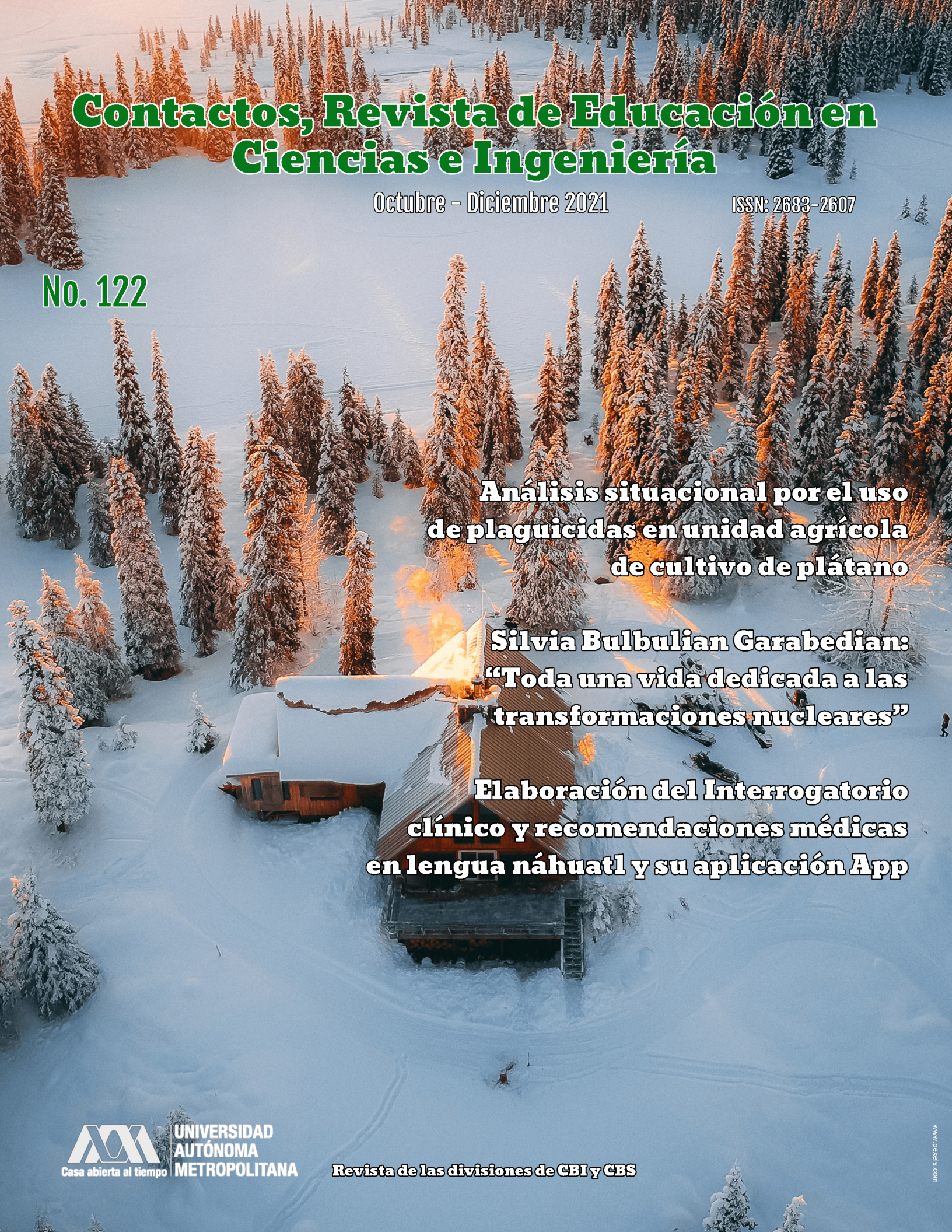
Contactos, Revista de Educación en Ciencias e Ingeniería

Octubre – Diciembre 2021

ISSN: 2683-2607

No. 122



Análisis situacional por el uso de plaguicidas en unidad agrícola de cultivo de plátano

Silvia Bulbulian Garabedian: "Toda una vida dedicada a las transformaciones nucleares"

Elaboración del Interrogatorio clínico y recomendaciones médicas en lengua náhuatl y su aplicación App

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
Casa abierta al tiempo

Revista de las divisiones de CBI y CBS

www.pexels.com

www.pexels.com

Contenido

Contactos, Revista de Educación en Ciencias e Ingeniería
No. 122 Octubre - Diciembre 2021

Editorial 3

Análisis situacional por el uso de plaguicidas en unidad agrícola de cultivo de plátano 5
Ing. Estefanía Hernández Cervantes
Dr. Randy Howard Adams Schroeder
Dr. Rodolfo Gómez Cruz
Dra. Verónica I. Domínguez Rodríguez
Dr. Eder Ramos Hernández
Dr. Eduardo Baltierra Trejo

Open Access: ¿una nueva forma de comunicar la Ecología Forestal? 21
Dr. José Luis Martínez Sánchez
Dra. Carolina Zequeira Larios
Dr. Humberto Hernández Trejo

Silvia Bulbulian Garabedian: "Toda una vida dedicada a las transformaciones nucleares" 29
Ing. Martin Guevara Martinez

Fármacos anticancerígenos: de la naturaleza a la práctica clínica 33
M. en C. Yaraset López Lorenzo
D. en C. Jesús Arrieta Valencia
D. en C. María Elena Sánchez Mendoza

Evaluación de Pd, Pt y Rh en aire y suelos en la Ciudad de México 46
Q. Arturo A. Escamilla Algara
Dra. Nancy C. Martín Guaregua
Ing. Q. Luis F. Abreu García

Elaboración del Interrogatorio clínico y recomendaciones médicas en lengua náhuatl y su aplicación App 59
D. en C. Nelson Eduardo Alvarez Licona
D. en C. María de la Luz Sevilla González
M. C. Alma Edith Martinez Licona
Etnólogo Ricardo Alvarez Sevilla

Contactos, Revista de Educación en Ciencias e Ingeniería
en la WEB
Lea los artículos publicados en
https://contactos.izt.uam.mx/

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
Casa abierta al tiempo
CONACYT
ÍNDICE DE REVISTAS MEXICANAS DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA

Rector General
Dr. José Antonio de los Reyes Heredia.
Secretaria General
Dra. Norma Rondero López.

UNIDAD IZTAPALAPA
Rector
Dr. Rodrigo Díaz Cruz.
Secretario
Dr. Andrés Francisco Estrada Alexanders.
Director de la División de Ciencias Básicas e Ingeniería
Dr. Jesús Alberto Ochoa Tapia.
Directora de la División de Ciencias Biológicas y de la Salud
Dra. Sara Lucía Camargo Ricarlde.

Contactos, Revista de Educación en Ciencias e Ingeniería:
Consejo Editorial:
Dr. Rodrigo Díaz Cruz,
Dr. Andrés Francisco Estrada Alexanders,
Dr. Jesús Alberto Ochoa Tapia,
Dra. Sara Lucía Camargo Ricarlde.
UAM- Iztapalapa
Editora en Jefe:
M. C. Alma Edith Martínez Licona.
Comité Editorial por CBS:
Dra. Edith Arenas Ríos, Dra. Laura Josefina Pérez Flores, Dr. Pedro Luis Valverde Padilla,
Por CBI:
Dr. Hugo Ávila Paredes.
Por la Universidad Iberoamericana:
Mtro. Adolfo G. Fink – Pastrana.

CONTACTOS, REVISTA DE EDUCACIÓN EN CIENCIAS E INGENIERÍA. 3ª Época, No. 122, Octubre - Diciembre 2021, es una publicación trimestral de la Universidad Autónoma Metropolitana a través de la Unidad Iztapalapa, División de Ciencias Básicas e Ingeniería y División de Ciencias Biológicas y de la Salud. Prolongación Canal de Miramontes 3855, Col. Ex–Hacienda San Juan de Dios, Alcaldía Tlalpan, C. P. 14387, México, Ciudad de México y Av. San Rafael Atlixco No. 186, Edificio T174, Col. Vicentina, Alcaldía Iztapalapa, C. P. 09340, México, Ciudad de México, Tel. 5804 – 4634 Página electrónica de la revista: https://contactos.izt.uam.mx/ y dirección electrónica: cts@xanum.uam.mx Editora responsable MC Alma E. Martínez Licona. Certificado de Reserva de Derechos al Uso Exclusivo de Título No. 04-2013-042212044000-203, ISSN 2683-2607, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número, Mtra. Alma E. Martínez Licona; Unidad Iztapalapa, División de CBI y CBS; fecha de última modificación 31 de Diciembre de 2021. Tamaño del archivo 46 MB.
Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación.
Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización de la Universidad Autónoma Metropolitana.
Fecha de Publicación: Octubre - Diciembre de 2021.

Los artículos publicados en **Contactos, Revista de Educación en Ciencias e Ingeniería** son sometidos a arbitraje; para ello se requiere enviar por mail el trabajo en Word. Toda correspondencia deberá enviarse a:
Comité Editorial de **Contactos, Revista de Educación en Ciencias e Ingeniería**,
UAM – Iztapalapa, T – 174, Tel. 5804-4634
Av. San Rafael Atlixco No. 186, C. P. 09340, CDMX.
Apartado Postal 55 -534
https://contactos.izt.uam.mx/ e-mail cts@xanum.uam.mx

Editorial

Se termina un año difícil, con la esperanza que el próximo año sea mejor y poder reencontrarnos con nuestros colegas, lectores, árbitros y amigos de esta querida Revista que ha sobrevivido por varios años a diferentes situaciones.

En este cierre de año presentamos un número con artículos variados, esperando, como siempre, proporcionar a nuestros lectores, un conjunto de artículos amenos e interesantes.

En esta ocasión encontrarán información sobre los factores que representan un riesgo a la salud de los agricultores por el manejo de plaguicidas en la producción del cultivo de plátano en el estado de Tabasco, esto en el artículo "Análisis situacional por el uso de plaguicidas en unidad agrícola de cultivo de plátano" por otro lado, en "Fármacos anticancerígenos: de la naturaleza a la práctica clínica" se explica la importancia del estudio de plantas medicinales en la terapéutica, ya que permitió la identificación de moléculas bioactivas con nueva estructura y mecanismos de acción que dieron origen al desarrollo de medicamentos anticancerígenos. En "Elaboración del Interrogatorio clínico y recomendaciones médicas en lengua náhuatl y su aplicación App" se explica la importancia del desarrollo de una app para el apoyo en el diagnóstico de pacientes de habla náhuatl, en el artículo: Silvia Bulbulian Garabedian: "Toda una vida dedicada a las transformaciones nucleares" conocerán la trayectoria de una gran investigadora y persona que falleció en enero de este año a sus 91 años de edad.

Finalmente invitamos a nuestros lectores que se sumerjan a la lectura de este número y descubran el resto de su contenido.

Atentamente

MC Alma E. Martínez L.
Editora en Jefe

Información para autores

Contactos, Revista de Educación en Ciencias e Ingeniería, Revista dirigida a profesores y a estudiantes de estas disciplinas.
Está registrada en el índice de revistas de divulgación de Conacyt, así como en Latindex, Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal.
Para publicar, los trabajos deberán ser originales y accesibles a un público amplio con formación media superior o universitaria pero no especializada; los temas deberán presentarse en forma clara. Cada colaboración debe incluir figuras, diagramas, ilustraciones, fotografías, etc. (otorgando el crédito correspondiente en caso de no ser original), que hagan más accesible la presentación.
Las secciones que la constituyen son:
1. Divulgación. Artículos que presentan temas científicos con enfoques novedosos y accesibles (15 cuartillas).
2. Educación científica. Enfoques originales en la enseñanza de temas particulares (15 cuartillas).
3. Artículos especializados. Reportes breves de investigación, relacionados con una problemática concreta (15 cuartillas).
4. Crónicas. Historia y desarrollo de conceptos científicos, así como teorías alternativas (15 cuartillas).
5. Divertimentos. Juegos y acertijos intelectuales (5 cuartillas).
6. Noticias breves. Información de actualidad en el mundo de la ciencia (4 cuartillas).
7. Los laureles de olivo. Los absurdos de la vida cotidiana y académica (4 cuartillas).
En todos los casos se debe incluir los nombres completos de los autores con su adscripción, dirección, teléfono y dirección de correo electrónico.

Normas
Las colaboraciones a las secciones 1 a 4 deberán ajustarse a las siguientes normas:
1. Resumen escrito en español e inglés.
2. 4 palabras clave en español en inglés.
3. Cuando se incluya una abreviatura debe explicarse por una sola vez en la forma siguiente: Organización de los Estados Americanos (OEA)...
4. Cuando se utilice un nombre técnico o una palabra característica de una disciplina científica deberá aclararse su significado de la manera más sencilla posible.
5. Las citas textuales deberán ir de acuerdo al siguiente ejemplo: En cuanto la publicación del placebo se asevera que "el efecto placebo desapareció cuando los comportamientos se estudiaron en esta forma" (Núñez, 1982, p.126).
6. Las referencias (no más de 10) se marcarán de acuerdo al siguiente ejemplo: Sin embargo, ese no es el punto de vista de la Escuela de Copenhague (Heisenberg, 1958), que insiste en...
7. Al final del artículo se citarán las referencias por orden alfabético de autores. Pueden añadirse lecturas recomendadas (no más de 5).
8. Cada referencia a un artículo debe justarse al siguiente formato: Szabadváry, F. y Oesper, E., Development of the pH concept, J. Chem. Educ, 41 [2], pp.105 -107, 1964.
9. Cada referencia a un libro se ajustará al siguiente formato: Heisenberg, W., Physics and Philosophy. The Revolution in Modern Science, Harper Torchbook, Nueva York, pp.44-58, 1958. 10. Para páginas electrónicas: dirección (fecha de acceso).
11. Los títulos de reportes, memorias, etcétera, deben ir subrayados o en itálicas.

Envío y características del artículo
El envío del artículo deberá ser en archivo electrónico, en Word, tipo de letra Time New Roman, tamaño 12 con interlineado sencillo y uso de editor de ecuaciones.
En el caso de ilustraciones por computadora (BMP, JPG, TIFF, etc.) envíelos en archivos por separado.
El material es recibido en:

Contactos, Revista de Educación en Ciencias e Ingeniería.
UAM – Iztapalapa, T-174,
Información: cts@xanum.uam.mx, tel. 5804-4634
Av. San Rafael Atlixco, 186, C. P. 09340,
CDMX. A.P. 55-534

Arbitraje
El Comité utiliza un sistema de arbitraje anónimo que requiere un mes. Se entiende que los autores no han enviado su artículo a otra revista y que dispondrán de un plazo máximo de un mes para incorporar las observaciones de los árbitros.
La decisión final de publicar un artículo es responsabilidad exclusiva del Comité Editorial.

