aplicados en las actividades prácticas, así como mejor preparación integral de los educandos. En el prexperimento resaltó ser de factible aplicación y aceptación por parte de estudiantes y profesores, cuya utilidad repercute en la integralidad del tecnólogo en Bioanálisis Clínico para un eficaz accionar protector medioambiental.

Bibliografía

- Álvarez, M.R. (2014). Ensayo de ética y educación ambiental para el desarrollo sostenible. Recuperado de <https://es.slideshare.net/bcarolinato/ensayo-etica-y-educacion-ambiental-para-el-desarrollo-sostenible>
- Bonet, L. (2017). El enfoque interdisciplinario a través de una alternativa didáctica en la Química General. Revista Roca, 13(2) <http://revis.tas.udg.co.cu/index.php/roca>
- Gainza, M. (2018). La preparación interdisciplinar del docente. Un reto para el colectivo. Recuperado de <https://w.w.w.euned.net/rev/atlanter-2018> .
- Huerta, S.G. (2022). Toxicología ambiental importancia. Recuperado de <https://books.google.com/cu/books?hl=es&lr=&id=>
- Instituto de Salud Carlos III. (2021). Toxicología Ambiental Recuperado de <https://www.isciii.es/QueHacemos/Servicios/SanidadAmbiental/Paginas/Toxicolog%C3%ADa-Ambiental.aspx>
- Partido Comunista de Cuba. (2021). Actualización de los Lineamientos de la política económica y social del Partido y la Revolución, aprobados por el VIII Congreso del PCC. Tabloide Especial. La Habana: Editora Política. Lin. 6, 103, 130,149, 155, 156, 157, 158
- Pérez, R. (2008). La toxicología en la vida económica, política y social de nuestros países. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-34662008000200013
- Proyecto Evaluación del impacto de la metodología para el desarrollo del capital humano en el sector Salud Guantánamo. (2021). Universidad de Ciencias Médicas Guantánamo. Dirección de Ciencia e Innovación tecnológica: Registro de Proyectos investigativos y postgrados.
- Robinson, F., Ramos, D., Hinojosa, D., Casanova, A.L. y Legrá, N. (2020). Fundamentos teóricos para la observancia de las virtudes y los valores éticos ambientales. Revista

“Hombre, Ciencia y Tecnología”. 24(4). Recuperado de [http://ciencia
gtmo.inf.cu/index.php/http/issue/view/100](http://ciencia.gtmo.inf.cu/index.php/http/issue/view/100)

Sánchez, Z. (2020). Programa de la asignatura de Química Analítica para el curso regular por encuentro. Carrera Bioanálisis Clínico. La Habana: Editorial Ciencias Médicas

Schimidel, L., Schade, J., Herzog, J., et al. (2021). Relación sodio/ potasio urinario y consumo de condimentos industrializados y alimentos ultraprocesados. *Hosp.vol.36 No.1 Madrid*.doi:10.20960/nh.02101.

Vargas J., Donado, L. (2017). Investigación en Química Analítica aplicada a la Nutrición como una herramienta en docencia. *Rev. Educ. Quím. 28(3) Ciudad de México* doi:10.1016/j.eq.2017.01.004