Análisis situacional por el uso de plaguicidas en unidad agrícola de cultivo de plátano

Ing. Estefanía Hernández Cervantes
Dr. Randy Howard Adams Schroeder
Dr. Rodolfo Gómez Cruz
Dra. Verónica Isidra Domínguez Rodríguez
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

Dr. Eder Ramos Hernández
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Dr. Eduardo Baltierra Trejo
CONACyT-Universidad Juárez Autónoma de Tabasco
Cátedras CONACyT

www.pexels.com

Resumen

Debido a derrames de residuos de mezclas de plaguicidas, el manejo inadecuado del equipo de fumigación y la falta de equipo de protección, los trabajadores y habitantes de las zonas agrícolas están expuestos a intoxicaciones agudas por plaguicidas. Investigaciones revelan que trabajadores agrícolas en diversos países no reciben capacitación sobre los aspectos de seguridad para el manejo y el almacenamiento de plaguicidas. Es importante determinar los factores que influyen en la falta de aplicación de las medidas de seguridad personal por parte de los trabajadores en el manejo de plaguicidas. El objetivo de esta investigación fue determinar los factores que representan un riesgo a la salud de los agricultores por el manejo de plaguicidas en la producción del cultivo de plátano en el estado de Tabasco. Para evaluar el proceso operativo del uso y manejo de plaguicidas en el cultivo del plátano se utilizó un análisis situacional también conocido como diagnóstico FODA por sus siglas (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas). Se encontró que las estrategias de capacitación y concientización dirigidas hacia los agricultores deben enfocarse en la eliminación adecuada de envases, evitar derrames de plaguicidas durante la preparación de la mezcla y en el uso completo del equipo de protección personal. La información generada ayudará a que las instituciones agrícolas y del sector salud tengan elementos para tomar medidas de acción para mejorar las condiciones de trabajo de los agricultores.

Abstract

Due to spills of residues from pesticide mixtures, improper handling of spraying equipment, and lack of protective equipment, workers and inhabitants of agricultural areas are exposed to acute pesticide poisoning. Research reveals that agricultural workers in several countries do not receive training on the safety aspects of pesticide handling and storage. It is important to determine the factors that influence the failure of workers to apply personal safety measures in the handling of pesticides. The aim of this research was to determine the factors that represent a risk to the health of the farmers due to the management of pesticides in the production of the banana crop in the state of Tabasco. To assess the operational process of the use and management of pesticides, a situational analysis was used, also known as Strengths, Opportunities, Weaknesses and Threats diagnosis. It was found that training and awareness strategies aimed at farmers should focus on proper disposal of containers, avoidance of pesticide spills during the preparation of the mixture and on the complete use of personal protective equipment. The information generated will help agricultural and health sector institutions have elements to take action to improve the working conditions of farmers.

Palabras clave

Análisis FODA, prácticas agrícolas, capacitación, equipo de protección personal, intoxicación aguda.

1. INTRODUCCIÓN

El uso indiscriminado y extenso de plaguicidas, se ha convertido en uno de los principales problemas ambientales y de salud en todo el mundo (Jallow et al. 2017; Machera et al. 2009). Debido a derrames, el manejo inadecuado del equipo de fumigación y falta de equipo de protección, los trabajadores y habitantes de las zonas agrícolas pueden entrar en contacto con los

plaguicidas, ya sea vía dérmica, oral, ocular o respiratoria (Kim et al. 2007; Machera et al. 2009; Morillo & Villaverde, 2017). La exposición a plaguicidas puede producir intoxicaciones agudas, enfermedades crónico-degenerativas y hasta la muerte (Patel & Rea, 2017). La Organización Mundial de la Salud estima que cada año ocurren en el mundo tres millones de casos de intoxicaciones, de las cuales el 70 % ocurre por exposición laboral. De estos casos entre el 7 y 10 % son fatales (Karunamoorthi et al. 2012; Mew et al. 2017).

En las plantaciones agrícolas de países tropicales la problemática puede ser mayor, debido a la necesidad de controlar plagas agrícolas de manera intensiva por la alta humedad en el ambiente. Tal es el caso del control de la plaga de Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) que afecta el monocultivo de plátano en el estado de Tabasco, México (Drenth & Guest, 2016). Uno de los plaguicidas que se utilizan para controlar esta enfermedad es el mancozeb (dithane, maneb, mancofol, manzate, etc.), que es un polímero complejo del etilen bis (ditiocarbamato) de magnesio y zonc, utilizado como fungicida protectivo (Bayouni et a. 2002) (Mancozeb), en dosis de 2 Kg/Ha con un intervalo de 42 a 50 aplicaciones anuales (Bakache et al. 2018). Aunque como precursor es de baja toxicidad, al entrar en contacto con el ambienta (agua, aire, luz) tiene una degradación rápida a ETU (etilentiourea), este metabolito es reportado como altamente su alta toxicidad y sus propiedades cancerígenas (Shukla y Arora, 2001).

De acuerdo con el Sistema Único de Información para la Vigilancia Epidemiológica (SUIVE), en el 2018 se registraron en México 3013 intoxicaciones agudas por plaguicidas, de las cuales 19 ocurrieron en el Estado de Tabasco. Sin embargo, estas cifras podrían no reflejar la magnitud real del problema, ya que en las estadísticas es evidente el subregistro (Guzmán-Plazola et al. 2016).

La agricultura es una de las industrias más peligrosas. Diversas investigaciones revelan que trabajadores agrícolas en diversos países no reciben capacitación sobre los aspectos de seguridad que deben cumplirse durante el manejo y el almacenamiento de plaguicidas. Por otro lado, en muchos casos también existen trabajadores capacitados que no aplican las medidas de prevención de riesgos (Whalley et al. 2009). Al respecto, son pocas las investigaciones sobre el riesgo laboral en zonas agrícolas por el manejo de plaguicidas; así como de las prácticas habituales de los trabajadores agrícolas durante el manejo de agroquímicos (MacFarlane et al. 2008). Por lo anterior, es importante determinar los factores que influyen para que los agricultores que participan en el cultivo de plátano no apliquen las medidas de seguridad personal en el manejo de plaguicidas, lo que podría provocar un riesgo de afectación a su salud.

El objetivo de esta investigación fue determinar los factores que representan un riesgo a la salud de los agricultores por el manejo de plaguicidas en la producción del cultivo de plátano en el estado de Tabasco. Para evaluar el proceso operativo del uso y manejo de plaguicidas en el cultivo del plátano se utilizó un análisis situacional también conocido como diagnóstico FODA.

2. METODOLOGÍA

Para determinar los factores que represen-

tan un riesgo a la salud de los trabajadores por el manejo de plaguicidas en el cultivo del plátano se realizó revisión de la normatividad mexicana, se evaluó el proceso operativo y se realizó un análisis situacional por la metodología FODA (Figura 1).

2.1. Área de estudio

El sitio de estudio fue un área de cultivo de plátano con una extensión de 1.4 Ha. Se ubica en la Ranchería Miahuatlán segunda sección del municipio de Cunduacán Tabasco, un polígono ubicado entre las coordenadas $1801'11.90" - 1801'13.50"N$, $9317'51.00" - 9317'53.20"O$. Las localidades más cercanas son los ejidos Cárdenas 1ª, 2ª sección y Calzada 2ª sección (Figura 2). El clima es cálido-húmedo, presenta una temperatura media anual de 26.2 °C, con máxima de 30.5 °C y mínimas de 22.5 °C.

2.2. Análisis FODA

Se elaboró el análisis FODA el cual consiste en identificar los criterios de análisis, determinar las causas reales internas y externas de los análisis, asignar una ponderación de cada aspecto a evaluar, y graficar los resultados. Para ello se adaptó la metodología planteada por Ramírez Rojas (2017):

1. **Identificación de los criterios de análisis.** Fueron seleccionados a partir de las disposiciones para el manejo y uso de plaguicidas en la agricultura establecidas en la NOM-003-STPS (1999), "Actividades agrícolas, uso de insumos fitosanitarios (plaguicidas) e insumos de nutrición vegetal (fertilizantes), condiciones de seguridad e higiene".

2. **Determinación de las condiciones reales.** Para ello se formuló y aplicó una encuesta y se tomó evidencia documental en campo. En la elaboración de la encuesta se utilizó el método diagnóstico rápido de preguntas abiertas para obtener información detallada acerca del tiempo que han laborado como agricultores, los días y horas que trabajan por semana, tipo y cantidad de plaguicida que usan, modo de preparación de la mezcla de fumigación, co-

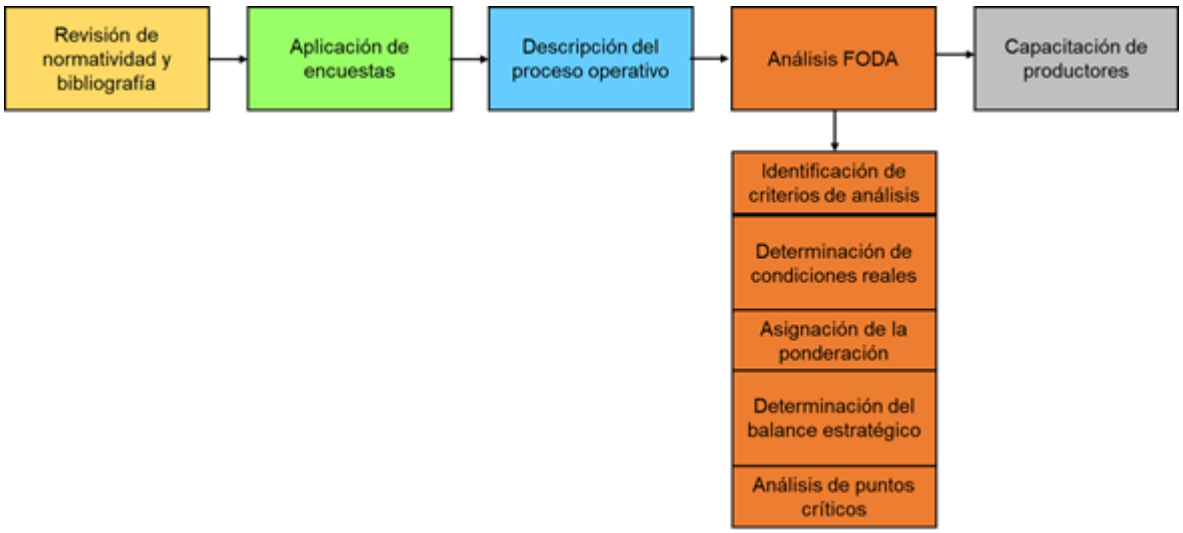


Figura 1. Metodología empleada en el estudio para determinar los factores de riesgo en trabajadores del cultivo del plátano.

mo aplican la mezcla de fumigación, como se informan sobre el manejo del plaguicida, acciones al finalizar la jornada de fumigación, acciones de mantenimiento a los equipos y almacenamiento de agroquímicos y sobre la disposición de los envases de agroquímicos. Adicionalmente, se realizó una visita prospectiva al inicio de las labores agrícolas (06:00 h) para observar el proceso de fumigación y se tomó evidencia fotográfica.

3. **Asignación de la ponderación.** Con los datos obtenidos se realizó una lista de evaluación para poder calificar los aspectos de cumplimiento e incumplimiento sobre el almacenamiento, uso de equipo de protección personal (EPP) y manejo del plaguicida. La evaluación consideró aspectos como: cantidades de plaguicidas almacenados, características de almacén, tipos de señalamientos, acciones en caso de derrames, acciones del manejo de plaguicida, mantenimiento de equipos de fumigación y acciones al finalizar la jornada. Posteriormente se asignó una ponderación para cada una de las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas, listadas de acuerdo en una escala de tres niveles que representan las condiciones reales de actuación observada en la unidad agrícola ante cada uno de los aspectos identificados, donde 3 denota el nivel mayor, 2 el intermedio y 1 el más bajo.

4. **Determinación del balance estratégico.** Para realizar el análisis global del proceso, se suman las calificaciones asignadas a las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas. Seguido se calcula el porcentaje de la contribución individual. Luego se calcula el balance estratégico que es la relación entre el factor de optimización, y el factor de riesgo de una organización o actividad.

   Balance estratégico: Factor de optimización $\leftrightarrow$ Factor de riesgo.
   F + O = Factor de optimización
   D + A = Factor de riesgo

5. **Graficación y análisis de puntos críticos.** Se especifica con diagramas los puntos críticos de las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas para cada uno de los factores; para establecer relaciones, valorar condiciones y emitir juicios que enriquezcan y apoyen el análisis.

2.3. Capacitación de productores agrícolas en el manejo de plaguicidas

Se realizó la capacitación de los productores agrícolas en el uso y manejo de plaguicidas con base a lo establecido en la "Guía de Capacitación, Elaboración de Programas de Capacitación" elaborada por la Secretaría de Trabajo y Previsión Social (Hurtig et al. 2003). Para la planificación de la capacitación se recabó información como edad, escolaridad y experiencia laboral.

3. RESULTADOS

3.1. Descripción del proceso de operativo de uso y manejo de plaguicidas

a) Actividades previas a la jornada. De acuerdo con la encuesta que se aplicó a los trabajadores, para llevar a cabo todas las actividades en la plantación agrícola se requieren cinco personas de sexo masculino. Dos de los trabajadores se dedican a la operación de fumigar. En el campo, colocan todos los materiales en el mismo lugar, donde tienen instalada una bomba que

los abastece de agua. Preparan la mezcla de fumigación en un contenedor metálico, esta consiste en 2.5 Kg del polvo de color amarillo de nombre comercial Mancozeb [etilen bis(ditiocarbamato) de magnesio y zinc], 300 mL de adherente y 200 L de agua. Mientras se prepara la mezcla, el resto de los trabajadores realizan la fertilización del cultivo con urea.

b) Almacenamiento. La construcción donde los agricultores almacenan los plaguicidas se ubica aproximadamente a 1 Km del campo de cultivo. En el interior hay animales domésticos como perros y pollos. La vivienda más próxima se ubica a 30 m del almacén. En el área de cultivo existen surcos de agua construidos para que no se inunden los terrenos en tiempo de lluvia. En el almacén no existe distribución de espacios, por lo que no hay orden en el acomodo de los equipos y materiales que son empleados para la operación de fumigación. Se encontró interacción de animales domésticos en el área, aunque la preparación de la mezcla de fumigación se realiza en el campo. Se carece de señalamientos de acciones obligatorias y prohibidas para minimizar posibles riesgos.

c) Uso de equipo de protección personal. Como ya se ha mencionado, los trabajadores no portan el EPP en el almacén, ni durante la preparación de la mezcla. Es el encargado de fumigación el único que se protege, pero de manera no adecuada. Utiliza casco, botas, overol de mangas largas y pañuelo que cubre sus orificios nasales y su boca. Se considera que esto no es suficiente, puesto que cuando se rellena la bomba de aspersión ocurren derrames, por lo que sus manos tienen contacto con el plaguicida, con una probable absorción dérmica. Mientras se fumiga el preparado se dispersa en el aire, por lo que el pañuelo puede ser insuficiente para retener las partículas de plaguicida, además que carece de protección para evitar la exposición ocular. En riesgo de exposición similar se encuentran los trabajadores encargados de agregar el fertilizante en la plantación, ya que, aunque no realizan la operación de fumigación, laboran simultáneamente dentro del área sin protección alguna.

d) Acciones al finalizar la jornada. Se observó que las personas que realizan la fumigación utilizan la mezcla de plaguicida hasta que se termina. Posteriormente lavan la bomba de aspersión derramando el agua residual en el suelo. Los envases de herbicidas son desechados en el área, y el contenedor de la mezcla no es lavado. Únicamente el fumigador se enjuaga las manos y se limpia el cuerpo con una franela húmeda, después se cambia la ropa y guarda el overol para posteriormente lavarlo en su hogar.

En la Figura 2 se muestra material fotográfico en los que se aprecia la situación existente en la finca platanera estudiada antes de la capacitación de los trabajadores agrícolas.

3.2. Identificación de criterios de análisis

Con base en la NOM-003-STPS-1999 (STPS, 2003) se registraron las observaciones correspondientes a las condiciones de almacenamiento y manejo de plaguicidas (Tabla 1).

De acuerdo con la información recabada, en el almacenaje únicamente se cumplen con el 56 % de las recomendaciones de seguridad descritas por la norma, mientras

Figura 2. Evidencia fotográfica situacional del uso y manejo de plaguicidas en una plantación de plátano del estado de Tabasco, México. a) Preparación habitual del plaguicida, b) Derrames de plaguicidas, c) Proceso de aplicación por aspersión del plaguicida, d) Exposición de alimentos en el campo.

Tabla 1. Registro de observaciones del cumplimiento de la NOM-003-STPS-1999, en plantación de cultivo de plátano en Tabasco, México.

Aspecto	**Estado**
Almacenamiento	
El almacén está bien ventilado e iluminado	Si cumple
El almacén tiene piso firme y puede lavarse	Si cumple
Sin peligro de inundaciones ni arrastre de drenajes	Si cumple
Distribución de áreas	No cumple
Clasificación de equipos y materiales (orden)	No cumple
Existencia de señalamiento de acciones obligatorias y prohibitivas	No cumple
Almacenaje de plaguicidas en recipientes originales	Si cumple
Evitar la preparación de mezclas de fumigación en el área	Si cumple
Interacción de animales domésticos en el área	No cumple
Manejo	
Uso del equipo de protección personal en el almacén	No cumple
Uso de equipo de protección personal en la preparación de la mezcla	No cumple
Uso de equipo de protección personal durante la aplicación:	
Guantes	No cumple
Máscara	No cumple
Delantal	No cumple
Casco	Si cumple
Botas	Si cumple
Prevención de derrames durante la preparación de la mezcla	No cumple
Usar la totalidad de la mezcla preparada	Si cumple
Almacenaje de envases de plaguicidas	No cumple
Lavado correcto de equipos y desecho de agua residual	No cumple
Mantenimiento y almacenaje correcto del equipo de protección	No cumple
Se lleva un registro del tipo y cantidades de plaguicidas preparadas	No cumple

que durante el manejo del plaguicida se cumple con el 23 % de las disposiciones.

3.3. Determinación de las condiciones reales:

En la Tabla 2 se presenta la matriz de determinación de condiciones reales.

3.4. Determinación del balance estratégico

A continuación, se muestra el cálculo del balance estratégico:
Balance estratégico: Factor de optimización ↔ Factor de riesgo
Balance estratégico: (F + O) ↔ (D + A)
Balance estratégico: 40 % ↔ 60 %

De acuerdo con los resultados, el factor de riesgo muestra un pasivo del 20 %, por lo que deben atenderse las condiciones que ponen en riesgo a la organización, en este caso al grupo de trabajadores agrícolas en la producción de plátano.

3.5. Análisis de puntos críticos.

Con base en la experiencia, es posible afirmar que la principal fortaleza en el manejo y uso de plaguicidas en el grupo analizado es que la finca platanera cuenta con el espacio adecuado para el almacenaje de los plaguicidas. La principal oportunidad es que se pueden tomar acciones que contribuyan a la disminución de los riesgos a la salud de los trabajadores. Las principales debilidades en el manejo y uso de plaguicidas son la incorrecta eliminación de envases y la generación de residuos por derrames de plaguicidas, además del uso inadecuado del EPP. La principal amenaza es el daño a la salud (Figura 3).

4. DISCUSIÓN

La falta de cumplimiento de las medidas de seguridad en las actividades agrícolas parece ser una constante que va más allá del grado de desarrollo de los países o de las diferencias culturales. Por ejemplo, en un estudio realizado en campos agrícolas de Carolina del Norte, Estados Unidos se estimó que entre el 15 y 25 % de los trabajadores no había recibido capacitación. Por otro lado, se encontró que muchos de los trabajadores que si recibieron capacitación no la entendieron, lo que varió en un amplio rango en las distintas plantaciones (25 a 70 % de los trabajadores encuestados). Aunque la producción agrícola es tecnificada, las inspecciones de seguridad son limitadas y los empleadores no se hacen responsables de la capacitación y de proporcionar a los trabajadores equipos de protección personal, ya que están enfocados en hacer el trabajo de forma rápida y económica (Whalley et al. 2009).

En un estudio realizado en Chile, se encontró que frecuentemente los plaguicidas agrícolas son almacenados en el espacio donde habitan los agricultores. Mientras que cuando son almacenados en un área especial para ello, animales de corral también son resguardados en el mismo sitio. Una tercera parte de los almacenes revisados también incumplen normas de seguridad como la carencia de piso sólido y lavable, uso de señalamientos preventivos e indicativos, adecuada ventilación e iluminación. En cuanto al uso del equipo de protección la mayoría de los encuestados usan guantes, pero la mitad no usan gafas, mascarilla ni traje especial en la fumigación (Silva et al. 2015).

En las fincas productoras de cebolla en el municipio de Pasto Colombia, la mayoría de los agricultores tienen bajo nivel educativo. El 53.5 % de los agricultores usa

Tabla 2. Matriz de determinación de condiciones reales y ponderación en el manejo y uso de plaguicidas por productores agrícolas en el cultivo del plátano.

Fortalezas	**Oportunidades**
Las instalaciones destinadas para el almacenaje de plaguicidas son adecuadas. (3)	Disminuir las probabilidades de accidentes en el almacén y en campo. (2)
Preparación de la mezcla de fumigación en un punto en específico. (2)	Contribuir con las buenas prácticas agrícolas ambientalmente seguras. (1)
Uso de la mezcla del plaguicida hasta que se agote. (1)	Capacitación para disminuir afectaciones a la salud. (3)
6 = 20 %	**6 = 20 %**
Debilidades	**Amenazas**
Interacción de animales domésticos con los plaguicidas (1).	Riesgos de accidentes en almacén. (1)
Falta de señales de acciones prohibidas y obligatorias en el almacén. (1)	Probabilidad de afectación a la salud de los agricultores. (3)
Falta de orden y mala distribución de materiales y equipos. (1)	Riesgo de contaminación del suelo y el agua por inadecuada disposición de envases agroquímicos y la acción de lluvias o escorrentías. (2)
Inadecuada disposición de envases de agroquímicos y de eliminación de residuos de mezclas (3)	
Uso de EPP inadecuado. (3)	
Falta de medidas de limpieza y aseo al final de la operación. (2)	
Falta de registros e inventarios. (1)	
12 = 40 %	**6 = 20 %**

Nota: Los valores entre paréntesis representan las condiciones reales de actuación observada en la unidad agrícola, donde 3 denota el nivel mayor, 2 el intermedio y 1 el más bajo.

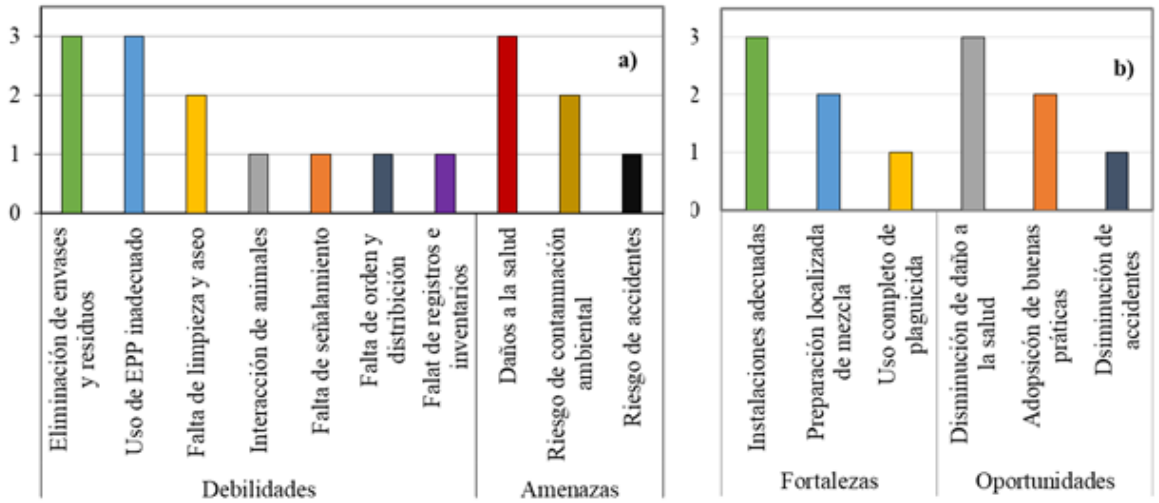


Figura 3. Análisis de puntos críticos del uso y manejo de plaguicidas en el cultivo de plátano en Tabasco. a) Fortalezas y oportunidades, b) Debilidades y amenazas.

los plaguicidas sin entender las etiquetas, ya que consideran que la información que contienen es confusa (Arévalo et al. 2014). Para minimizar los riesgos a la salud por intoxicación, el diseño de las etiquetas debe ser entendible para los trabajadores o deben capacitarse para que comprendan el significado de la información que contienen.

Como se puede notar las mayores deficiencias de conocimiento son los países en desarrollo por ejemplo la investigación que se realizó en Villa Punata Bolivia, el 33.3 % de los agricultores no sabe el tipo de plaguicida que utiliza para la fumigación (Bustamante-Villarroel et al. 2014). El desconocimiento de los agricultores y la población en general repercute en su salud, ya que se reportó que el 61.1 % de la población presentaron síntomas respiratorios, dermatológicos, oftalmológicos y nerviosos.

Otro de los mayores problemas hacia la salud es la inadecuada disposición de los envases vacíos, ya que muchos los entierran o queman, los envases que son enterrados luego liberan su contenido y entra en contacto con aguas subterráneas y superficiales las cuales abastece a poblaciones cercanas y los envases que son quemados liberan humo y compuestos tóxicos que repercuten en la salud humana (Ramírez-Bustos et al. 2018). Es necesario determinar las condiciones que ocasionan la falta de cumplimiento de las normas de seguridad. Una investigación realizada en Etiopía mostró que 67 % de los encuestados eran analfabetas y concluyeron que el riesgo de exposición a plaguicidas era directamente proporcional a su nivel educativo. De acuerdo con Karunamoorthi et al. (2012), el nivel educativo puede explicar el bajo nivel de conocimiento sobre el manejo y uso de plaguicidas, por lo que implica la adopción de prácticas peligrosas. Otros investigadores en Nepal, Brasil y Ecuador han coincidido que la falta de preparación educativa es la principal causa por la que los trabajadores no entienden ni adoptan las medidas de prevención de riesgos recibidas (Atreya, 2007; Faria et al. 1999; Hurtig et al. 2003; Karunamoorthi et al. 2012).

De acuerdo con Bejarano-González (2017),

en México existe una carencia de conocimiento sobre los daños a la salud por exposición a los plaguicidas. Aunque existe normatividad que regulan el uso y manejo de los plaguicidas, no se lleva a cabo la vigilancia de su cumplimiento.

En un estudio que se realizó en la localidad Nueva Libertad, Chiapas se encontró que el 96 % de los agricultores conocen los daños a la salud y al ambiente por el uso de plaguicidas. Sin embargo, ellos creen que los únicos vulnerables a los agroquímicos son los niños y las mujeres. Los investigadores concluyeron que la falta de conocimiento y comprensión de los riesgos son consecuencia de una capacitación inadecuada (Escobar-Castillejos et al., 2011).

En la Comarca Lagunera de Coahuila y Durango México donde se cultivaron hortalizas del 2005 al 2015 se usó intensivamente plaguicidas. Se realizó una evaluación donde se obtuvo que la mayoría de los agricultores tenían edad avanzada por lo que se reflejaba el poco rendimiento laboral y tenían bajo nivel educativo. Esto provocó que tanto las actividades agrícolas como el manejo del plaguicida fueran inadecuado (Esquivel-Valenzuela et al. 2019).

En un estudio en el municipio de Autlán de Navarro de Jalisco, concluyen que la intoxicación por uso de plaguicidas está relacionada con la falta de conocimiento que sea impartido por técnicos, capacitación en el manejo y uso de agroquímicos, la falta de información de los vendedores de los productores. Los inadecuados conocimientos adquiridos por los agricultores es enseñado a sus hijos, representando un riesgo a la salud (Guzmán-Plazola et al., 2016).

Por lo anterior expuesto, es importante desarrollar mecanismos para que los productores agrícolas adquieran consciencia de la importancia del manejo, uso y disposición adecuada de plaguicidas, así como del uso del EPP, se asume que es el aspecto más importante para reducir riesgos a la salud, pero también el más omitido por los trabajadores (Jallow et al. 2017).

Al respecto, para capacitar a los productores de plátano que participaron en este estudio, se empleó una metodología didáctica que incluyó el aprendizaje cognoscitivo y afectivo, permitiendo expresar a los trabajadores sus opiniones con respecto al tema, para con ello facilitar su identificación con la problemática. Los capacitadores emplearon una técnica expositiva, interrogativa y demostrativa, utilizaron diversos recursos visuales como videos, imágenes, diapositivas y un manual. Los investigadores consideramos que esta es una manera efectiva para lograr la apropiación del conocimiento por parte de los trabajadores agrícolas con o sin formación escolar.

CONCLUSIÓN

El análisis FODA es una herramienta que puede apoyar el proceso de planeación estratégica de campañas de capacitación en el uso y manejo de plaguicidas, ya que permite contar con un diagnóstico de sus condiciones operativas. Su importancia consiste en la evaluación de los puntos fuertes y débiles de cada agrupación, considerando la influencia de factores tanto internos, como externos.

A partir de los datos recabados en esta investigación, fue posible establecer los aspectos que deben considerar las capacitaciones para el uso correcto de equipo

de protección personal y manejo adecuado de los plaguicidas. Se concluye que las estrategias de capacitación y concientización dirigidas hacia los agricultores deben enfocarse en la eliminación adecuada de envases, evitar derrames de plaguicidas durante la preparación de la mezcla y en el uso completo del equipo de protección personal.

Los agricultores comprendieron la importancia del manejo correcto de agroquímicos y del equipo de protección personal. Adoptaron ciertos cambios, pero existió cierta resistencia debido a la costumbre de realizar los procedimientos en la forma en que fueron enseñados. Por lo anterior, es necesario hacer las capacitaciones de forma constante y planear las actividades para revertir los hábitos inadecuados.

La información generada en análisis situacionales del uso y manejo de plaguicidas permitirá que las instituciones agrícolas y del sector salud tomen medidas de acción para mejorar las condiciones de trabajo de los agricultores del estado de Tabasco.

Recomendaciones

Es necesario desarrollar el análisis en otras fincas plataneras con el propósito de ampliar los resultados de la investigación. Estos deben considerar tanto pequeños productores como plantaciones intensivas, ya que el grado de tecnificación puede reflejarse en comportamientos distintos.

Las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas, incluidas en el diagnóstico, dependerán de las condiciones específicas de cada organización. Por lo que no se deben generalizar las situaciones encontradas a entidades distintas, presuponiendo reacciones similares.

Las propuestas de mejora en el manejo y uso de plaguicidas por los productores agrícolas deben orientarse tanto a disminuir las debilidades, reforzar y mantener las fortalezas como a la búsqueda de oportunidades convenientes para con el propósito de reducir los impactos ambientales y a la salud humana. Las mejoras aceptadas por los agricultores deben ser congruentes con su idiosincrasia y capacidades económicas.

Al darle seguimiento a estas investigaciones en materia de manejo de plaguicidas, se podría crear vínculos entre instituciones de gobierno como: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Comisión Federal para la Protección Contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS), Secretaría de agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) o Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA).

Las instituciones antes mencionadas podrían colaborar con instituciones educativas, centros de investigación y asociaciones civiles enfocadas a la protección del ambiente. De manera conjunta deben llevar a cabo programas de capacitación de las buenas prácticas agrícolas enfatizando el manejo adecuado de agroquímicos y el correcto uso de equipo de protección personal.

Es recomendable que se hagan estas actividades de forma constante, realizando inspecciones para registrar el comportamiento de los agricultores con respecto a lo aprendido, además se tiene que difundir información en donde se busque educar tanto a los vendedores de agroquímicos como a los agricultores en temas relacionados a las acciones correctas para el cuidado del ambiente y la importancia

de este con respecto la salud de la población.

Agradecimientos
Nuestros agradecimientos al Señor Adrián Ramos Rivera, por el acceso pleno a sus instalaciones agrícolas y colaborar con toda disposición en las diferentes etapas de este proyecto.

Referencias

Arévalo A, Bacca, T. and Soto, A., Diagnóstico del uso y manejo de plaguicidas en fincas productoras de cebolla junca Allium fistulosum en el municipio de Pasto, Revista Luna Azul, [38], pp.132-145, 2014.

Atreya K., Pesticide use knowledge and practices: A gender differences in Nepal, Environ. Res, 104, pp. 305-311, 2007.

Bakache, A., Douzals, J., Bonicelli, B., Cotteux, E., de Lapeyre de Bellaire, L. and Sinfort, C., Development of a rapid methodology for biological efficacy assessment in banana plantations: application to reduced dosages of contact fungicide for Black Leaf Streak Disease (BLSD) control, Pest. Manag. Sci, 75, pp.1081-1090, 2019.

Bayoumi, A.E., & Ordóñez, C., & Pérez Pertejo, Y., & Balaña Fouce, R., & Ordóñez, D. (2002). Citotoxicidad del fungicida mancozeb en cultivos de CHO-K1. Revista de Toxicología, 19(1),29-34.[fecha de Consulta 14 de Septiembre de 2021]. ISSN: 0212-7113. Disponible en: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=91919103

Bejarano-González, F., Los plaguicidas altamente peligrosos en México. 1st ed. Red de acción sobre plaguicidas y Alternativas en México, A.C. (RAPAM), México, pp. , 2017 https://www.rapam.org/wp-content/uploads/2017/09/Libro-Plaguicidas-Final-14-agst-2017sin-portada.pdf [Acceso 08 de enero de 2020].

Bustamante-Villarroel, S., Segales-Rojas, D., Zurita-Herrera, L., Fernandez-Arancibia, M., Torrico-Condarco, S. and Jarro-Mena, R., Uso inadecuado de plaguicidas y sus consecuencias en la salud de la población La Villa, Punata, Cochabamba, Bolivia, 2013, Gac. Med. Bol, 37[1], pp.11-14, 2014.

Drenth, A. and Guest, D., Fungal and oomycete diseases of tropical tree fruit crops, Annu. Rev. Phytopathol, 54, pp. 373-395, 2016.

Escobar-Castillejos, D., Caballero-Roque, A. and Osten, R., Prácticas de utilización para plaguicidas en la localidad Nueva Libertad, La Concordia, Chiapas, Rev. Mex. Cienc. Agríc. 2, pp.19-30, 2011.

Esquivel-Valenzuela, B., Cueto-Wong, J., Valdez-Cepeda, R., Pedroza-Sandoval, A., Trejo-Calzada, R. and Pérez-Veyna, Ó., Prácticas de manejo y análisis de riesgo por el uso de plaguicidas en la Comarca Lagunera, México, Rev. Int. Contam. Ambie, 35[1], pp. 25-33, 2019.

Faria, N., Facchini, L., Fassa, A. and Tomasi, E., A cross-sectional study about mental health of farm-workers, Revista de saude publica, 33[4], pp. 391-400, 1999.

Guzmán-Plazola, P., Guevara-Gutiérrez, R., Olguín-López, J. and Mancilla-Villa, O., Perspectiva campesina, intoxicaciones por plaguicidas y uso de agroquímicos, Idesia (Arica), 34[3], pp. 69-80, 2016.

Hurtig, A., Sebastián, M., Soto, A., Shingre, A., Zambrano, D. and Guerrero, W., Pesticide use among farmers in the Amazon basin of Ecuador, Arch. Environ. Health: An. Int. J, 58[4], pp. 223-228, 2010.

Jallow, M., Awadh, D., Albaho, M., Devi, V. and Thomas, B., Pesticide knowledge and safety practices among farm workers in Kuwait: Results of a survey, Int. J. Environ. Res. Public Health, 14[4], pp. 340, 2017.

Karunamoorthi, K., Mohammed, M. and Wassie, F., Knowledge and practices of farmers with reference to pesticide management: implications on human health, Arch. Environ. Occup. Health, 67[2], pp.109-116, 2012.

Kim, J., Choi, K., Cho, I., Son, H. and Zoh, K., Application of a microbial toxicity assay for monitoring treatment effectiveness of pentachlorophenol in water using UV photolysis and TiO2 photocatalysis, J. Hazard Mater, 148[2], pp. 281-286, 2007.

MacFarlane, E., Chapman, A., Benke, G., Meaklim, J., Sim, M. and McNeil, J., Training and other predictors of personal protective equipment use in Australian grain farmers using pesticide, J. Occup. Environ, Med, 65[2], pp.141-146, 2008.

Machera, K,, Tsakirakis, A,, Charis Karunamoorthi tou, A., Anastasiadou, P. and Glass. C., Dermal exposure of pesticide applicators as a measure of coverall performance under field conditions, Ann. Occup. Hyg, 53[6] pp. 573-584, 2009.

Mew, E., Padmanathan, P., Konradsen, F., Eddleston, M., Chang, S., Phillips, M. and Gunnell, D., The global burden of fatal self-poisoning with pesticides 2006-15: systematic review, J. Affect Disord, 219, pp. 93-104, 2017.

Morillo, E. and Villaverde, J., Advanced technologies for the remediation of pesticide-contaminated soils, Sci. Total Environ. 586, pp. 576-597, 2017.

Norma Oficial Mexicana NOM-003-STPS-1999, Actividades acrícolas-uso de insumos fitosanitarios o plaguicidas e insumos de nutrición vegetal o fertilizantes-condiciones de seguiridad e higiene, Secretaría de Trabajo y Previsión Social (STPS), DOF, 2003.

Rea, W., Patel, K., Pesticides and Chronic Diseases. In: Rea WJ, Patel KD (ed). Reversibility of Chronic Disease and Hypersensitivity, CRC Press, pp. 649-904, 2017.

Ramírez-Bustos, I., Martínez, V., Juárez-López, P., Guillén-Sánchez, D., Alia-Tejacal, I., Rivera-León, I., Saldarriaga-Noreña, H. and Jiménez-García, D., Identificación de envases vacíos de plaguicidas en plantaciones de nopal verdura, Opuntia ficus-indica (L.) Mill.(Cactaceae), en Morelos, México, Acta Agrícola y Pecuaria, 4[1] pp.18-25, 2018.

Ramírez-Rojas, J., Procedimiento para la elaboración de un análisis FODA como una herramienta de planeación estratégica en las empresas. In: Repositorio UDGVirtual. Universidad de Guadalajara, 2017 `https://www.uv.mx/iiesca/files/2012/12/herramienta2009-2.pdf`. [Acceso 10 de abril de 2020].

Silva, A., Arancibia, M., Pulgar, C., Astorga, L., Castillo, A., Adasme, V., Quiroz, J., García, J., Cavieres, M., Exposición a plaguicidas y prácticas de uso y protección

en embarazadas de zona rurales en control de atención primaria en la región de Valparaíso, Chile, Rev. Chil. Obstet. Ginecol, 80[5], pp. 373-380, 2015.

Shukla, Y. and A. Arora. 2001. Transplacental carcinogenicpotential of the carbamate fungicide mancozeb. J. Environ.Pathol. Toxicol. Oncol. 20(2):127-131.

Whalley, L., Grzywacz, J., Quandt, S., Vallejos, Q., Walkup, M., Chen, H., Galván, L. and Arcury, T., Migrant farmworker field and camp safety and sanitation in eastern North Carolina, J. agromedicine,14[4], pp. 421-436, 2009.

Open Access: ¿una nueva forma de comunicar la Ecología Forestal?

Dr. José Luis Martínez Sánchez
Dra. Carolina Zequeira Larios
Dr. Humberto Hernández Trejo
División Académica de Ciencias Biológicas
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

www.pexels.com

Resumen
Históricamente, los artículos científicos open access (OA) han sido mas citados que los no-OA, lo cual se comparó para la ecología forestal con 164 artículos de los años 2015 y 2018 en 41 revistas de editoriales de prestigio. Se encontró que en esta disciplina, los artículos OA también son mas citados que los no-OA, y mientras el factor de impacto (FI) de la revista, número de autores, referencias y páginas son mayores, también su citación. No se encontraron diferencias (P = 0.58) en la generación de conocimiento nuevo medido a través de sus citas en revistas con FI >10.

Palabras clave
Divulgación, web of science, google scholar, bibliometría, factor de impacto.

Abstract
Historically, open access (OA) scientific articles have been more cited than non-OA. This comparison was made in forest ecology by means of 164 articles from 41 journals of prestigious publishers for the years 2015 and 2018. It was found that in this discipline, OA articles are also more cited than non-OA articles, and while the impact factor (IF) of the journal, number of authors, references and pages are higher, so are their citations. No differences were found (P = 0.58) in the generation of new knowledge measured through citations in journals with IF >10.

Keywords
Dissemination, web of science, google scholar, bibliometry, impact factor.

El fin de un artículo científico es generar conocimiento nuevo que sea útil para la solución de problemas y bienestar de la humanidad, y para su autor, que su investigación sea usada y citada. Esta función se puede cumplir en la medida que la publicación sea mas accesible. La publicación open access (OA) es definida como información en línea, libre de pagos, y rápidamente disponible al público (Shah 2017). Sus beneficios son mayor accesibilidad y rapidez de la publicación, que la publicación tradicional no-OA de pago por acceso (Shah, 2017). OA provee acceso libre a la información para la solución de problemas actuales como el Covid-19.

A raíz del surgimiento de los artículos en OA en la década de los 90's (Laasko et al., 2011), esta modalidad de publicación ha mostrado mayor citación que el formato no-OA en la mayoría de las ciencias. Está cambiando gradualmente las formas de investigación científica, búsqueda de literatura, edición de revistas y publicación (Gasparyan et al., 2013). Piwowar et al. (2018) estiman que hasta el año 2015 el 47 % de los artículos vistos y 28 % publicados son OA. OA no se trata solo del acceso público o la difusión del conocimiento, sino de aumentar el impacto, y por lo tanto el progreso de la investigación científica (Gargouri et al., 2010).

A partir de 70 estudios analizados, Tennants et al. (2016) concluyeron que el 66 % de los artículos OA aumentaron el impacto de diversas áreas como Botánica (8 %), filosofía (45 %), matemáticas (91 %), medicina (300 %), Ciencias Agrícolas (621 %), entre otras. En el área de las ciencias ambientales, solo se ha analizado el impacto de OA en la Ecología (Norris et al., 2008), pero no en la subdisciplina de ecología forestal

(estudio de las interacciones entre organismos animales o plantas con un ecosistema predominado por árboles). El objetivo del presente estudio fue conocer qué tipo de artículo es mas citado en ecología forestal y porqué, así como su impacto en revistas de alto impacto.

Método

A diferencia del análisis del efecto OA a nivel de revista (Bjork and Solomon, 2012), aquí se hizo a nivel de artículo (Tennants, 2016), debido a que muchas revistas OA pueden ser de baja calidad, y los artículos y revistas OA y no OA serían no comparables (Shah, 2017).

Se usaron tres bases de datos de internet: Springer Nature Journals List 2020 con 2,084 revistas, Journal Rankings on Ecology (391) y List of forestry journals (53), de donde se seleccionaron 41 revistas híbridas (simultáneamente publican artículos OA y no-OA) del quartil (Q1) de seis editoriales de prestigio del área forestal o ambiental. Para cada revista se determinó su porcentaje de artículos OA, y se obtuvo su quartil y factor de impacto (FI).

En cada revista se eligieron los años 2015 y 2018. Davis et al. (2008) no encontraron ventaja de citación de artículos OA en su primer año de publicación. Se necesita un mínimo de dos años para que las citas del año más reciente se estabilicen (Gargouri et al., 2010). Bjork and Solomon (2012) usaron el factor de citación (FI) de solo dos años. Para cada año se seleccionó el primer volumen, o en su defecto, se escribió la palabra "forest" en el campo del título de las opciones avanzadas de búsqueda. Del resultado se seleccionó el primer número en cada revista donde se seleccionó primero el articulo OA y después su contraparte non-OA lo mas similar posible en fecha de publicación y tema particular. Se compararon los artículos OA vs. non- OA uno a uno, de la misma revista, número y volumen (Swan and Brown, 2004).

De cada artículo se obtuvo su número de autores, referencias, páginas, y citas CrossRef, Google Scholar (GS), ISI Web of Science (WoS) y Scopus. Para cada número consultado se obtuvo su número de artículos total, OA y non-OA. Finalmente, se obtuvo el número total de artículos de la revista con la keyword "forest" en su título. Se utilizó la regresión logística múltiple para probar si las variables del articulo podían predecir su citación. Finalmente, para tener un indicador del impacto del artículo OA en la generación de conocimiento, se estimó con GS la frecuencia de citación de cada artículo en revistas de alto impacto (FI $>$10, 2.04 % de las revistas incluidas en el JCR 2020), con mayor rigor científico y probabilidad o certidumbre de publicar un conocimiento nuevo. Esta comparación se realizó con la t-Student.

Resultados

Se utilizaron 164 artículos. Su valor global promedio de citas fue mayor en Google (22.5) y menor en WoS (14.2), existiendo artículos con 0 citas (2018) hasta 299 citas (2015). Las revistas utilizadas publicaron en promedio 1997 artículos con la palabra clave "forest", hasta una revista exclusivamente forestal que publicó 15,375 artículos con esta palabra (Tabla 1). El FI promedio de las revistas fue 3.27.

Los artículos OA fueron aproximadamente el doble de veces mas citados que los artículos non-OA en las cuatro formas de citación y en su valor promedio (20.1 vs. 12.5) (Figura 1). El número de autores en

Tabla 1. Valores globales de los 164 artículos utilizados de ecología forestal.

	max	min	X	d.s.	N
FI de las revistas	10.5	1.0	3.27	2.1	164
Citas CrossRef	120	0	14.63	20.2	159
Citas Google	299	0	22.5	35.1	163
Citas Scopus	125	0	15.12	20.1	160
Citas WoS	115	0	14.2	19.4	160
No. Autores	20	1.0	4.78	3.14	164
No. Referencias	193	23	66.8	27.7	133
No. Pág.	42	4.0	12.1	5.47	158
Núm. de art. en la revista con palabra clave "forest"	15375	64	1996.8	2614.6	164
Núm de art. en el número consultado	98	2.0	20.5	21.2	82
Núm de art. OA en el número consultado	50	1.0	2.7	5.6	82
Núm de art. no OA en el numero consultado	97	3.0	22.7	22.1	82

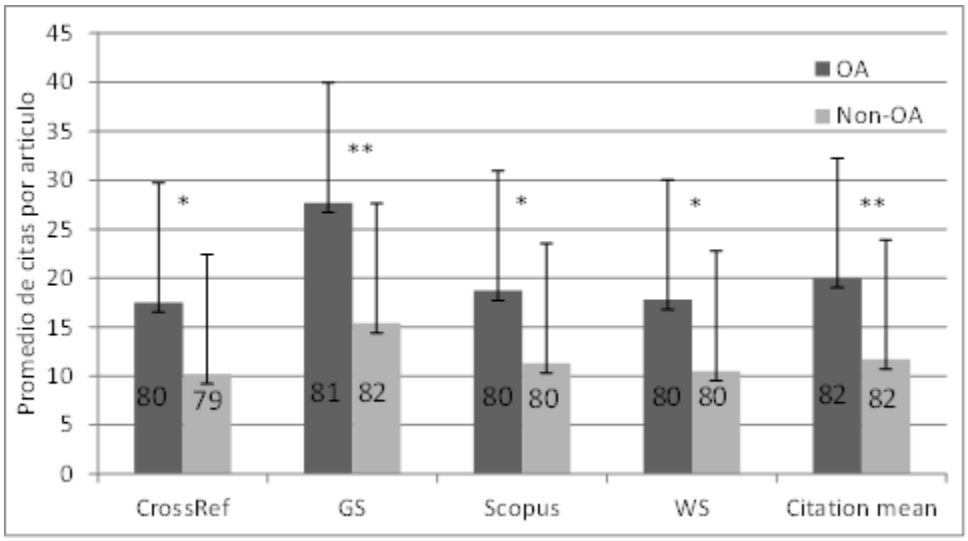


Figura 1. Comparación de tres tipos de citación de artículos OA y non-OA en el área de ecología forestal. Media +- d.s. * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$. En cada barra se indica el número de artículos.

promedio fue mayor en los artículos OA que en los non-OA (5.5 vs 4.0), y el número de páginas y referencias fue similar (OA: 12.7, 65.2; non-OA: 11.5, 69.4, respectivamente).

Los cinco modos de citación fueron pronosticados por las variables número de autores, referencias, páginas y FI de la revista (Tabla 2). La variable mas predictiva fue el FI. Los artículos de ecología forestal de revistas científicas con un mayor FI ($x = 3.27 + -2.1$ S.d.), escritos por un mayor número de autores ($x = 4.78 + -3.14$S.d.), que contienen mayor número de referencias ($x = 66.8 + -27.7$ S.d.), y son mas extensos en su contenido ($x = 12.4 paginas + -5.47$ S.d.), fueron mas citados. Los artículos con mayor número de autores y paginas contienen más referencias.

De la muestra analizada de 164 artículos de ecología forestal, el 11 % (18) fueron citados en revistas con un FI >10 produciendo un total de 38 citas. Las revistas fueron Science, Nature, Nature Plants, Nature Ecology and Evolution, Nature Climate Change, Nature Energy, Science Advances, Biological Reviews y Global Environmental Change con un FI entre 10.47 y 42.8. No hubo diferencia en el número de citas producidas entre ambos tipos de artículos (Fig. 2).

Discusión

El presente estudio se basó en un análisis de 164 artículos, 41 revistas y una disciplina. Estudios similares se han realizado con 203 artículos (Grandbois y Beheshti, 2014), una revista, y una disciplina (Tennants et al., 2016; Holmberg et al., 2020). El FI de las revistas se correlacionó positivamente con el número de citas, indicando una mayor citación para las revistas de mayor impacto.

Artículos más largos, con más referencias y publicados en revistas con factores de impacto más altos, tienen más descargas y por lo tanto citas (Davis et al., 2008). Grandbois y Beheshti (2014) encontraron en un estudio de revistas multidisciplinarias OA a partir de 202 artículos, que la mayoría tuvo un autor (58 %), seguida de dos autores (31 %), tres autores (9 %), cuatro autores (2 %), y solo un artículo con cinco autores, y número promedio de referencias de 33, mientras que para el área de ecología forestal se encontraron valores promedio mucho mayores (5.5 autores y 65.2 referencias). No así para el valor promedio de páginas de 13.7 por Grandbois and Beheshti (2014), y 12.7 aquí.

Artículos con mayor número de autores denotan que las investigaciones son de mayor calidad con especialistas en varias áreas del conocimiento que mejoran la investigación. Además, se traduce en una investigación más extensa, completa y con mas información relevante. La mayor citación de un artículo, seguramente se debe a su mayor calidad de información y que en buena parte proviene de sus referencias bibliográficas.

De los 164 artículos de ecología forestal analizados, solo el 11 % (18) fueron citados en revistas con un FI >10 y considerados como artículos que estrictamente contribuyeron a la generación de conocimiento nuevo. No hubo diferencia entre los dos grupos de artículos (P = 0.58). En la medida en que el umbral del FI de las revistas baja, el porcentaje de artículos citados aumenta.

Como conclusión se puede decir que

Tabla 2. Valores del modelo de regresión logística múltiple entre cuatro variables predictivas (FI, número. de autores, de referencias y de páginas) y cuatro variables dependientes (tipos de citación de los artículos).

	P Modelo general	Tipos de citación	"r2" %	Fuentes de variación	P
No-OA N = 82	0.0005	CrossRef	20.1	FI 2019	0.0005
	0.017	GS	10.8	FI 2019	0.017
	0.003	Scopus	16.1	FI 2019	0.003
	0.004	WS	11.6	FI 2019	0.004
	0.02	Citación media	21.5	FI 2019	0.02
OA N = 82	0.0000	CrossRef	20.4	FI 2019	0.01
				Referencias	0.003
	0.0001	GS	19.8	FI 2019	0.01
				Referencias	0.009
	0.0007	Scopus	15.7	FI 2019	0.001
				Páginas	0.03
	0.0000	WoS	23.3	FI 2019	0.001
				Autores	0.05
				Referencias	0.03
	0.0000	Citación media	37.1	FI 2019	0.03
				Autores	0.02
				Referencias	0.04
				Páginas	0.02
Todos N = 164	0.0000	CrossRef	20.2	FI 2019	0.0000
				Referencias	0.004
	0.0000	GS	20.4	FI 2019	0.0001
				Autores	0.03
				Páginas	0.02
	0.0000	Scopus	17.2	FI 2019	0.0000
				Páginas	0.03
	0.0000	WoS	19.4	FI 2019	0.0000
				Autores	0.004
	0.0000	Citación media	31.4	FI 2019	0.0002
				Autores	0.001
				Páginas	0.0002

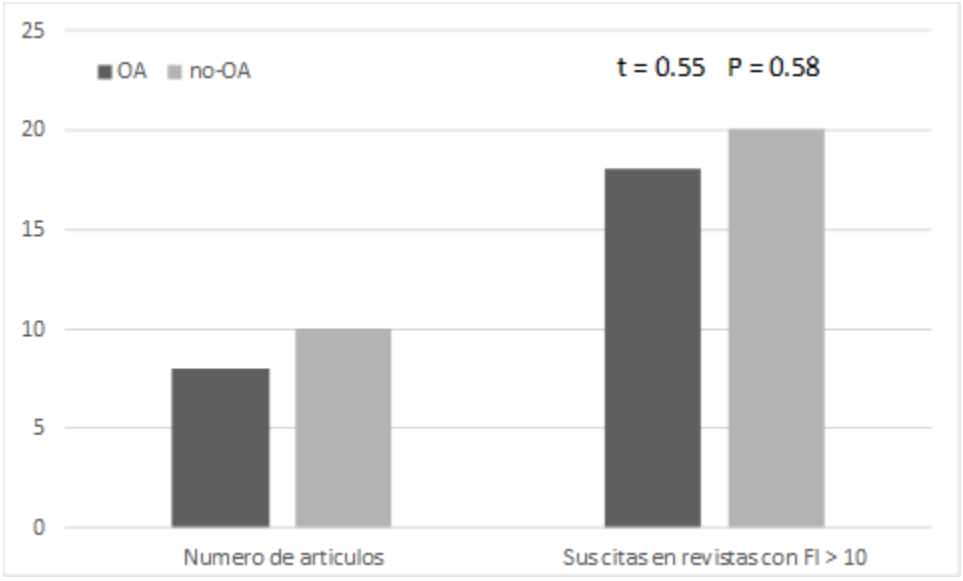


Figura 2. Número de artículos OA y non-OA que produjeron citas en revistas (IF >10) y su número de citas producidas, en el área de ecología forestal durante los años 2015 y 2018. No hubo diferencia significativa en el número de citas producidas.

similarmente a otras disciplinas, la citación y divulgación del conocimiento científico en el área de ecología forestal es mayor para las publicaciones OA que para su contraparte no OA, lo cual depende del pago de modalidad OA.

Referencias

Bjork, B. y Solomon, D, Open access versus subscription journals: a comparison of scientific impact, *BMC Medicine*, 10[73], 2012.

Davis, P.M., Lewenstein, B.V., Simon, D.H., Booth, J.G., y Connolly, M.J.L, Open Access publishing, article downloads, and citations: Randomised controlled trial, *BMJ*, 337[7665], pp. 343-345, 2008.

Gargouri, Y., Hajjem, C., Larivière, V., Gingras, Y., Carr, L., *et al.*, Selfselected or mandated, open access increases citation impact for higher quality research, *Plos One*, 5[10], 2010. e13636 DOI 10.1371/journal.pone.0013636.

Gasparyan, A.Y., Ayvazyan, L., y Kitas, G.D. Open access: changing global science publishing, *Croatian Medical Journal*, 54, pp. 403-406. 2013. doi: 10.3325/cmj.2013.54.403

Grandbois, J., y Beheshti, J. A bibliometric study of scholarly articles published by library and information science authors about open Access, *Information research*, 19[4], 2014. `http://www.informationr.net/ir/19-4/paper648.html`

Holmberg, K., Hedman, J., Bowman, T.D., Didegah, F., y Laakso, M., Do articles in open access journals have more frequent altmetric activity than articles in subscription-based journals? An investigation of the research output of Finnish universities, *Scientometrics*, 122, pp. 645–659. 2020. `https://doi.org/10.`

1007/s11192-019-03301-x

Laakso, M., Welling, P., Bukvova, H., Nyman, L., et al., The development of open access journal publishing from 1993 to 2009, *Plos One*, 6[6]. 2011. e20961 DOI 10.1371/journal.pone.0020961.

Norris, M., Oppenheim, C., y Rowland, F., The Citation Advantage of Open Access Articles, *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 59, pp.1963–1972, 2008.

Piwowar, H., Priem, J., Larivière, V., Alperin, J.P., Matthias, L., et al., The state of OA: a large-scale analysis of the prevalence and impact of Open Access articles, *Peer Journal 6*, 2018. e4375; DOI 10.7717/peerj.4375

Shah, D.T., Open access publishing: Pros, Cons, and Current Threats, *Journal of Medicine*, 3[3], 1, 2017. doi: http://dx.doi.org/10.18590/mjm.2017.vol3.iss3.1

Swan, A.P., y Brown S.N., Authors and open access publishing, *Learned Publishing*, 17, pp. 219–224, 2004.

Tennant, J.P, Waldner, F., Jacques, D.C., Masuzzo, P., *et al.* The academic, economic and societal impacts of Open Access: an evidence-based review, *F1000Research*, 5, 632, 2016. doi: 10.12688/f1000research.8460.3

Silvia Bulbulian Garabedian: “Toda una vida dedicada a las transformaciones nucleares”

Ing. Martin Guevara Martinez
IPN Zacatenco

www.pexels.com

Por más de cuarenta años trabajo en el ININ, jefa del laboratorio de Química Nuclear y de las transformaciones nucleares de los átomos como el Uranio, o el Radón, etc. A lo largo de todo ese tiempo creo un grupo de investigación muy selecto en las áreas de la Química Nuclear y Radioquímica, su labor como científica fue muy abundante, pionera en México del estudio la radiactividad. Así como una gran divulgadora de la ciencia en temas de las ciencias nucleares.

Nacida en Estambul, Turquía un 15 de abril de 1930, de padres Armenios, llegaron a México poco después de los años treinta, ella se nacionalizo Mexicana. Sus estudios de Licenciatura, Maestría y Doctorado los realizo en la UNAM. La Dra. Silvia Bulbulian, falleció el día 17 de Enero de 2021 a la edad de 91 años en su domicilio, aunque jubilada, su aportación siempre estará presente, como lo es, desde los primeros años en que la mandaron a estudiar a Viena donde recibió entrenamiento en las cuestiones nucleares, a su regreso a México fue la encargada de impartir cursos de seguridad radiológica y radioquímica al personal que labora en la central nuclear de laguna Verde en Veracruz.

Uno de sus primeros trabajos por el año de 1959, fue la medición de los isótopos radiactivos como el $^{90}\mathbf{Sr}$[1] (Estroncio -90) en el medio ambiente y en la leche de vaca, debido esto a la detonación de las primeras bombas nucleares en el mundo, lo cual se debía conocer y medir, para saber cuánto de este isótopo radiactivo se había precipitado en los distintos lugares de México. Pues es sabido que, si este isótopo es expuesto a organismo vivos, puede dañar la medula ósea.

Estudiosa y conocedora del fenómeno de la *radiactividad*, escribió un libro con el mismo nombre muy ameno para entender los procesos ocultos e interesantes que suceden a nivel atómico, de cómo ciertos elementos, como los minerales de Uranio, emiten energía o radiación al desintegrarse, - lo que ella llama- todo un zoológico de partículas, cuyo tiempo de vida apenas alcanza una fracción de segundo. Otro libro también muy interesante es en el que relata como hace millones de años existieron reactores de fisión nuclear de origen natural y los cuales se mantuvieron "encendidos" durante miles de años, y con el paso del tiempo se "apagaron", fueron descubiertos, apenas el siglo pasado en unas minas activas de Uranio en la región de Gabón, África.

Y es que la Radiactividad está en todas partes, -como lo dice- es algo muy natural y a niveles bajos no es peligrosa, podemos encontrarla en el piso y en paredes de nuestros hogares, en el aire que respiramos e incluso en nuestro cuerpo, parecería increíble, pero se recibe más radiación en un vuelo de unas ocho horas que a nivel de piso.

Así pues, no solo era una gran divulgadora sino que también el grupo de investigadores formado por ella, se ha

[1] Estroncio-90., producto de la fision nuclear

desarrollado en diversas áreas que van desde el estudio hasta la caracterización de minerales sólidos tales como: zeolitas naturales y arcillas, muy socorridas para procesos de descontaminación de desechos y especies radiactivas en estado líquido, ya que, una posee poros y canales, con iones flotando en su interior y con carga eléctrica, muy similar a los átomos que se desea atrapar, y la otra posee espacios interplanares con una gran capacidad de adsorción muy solubles ambas en agua, lo que los hace muy fáciles de manipular. Otra de sus áreas era la síntesis de materiales cerámicos como generadores de tritio, combustible de los reactores de fusión experimental, similar al combustible, que hace arder el interior de las estrellas, así como la síntesis de materiales para el almacenamiento de hidrogeno, y el análisis de isótopos, presentes en las aguas subterráneas. Escribió numerosos artículos de investigación relacionados con el análisis y comportamiento de los radioelementos y de los procesos en que interactúan. Y otros tantos libros de divulgación. Fue galardonada con distintos premios por su labor científica.

Tuve la fortuna de Conocer a la Dra. Silvia Bulbulian, gracias a la invitación del Dr. Pedro Bosch, grandes personas los dos, por los años (1995-1996) yo cursaba la Licenciatura en Ingeniería Química en la UAM-Iztapalapa, y comencé a asistir al ININ, una vez a la semana, durante un año, el recuerdo que tengo de la Dra. Silvia Bulbulian, era su lucidez, su amabilidad en el trato personal, con un conocimiento amplio, y muy rigurosa en el aspecto científico, -pues a la Dra. Silvia- se le reportaba el trabajo de cualquier material a radiactivo y en mi caso, del experimento que se iba a realizar, que consistía en irradiar, en el reactor nuclear experimental del ININ, una muestra de *nitrato de cesio*, para producir un *isótopo*[2] *radiactivo* del cesio, y con este preparar una solución radiactiva, para luego mezclar con *Zeolita natural*[3] para de esta manera se fuera dando el proceso de intercambio de iones, esto es, los átomos radiactivos de cesio de la solución, pasaran al interior de la Zeolita por diferencia de carga eléctrica, e ir desplazando los otros iones internos de la Zeolita(sodio o potasio), y de esta forma quedaran "encapsulados" estos isótopos radiactivos de la solución acuosa. El objetivo era evitar su diseminación. y/o contaminación al medio ambiente.

Por su laboratorio desfilaron una gran cantidad de alumnos de distintas universidades del país y también del extranjero, todos para realizar su trabajo de Tesis relacionado con la Química Nuclear y las transformaciones nucleares, y así obtener su grado de Licenciatura, Maestría y Doctorado.

Mi aprecio, admiración y agradecimiento a la Dra. Silvia Bulbulian Garabedian, por el conocimiento adquirido y la preparación.

REFERENCIAS:

"La radiactividad". Silvia Bulbulian, FONDO DE CULTURA ECONOMICA, 2003

"Reactores de fisión nuclear de hace miles de millones de años" Bulbulian, Silvia, Suilma M. Fernández Valverde y Eduardo Ordóñez Regil, FONDO DE CULTURA ECONÓMICA (FCE), 2005

[2]Isotopo: es el mismo elemento químico, con mismo número atómico, pero diferente masa atómica.

[3]Zeolita: son una familia de minerales, aluminosilicatos cristalinos, con una estructura interna de jaulas y canales bien definidos. Con iones flotando en su interior.

ININ. GOB.MX

IAEA.ORG.

"Pioneros de las ciencias nucleares" Bosch Giral, Pedro, et al. FONDO DE CULTURA ECONÓMICA (FCE), 2003

Fármacos anticancerígenos: de la naturaleza a la práctica clínica

M. en C. Yaraset López Lorenzo
D. en C. Jesús Arrieta Valencia
D. en C. María Elena Sánchez Mendoza
Escuela Superior de Medicina
Instituto Politécnico Nacional

www.pexels.com

Resumen
El cáncer es una de las principales causas de mortalidad a nivel mundial ya que no existe un tratamiento ideal, sin embargo, el estudio de plantas medicinales ha desempeñado un papel trascendental en la terapéutica, ya que permitió la identificación de moléculas bioactivas con nueva estructura y mecanismos de acción que dieron origen al desarrollo de medicamentos anticancerígenos que son ampliamente utilizados en combinación con otros agentes quimioterapéuticos. En este artículo se describe la historia del descubrimiento de tres compuestos derivados de productos naturales que dieron lugar a medicamentos contra el cáncer: los alcaloides de la vinca, los taxanos y los análogos de la camptotecina.

Palabras clave
Vinblastina, vincristina, taxol, camptotecina.

Abstract
Since there is no ideal cure for cancer of any type, this set of diseases is among the main causes of mortality around the world. However, the study of medicinal plants has played a transcendental role in its treatment, having led to the identification of bioactive molecules with new structures and mechanisms of action that provided the basis for the development of some important anticancer drugs widely used in combination with other chemotherapeutic agents. This article expounds on the history of the discovery of three compounds derived from natural products that led to anticancer drugs. They are the alkaloids of vinca, the taxanes, and the analogs of camptothecin.

Keywords
Vinblastine, vincristine, taxol, camptothecin.

Introducción
La Organización Mundial de la Salud define al cáncer como un amplio grupo de enfermedades que pueden afectar cualquier parte del cuerpo. Se caracteriza por la proliferación incontrolada de células anormales que se pueden extender más allá de sus límites habituales afectando a órganos circundantes y distantes en un proceso que se denomina metástasis. El cáncer es una de las principales causas de mortalidad a nivel mundial, en el 2020 se reportaron alrededor de 10 millones de fallecimientos, siendo los de mayor prevalencia el cáncer pulmonar, colorrectal, hepático, gástrico y de mama (OMS, 2021). Debido a la naturaleza heterogénea del cáncer, no existe un tratamiento ideal, pero existen cuatro estrategias terapéuticas que pueden ser utilizadas solas o en combinación, siendo estas: 1) la cirugía, que implica la extirpación física de tejido tumoral maligno, 2) la radioterapia, donde se expone deliberadamente el tejido tumoral a rayos X o rayos gamma para inducir daños en el ADN de las células cancerosas e inducir su muerte, 3) la inmunoterapia que aprovecha el sistema inmunológico en la lucha contra el cáncer y 4) la quimioterapia que se refiere al tratamiento del cáncer con medicamentos (Buyel, 2018). Respecto a esta última es importante resaltar que aproximadamente, el 80 % de los fármacos quimioterapéuticos actuales derivan de fuentes naturales (Khalifa *et al.*, 2019), incluyendo plantas, organismos marinos y microorganismos (Cragg y Newman, 2005). Por lo que el objetivo de este artículo es hacer una breve reseña de los aspectos históricos que

llevaron al descubrimiento y desarrollo de tres clases principales de medicamentos que actualmente se utilizan en la clínica para en el tratamiento del cáncer y que provienen de plantas medicinales, siendo estos los alcaloides de la vinca, taxol y derivados de camptotecina.

ALCALOIDES DE LA VINCA: VINCRISTINA Y VINBLASTINA

Historia de su descubrimiento

Los llamados alcaloides de la vinca: vincristina y vinblastina, fueron los primeros agentes naturales que se utilizaron en el tratamiento del cáncer (Cragg y Newman, 2005) y su uso ha continuado con ese propósito por más de 40 años. Fueron aislados de *Catharanthus roseus* (L.) G. Don., (*C. roseus*) anteriormente llamada *Vinca rosea* L. que pertenece a la familia Apocynaceae (Balunas y Kinghorn, 2005). Cabe mencionar que, aunque la planta era endémica de Madagascar, las plantas utilizadas en el descubrimiento de los compuestos se recolectaron en Jamaica y Filipinas (Cragg y Newman, 2005).

C. roseus se ha utilizado en la medicina tradicional de muchas culturas para el tratamiento de la diabetes (Cragg y Newman, 2005) e incluso en Inglaterra se comercializaba una preparación llamada vinculina para el tratamiento de dicha enfermedad (Christensen, 2021). El Dr. Johnston, que trabajaba en Jamaica, quería corroborar los beneficios de un té elaborado con las hojas de *C. roseus*, y envió una muestra que finalmente llegó al laboratorio del Dr. Collip en Ontario Canadá. Sin embargo, al administrar los extractos de *C. roseus* por vía oral, en ratas y conejos diabéticos, los resultados fueron negativos. La empresa Eli Lilly también había investigado la capacidad de los extractos de la planta para actuar como agente antidiabético y de igual forma los resultados habían sido negativos (Noble, 1990).

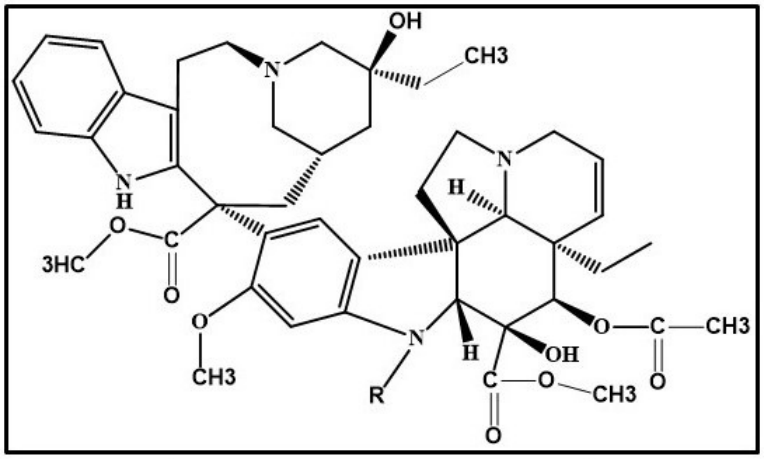
En estudios posteriores, el grupo del Dr. Collip notó que la inyección intraperitoneal de los extractos de *C. roseus* en ratas reducía el recuento de glóbulos blancos y provocaba depresión de la médula ósea, incluso después de una sola inyección, por lo que se convirtió en un tema de estudio adicional (una vez que se descartó su efecto para la diabetes), ya que podrían ser útiles en el tratamiento de linfomas y leucemias en los que hay una sobreproducción de glóbulos blancos por la médula ósea enferma (Noble, 1990).

El Dr. Beer, fue el encargado de realizar el estudio químico de *C. roseus* con el propósito de identificar a los constituyentes activos. Después de intensas investigaciones en las que se probaron diversas técnicas de fraccionamiento, incluida la cromatografía, logró aislar en pequeña cantidad a un alcaloide en forma cristalina. El Dr. Cutts, fue el responsable de la evaluación biológica de todas las fracciones obtenidas, así como de los compuestos aislados, para ello determinaba la capacidad que tenían para disminuir la cantidad de glóbulos blancos y los efectos sobre la médula ósea en ratas. Los resultados de esas investigaciones indicaron que el alcaloide aislado era muy activo. Más tarde a este alcaloide se le asignaría el nombre de vinblastina. Durante el aislamiento de vinblastina, el Dr. Beer también encontró actividad en otra fracción cromatográfica, sin embargo, se tenía muy poca cantidad de ella y no fue posible continuar estudiándola en ese momento. Posteriormente, se generó una colaboración

con un grupo de investigadores de la Compañía de Eli Lilly, que fue muy fructífera, ya que permitió aislar el compuesto activo de esa fracción al cual se le asignó el nombre de vincristina (Noble, 1990). La elucidación estructural reveló que los alcaloides aislados, vinblastina y vincristina (Figura 1), eran similares y pertenecían a una nueva clase de alcaloides indol diméricos (Noble, 1990) cuya estructura se confirmó mediante un análisis de rayos X y se publicó en 1964 (Christensen, 2021). Al evaluar los alcaloides en un modelo de leucemia linfocítica en ratones, los resultados fueron positivos, lo cual permitió el inicio de los estudios clínicos (Christensen, 2021).

Estudios clínicos

Se realizaron diversos estudios clínicos para poder determinar cuál era la dosis adecuada, la mejor vía de administración y la eficacia en el tratamiento de diferentes tipos de cánceres. Cabe mencionar dos de esos estudios iniciales en los que se administró vinblastina: uno se realizó en un Hospital de Toronto con dos pacientes, uno de ellos tenía enfermedad avanzada de Hodgkin y el otro un linfoma-sarcoma, y se observó que ambos respondieron favorablemente al tratamiento. En otro estudio efectuado en Indiana, también se observaron efectos benéficos en pacientes con cáncer, y adicionalmente se percataron de que muchos glóbulos blancos en la médula ósea se detenían en la etapa de metafase, y esa observación sugi-



Compuesto	R
Vinblastina	—CH_3
Vincristina	O ‖ —CH

Figura 1. Estructura de los alcaloides de la vinca: vinblastina y vincristina.

rió un posible mecanismo de acción (Noble, 1990).

Más tarde se determinó que los alcaloides de la vinca detienen el ciclo celular de las células tumorales durante la mitosis en la metafase, al alterar la dinámica de los microtúbulos (Taher *et al.*, 2019; Gallego-Jara *et al.*, 2020). Actúan como agentes despolimerizantes inhibiendo el ensamblaje de los microtúbulos al unirse a la tubulina α/β (Figura 2) y provocan apoptosis (muerte celular programada). Los microtúbulos son componentes del citoesqueleto, que están involucrados en muchos procesos celulares, y están constituidos por heterodímeros de α y *beta* tubulina que de forma continua se están polimerizando (incorporando dímeros de tubulina) o despolimerizando (eliminando dímeros de tubulina) en sus extremos (Gallego-Jara *et al.*, 2020). Posteriormente se efectuaron otros estudios clínicos en los que se administraban los alcaloides de la vinca en combinación con otros agentes quimioterapéuticos, y se obtuvieron resultados favorables (Noble, 1990).

Utilidad terapéutica

La vinblastina y la vincristina se usan generalmente en combinación con otros agentes quimioterapéuticos (Cragg y Newman, 2005). La vinblastina se utiliza para el tratamiento de la leucemia, linfoma no Hodgkin y de Hodgkin, cáncer de mama, nefroblastoma, sarcoma de Ewing, cáncer de pulmón de células pequeñas, carcinoma testicular y tumores de células germinales, mientras que la vincristina es empleada en el tratamiento de neoplasias hematológicas (particularmente en la infancia) y linfáticas, así como en el tratamiento de tumores sólidos, por ejemplo: en el cáncer de mama

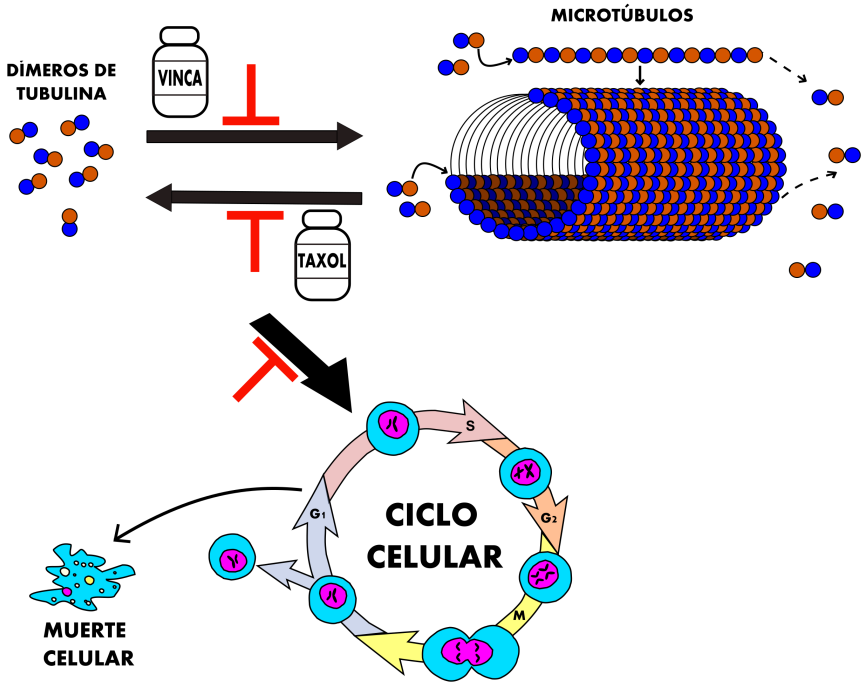


Figura 2. Mecanismo de acción de los alcaloides de la vinca y taxol. Modificado de: Gallego-Jara, *et al.*, 2020.

y de pulmón de células no pequeñas, entre otros (Christensen, 2021).

En la actualidad, además de los alcaloides naturales, vinblastina y vincristina, se encuentran en la clínica otros compuestos obtenidos por semisíntesis a partir de alcaloides extraídos de *C. roseus*, tales como vindesina, vinorelbina y vinflunina. Asimismo, se están desarrollando nuevas formulaciones farmacéuticas que incluyen su incorporación en microesferas, nanopartículas y liposomas (Christensen, 2021).

Fuentes de obtención

Las cantidades que se obtienen de los alcaloides vinblastina y vincristina a partir de *C. roseus* son extremadamente bajas. Se necesitan 2 toneladas de hojas para obtener 1 g de vincristina y 500 kg para producir 1 kg de vinblastina, lo que dificulta satisfacer la demanda del mercado (Christensen, 2021). En los últimos años la producción de vincristina y vinblastina se lleva a cabo a partir de cultivos de células vegetales utilizando biorreactores, ya que los rendimientos son mayores en comparación con la extracción a partir de la planta. Se han realizado diversos estudios encaminados a producir eficientemente estos alcaloides, en los que se ha demostrado por ejemplo que la adición de productos químicos como cromo o cloruro de sodio al medio de cultivo aumenta el estrés de las células, y por ende la actividad enzimática lo que aumenta la producción de vinblastina y vincristina (Taher *et al.*, 2019).

TAXOL

Historia de su descubrimiento

El taxol tuvo que superar diversas etapas en las que el fármaco pudo haberse abandonado, ya que debieron trascurrir 21 años desde la publicación de su estructura hasta la aprobación de su uso en 1992 por la FDA (Wani y Horwitz, 2014). La historia de su descubrimiento inició en 1962 con la recolección de muestras del árbol *Taxus brevifolia Nutt* (Taxaceae) (*T. brevifolia*) conocido también con el nombre de Tejo del Pacífico (Wani y Horwitz, 2014; Cragg y Newman, 2005) que se encuentra distribuido principalmente en las zonas costeras del noroeste de Estados Unidos, por parte del Department of Agriculture de los Estados Unidos que colaboraba con el National Cancer Institute (NCI) en un programa para detectar plantas como fuentes potenciales de agentes con actividad antitumoral (Wani y Horwitz, 2014).
Aunque las propiedades medicinales de los tejos eran conocidas desde la antigüedad, por ejemplo, en la medicina ayurvédica de la India se empleaban las hojas de *Taxus baccata* para el tratamiento del cáncer, y se tiene el registro que algunas tribus americanas utilizaban partes de *T. brevifolia* y de otras especies de *Taxus* (*Taxus canadensis* Marshall y *Taxus baccata* L.) para el tratamiento de afecciones diferentes al cáncer (Cragg y Newman, 2005).

A partir de la corteza de *T. brevifolia* se prepararon extractos crudos que fueron evaluados en ensayos de citotoxicidad, y algunos de ellos resultaron activos en cultivos de células 9 KB derivadas de cáncer humano de nasofaringe (Wani y Horwitz, 2014). Considerando dichos resultados se asignó a los doctores Wall y Wani el fraccionamiento de los extractos en 1965 con el objetivo de aislar un compuesto activo (Cragg, 1998; Wani y Horwitz, 2014). El procedimiento de aislamiento del taxol tuvo varios ensayos fallidos, pero afortunadamente fue posible su obtención,

aunque el rendimiento era muy bajo. Una vez obtenido en forma pura, se trabajó en la determinación estructural, y los resultados fueron publicados en 1971. Fue el Dr. Wall quien nombró al fármaco: taxol (Figura 3), que más tarde fue adquirido por Bristol-Myers Squibb. Posteriormente se le asignó el nombre genérico de Paclitaxel (Wani y Horwitz, 2014).

Las evaluaciones subsecuentes de taxol en modelos experimentales mostraron que tenía una actividad moderada en comparación con otros compuestos que estaban en desarrollo, lo que propició la falta de interés por el compuesto (Cragg, 1998) aunado a que se anticipaban problemas en la extracción a escala industrial debido a los bajos rendimientos a partir de la fuente natural, además de que no se contaba con un proceso de síntesis dada la complejidad estructural del compuesto (Wani y Horwitz, 2014). El interés por taxol resurgió debido a que se descubrió que mostraba una actividad importante en un modelo de melanoma murino (Wani y Horwitz, 2014), y a que, en 1979 la Dra. Susan Horwitz y colaboradores describieron que el taxol tenía un mecanismo de acción único (Cragg, 1998). El mecanismo principal de taxol implica la estabilización de los microtúbulos (heterodímeros de tubulina) mediante la unión a la subunidad β de la tubulina, lo que interfiere con su degradación normal durante la división celular, resultando en la estabilización del polímero al inhibir el desensamble (Figura 2). Lo que produce un bloqueo en el progreso de la división mitótica (Isah, 2016) y las células se detienen en la fase G2/M del ciclo celular, lo que conduce a la apoptosis (Gallego-Jara *et al.*, 2020).

Los estudios de formulación de taxol finalizaron en 1980 y se iniciaron los estudios de toxicología. El desarrollo de una formulación adecuada para la administración parenteral fue extremadamente difícil debido a la escasa solubilidad del taxol en sistemas acuosos, por lo que se recurrió a utilizar el agente surfactante Cremofor EL, un derivado del aceite de ricino polietoxilado. Tras la finalización de los estudios preclínicos, en 1983 se concedió

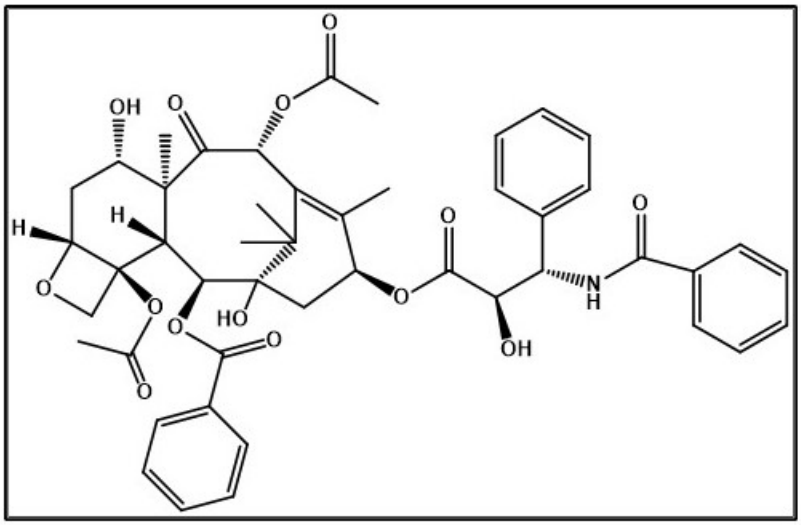


Figura 3. Estructura del taxol.

la aprobación para el inicio de los ensayos clínicos de fase I (Cragg, 1998).

Estudios clínicos

En los primeros ensayos clínicos se presentaron reacciones de hipersensibilidad, debido a las cuales se suspendieron muchos ensayos haciendo una pausa de 5 años, entre 1983 y 1988, el fármaco no se utilizó en ningún ensayo clínico. Posteriormente los estudios continuaron, se hicieron modificaciones en cuanto al régimen de dosificación y se administraron antihistamínicos y esteroides previo al tratamiento con taxol, para reducir la incidencia de las reacciones alérgicas (Wani y Horwitz, 2014). Una vez concluidos los estudios de fase I, fue posible comenzar los estudios de fase II, sin embargo, solo se produjo suficiente taxol para un número moderado de ensayos. Los resultados obtenidos con pacientes con cáncer de ovario fueron alentadores, los informes preliminares indicaron una tasa de respuesta de aproximadamente 30 % y algunos pacientes lograron una remisión completa, lo que propició que los estudios continuaran. La cantidad de taxol que se necesitaba se pudo conseguir a través de la colaboración de muchos grupos de investigadores. Como resultado de esos estudios, se reportó que el taxol era eficaz en pacientes con cáncer de mama metastásico, y además se observaron respuestas favorables en pacientes con otros tipos de cáncer (Cragg, 1998).

Por otro lado, también se han desarrollado derivados de taxol, cabe mencionar que, en el 2004 de los 269 ensayos clínicos registrados en el NCI, 248 involucraron medicamentos derivados de taxanos como agentes únicos o combinados con otros medicamentos anticancerígenos (Isah, 2016).

Utilidad terapéutica

El taxol ha sido y sigue siendo un fármaco esencial en el tratamiento del cáncer (Wani y Horwitz, 2014). Es empleado en el cáncer de mama, ovario y pulmón, así como en el sarcoma de Kaposi, entre otros. Actualmente han comenzado a surgir nuevas formulaciones de taxol, que utilizan diferentes vehículos nanotecnológicos como nanopartículas a base de albúmina, o liposomas y muchas otras formulaciones se encuentran en estudios clínicos (Gallego-Jara *et al.*, 2020). También se han desarrollado análogos de taxol, como docetaxel, que se encuentra en el mercado.

Fuentes de obtención

El taxol se puede obtener a partir de las hojas, semillas y corteza de *T. brevifolia*, así como de otras especies de *Taxus*, además de algunas plantas gimnospermas y angiospermas. No obstante, el rendimiento de taxol proveniente de estas fuentes es muy bajo (Isah, 2016), y considerando que para tratar a un solo paciente se requieren de 2 g de taxol, para obtener dicha cantidad se deben talar cuatro árboles, por lo que surgió la necesidad de la búsqueda de otras formas de obtención, como es la síntesis química, la semisíntesis a partir de un precursor, el cultivo de hongos endófitos (Gallego-Jara *et al.*, 2020) y a través de cultivos de células vegetales (Buyel, 2018).

Respecto a la síntesis completa de taxol, se han publicado diversos trabajos desde la década de 1990, sin embargo, su complejidad las hace inviables a nivel industrial (Gallego-Jara *et al.*, 2020). La semisíntesis del taxol es más factible ya que parte de precursores que se encuentran en las hojas de varias especies de *Taxus* (y en mayor cantidad que el taxol) (Cragg, 1998; Isah, 2016), o que se pueden producir a

través del proceso de fermentación donde se utilizan microorganismos genéticamente modificados como *Escherichia coli*, *Sacharomyces cerevisiae* y *Bacillus subtilis*. Otra vía de obtención es mediante los hongos endófitos, que son organismos que establecen relaciones de mutualismo con las plantas sin causarles daño, y muchos de ellos pueden producir metabolitos secundarios que son propios de la planta huésped. En cuanto a la producción de taxol, se han identificado cerca de 200 hongos endófitos como productores de taxol (Gallego-Jara *et al.*, 2020). También es posible obtener taxol a partir del cultivo de células vegetales de especies de *Taxus*, ya que las células tienen las enzimas necesarias para la formación del compuesto de interés y es posible mejorar los rendimientos mediante ingeniería genética o utilizando sustancias inductoras (Buyel, 2018).

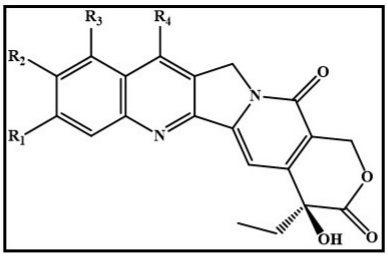
DERIVADOS DE CAMPTOTECINA

Historia de su descubrimiento

La camptotecina (CPT) es un alcaloide natural que ha sido líder de los fármacos anticancerígenos semisintéticos, cuyo descubrimiento inició en la década de 1950 en el Eastern Regional Research Laboratory, en Estados Unidos. Este laboratorio tenía un proyecto a cargo del Dr. Wall, cuyo objetivo era aislar nuevos esteroides y para ello seleccionaron diversas plantas. En 1957, el Dr. Wall acordó enviarle al Dr. Hartwell del Cancer Chemotherapy National Service Center, 1000 extractos etanólicos de plantas para probar su actividad antitumoral, y resultó que solo uno de esos extractos mostró una actividad importante en un modelo *in vitro*, en el que se usó la línea celular CA-755 (Wall, 1998; Bracher y Tremmel, 2017), dicho extracto se había preparado a partir de las hojas de *Camptotheca acuminata* Decne (Nyssaceae), (*C. acuminata*) que es un árbol originario de China (Bracher y Tremmel, 2017; Martino *et al.*, 2017), aunque la muestra estudiada inicialmente provenía de un árbol que se encontraba en un jardín botánico en los Estados Unidos (Wall, 1998; Bracher y Tremmel, 2017).

Este hallazgo concordaba con el uso tradicional como remedio contra el cáncer en la Medicina Tradicional China (Martino *et al.*, 2017). Los resultados obtenidos despertaron el interés de los investigadores por identificar a los compuestos responsables de la actividad biológica, para ello efectuaron un estudio biodirigido. La parte química estuvo a cargo de los doctores Wall y Wani en el Research Triangle Institute, y contaron con el apoyo del NCI para las evaluaciones biológicas (Bracher y Tremmel, 2017).

El estudio biodirigido comenzó con la colecta de corteza de árboles de *C. acuminata* que se encontraban en California o de árboles que estaban cerca de California, posteriormente en la parte química se encontraron con muchas dificultades, comenzaron con procesos de extracción convencionales y cromatografía, sin embargo, con todos ellos obtenían resultados fallidos, hasta que probaron la técnica de partición líquido-líquido a contracorriente, y posteriormente la cristalización (Wall, 1998). Dichos procedimientos les permitió obtener el alcaloide CPT cuya estructura (Figura 4) fue determinada por el análisis espectroscópico, así como por un estudio de rayos X (Bracher y Tremmel, 2017) este último efectuado por los Dres. McPhail y Sim, de la Universidad de Illinois (Wall, 1998). Todas las fracciones obtenidas fueron analizadas mediante ensayos *in vivo* (de



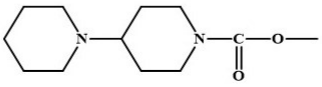
Compuesto	R_1	R_2	R_3	R_4
Camptotecina	H	H	H	H
Topotecán	H	HO——	$(CH3)_2NCH_2$——	H
Irinotecán	H		CH_3CH_2——	H

Figura 4. Estructura de CPT, topotecán e irinotecán.

leucemia, L1210) e *in vitro* (en células 9KB) (Wall, 1998). Por otro lado, la CPT además de mostrar actividad favorable en el modelo de leucemia, también inhibía los tumores sólidos, lo que dio lugar al inicio de los estudios clínicos (Wall, 1998; Bracher y Tremmel, 2017).

Para comenzar con los estudios clínicos fue necesario convertir la CPT en su correspondiente sal sódica, para poder elaborar una preparación que pudiera administrarse por vía intravenosa, ya que la CPT era insoluble en agua (Wall, 1998; Bracher y Tremmel, 2017).

Durante el estudio biodirigido se identificaron otros compuestos como constituyentes menores de *C. acuminata*, y más tarde se descubrió que uno de ellos el 10-hidroxi-CPT era mucho más activo que CPT lo cual estimuló la investigación para sintetizar análogos de 10-hidroxi-CPT que fueran solubles en agua (Wall, 1998; Bracher y Tremmel, 2017).

Estudios clínicos

Los estudios clínicos de fase I con la sal de CPT mostraron una actividad moderada y algunos severos efectos adversos como cistitis hemorrágica y mielosupresión, que desalentaron la continuidad de los ensayos, ya que fue considerado un fármaco poco prometedor (Bracher y Tremmel, 2017; Isah, 2016). No obstante, en un estudio efectuado en China que incluyó 1000 pacientes se obtuvo evidencia de su efectividad en cáncer gástrico, cáncer intestinal, tumores de cabeza y cuello y carcinoma de vejiga (Wall, 1998). A pesar de ello, el interés en la CPT fue mínimo hasta 1985, cuando se reportó que la CPT tenía un mecanismo de acción único al inhibir a la enzima topoisomerasa I (Bracher y Tremmel, 2017). Enzima que se encuentra involucrada en la replicación, la transcripción, la recombinación y la reparación del ADN (Martino *et al.*, 2017). Estructuralmente el ADN se

encuentra en forma de doble hélice, pero, durante los procesos biológicos, las hélices se separan para permitir la replicación y la transcripción. La enzima topoisomerasa I facilita este proceso, ya que se encarga de reducir la tensión por torsión causada por los enrollamientos del ADN, permitiendo que algunas regiones del ADN se desarrollen (Martino *et al.*, 2017). Durante el curso normal de su función la topoisomerasa I se une covalentemente al ADN y forma un complejo separable (ADN-topoisomerasa I), que en condiciones normales es transitorio, produciendo un corte en una cadena simple de ADN, que permite la relajación del esfuerzo de torsión del ADN, y después une las cadenas rotas para restaurar la integridad de la doble hélice, y se disocia de ella. La CPT se une al complejo separable y lo estabiliza (forma un complejo ternario CPT-Topoisomerasa I-ADN), provocando la acumulación de roturas monocatenarias en el DNA, que se convierte en rotura bicatenaria irreversible, como resultado de la colisión de una horquilla de replicación del ADN, que conlleva a la pérdida de su función (Figura 5) y apoptosis (Isah 2016; Martino *et al.*, 2017). Las camptotecinas son medicamentos específicos de la fase S, que para ejercer su acción requieren la síntesis en curso de ADN (Whalen, 2019).

Más tarde los avances en síntesis química, así como el estudio de la relación estructura-actividad llevaron al desarrollo de varios análogos sintéticos y semisintéticos de CPT y de ellos, surgieron dos medicamentos que contienen topotecán e irinotecán (Figura 4). El topotecán fue el primero en ser evaluado en los ensayos clínicos, y se aprobó su comercialización inicialmente en Japón en 1994 (Martino *et al.*, 2017), y años más tarde en 1996, se permitió la comercialización tanto del topotecán como del irinotecán en los Estados Unidos (Bracher y Tremmel, 2017).

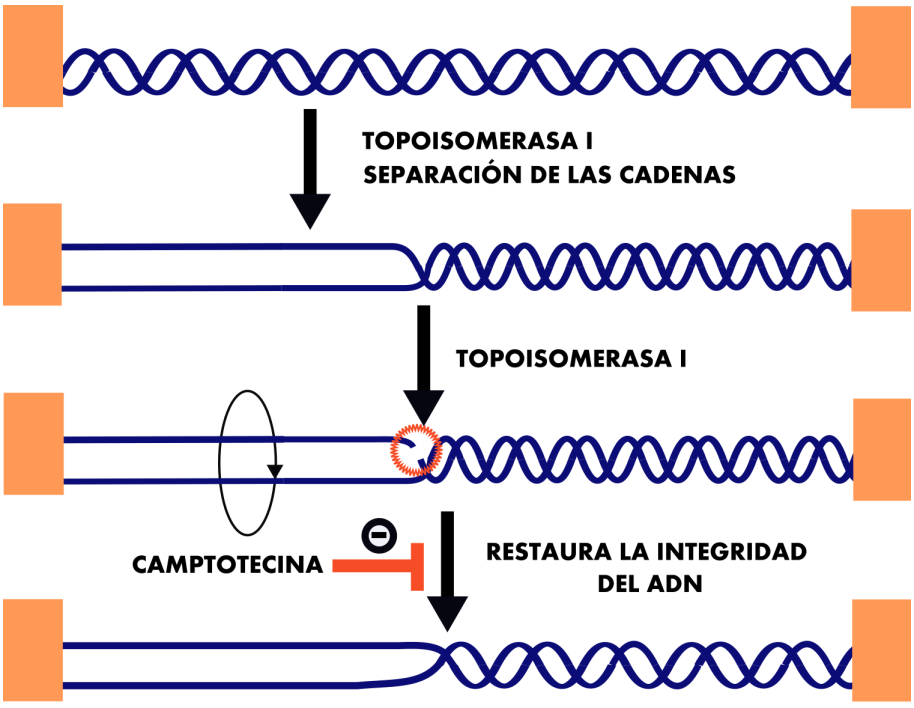


Figura 5. Mecanismo de acción de CPT. Modificado de: Whalen, K., 2019.

Utilidad terapéutica

El topotecán está indicado para el tratamiento del cáncer de ovario y cáncer de pulmón de células pequeñas. Aunque en ensayos clínicos también se ha evaluado su actividad en el tratamiento de cánceres de páncreas, cabeza y cuello, próstata, melanoma, cuello uterino, hepatocelular, gástrico y de mama entre otros. Mientras que el irinotecán está indicado para tratar tumores sólidos, en cáncer de colon, cérvix, ovarios y de pulmón, entre otros (Martino *et al.*, 2017).

Fuentes de obtención

A pesar de la creciente demanda de CPT por parte de la industria farmacéutica, la producción industrial continúa basándose en la CPT proveniente de fuentes naturales, principalmente de *C. acuminata* y *Nothapodytes foetida* (Bracher y Tremmel, 2017). Aunque también la CPT se ha aislado de muchas otras plantas de diferentes órdenes y familias que no están relacionadas taxonómicamente incluyendo a *Tabernaemontana heyneana*, *Chonemorpha grandiflora*, *Nothapodytes nimmoniana*, *Ophiorrhiza pumila*, *Ervatamia heyneana* y *Mostuea brunonis*, entre otras (Bracher y Tremmel, 2017; Martino *et al.*, 2017). Desafortunadamente el rendimiento de CPT proveniente de las plantas es muy bajo, por ello se han implementado técnicas alternativas para producir CPT como son cultivos celulares, cultivos de raíces, síntesis (Martino *et al.*, 2017; Bracher y Tremmel, 2017), y de hongos endófitos aislados de plantas productoras de CPT (Isah, 2016).

Conclusiones

El estudio de las plantas *Catharanthus roseus*, *Taxus brevifolia* y *Camptotheca acuminata*, sirvió para poder descubrir compuestos que posteriormente se desarrollarían como medicamentos para el tratamiento del cáncer, novedosos no solo por su estructura química, sino también por su mecanismo de acción. Además, han servido como base para el desarrollo de nuevos medicamentos derivados de los compuestos originales. Por lo que indudablemente las plantas seguirán siendo proveedoras de compuestos bioactivos que esperan ser descubiertos y que potencialmente pueden convertirse en medicamentos.

Literatura citada

Balunas, M.J. y Kinghorn, A.D., Drug discovery from medicinal plants, Life Sci, 78 [5], pp. 431-441, 2005.

Bracher, F. y Tremmel, T., From lead to drug utilizing a Mannich reaction: the topotecan story, Arch. Pharm. (Weinheim), 350[7], pp.1-8, 2017.

Buyel, J.F., Plants as sources of natural and recombinant anti-cancer agents, Biotechnol Adv, 36[2], pp. 506-520, 2018.

Christensen, S.B., Natural products that changed society, Biomedicines, 9[5], pp. 472, 2021.

Cragg, G.M., Paclitaxel (Taxol®): a success story with valuable lessons for natural product drug discovery and development, Med Res Rev, 18[5], pp. 315–331, 1998.

Cragg, G.M. y Newman, D.J., Plants as a source of anti-cancer agents, J Ethnopharmacol, 100[1-2], pp. 72-79, 2005.

Gallego-Jara, J., Lozano-Terol, G., Sola-Martínez, R. A., Cánovas-Díaz, M., y de Diego Puente, T., A compressive review about Taxol®: history and future challen-

ges. Molecules, 25[24], pp. 5986, 2020.

Isah, T., Anticancer alkaloids from trees: development into drugs, Pharmacogn Rev, 10[20], pp. 90-99, 2016.

Khalifa, S.A.M., Elias, N., Farag, M.A., Chen, L., Saeed, A., Hegazy, M.F., Moustafa, M.S., Abd El-Wahed, A., Al-Mousawi, S.M., Musharraf, S.G., Chang, F.R., Iwasaki, A., Suenaga, K., Alajlani, M., Göransson, U. y El-Seedi, H.R., Marine natural products: a source of novel anticancer drugs, Mar Drugs, 17 [9], pp. 491, 2019.

Martino, E., Della Volpe, S., Terribile, E., Benetti, E., Sakaj, M., Centamore, A., Sala, A. y Collina, S., The long story of camptothecin: from traditional medicine to drugs, Bioorg Med Chem Lett, 27[4], pp.701-707, 2017.

Noble, R.L., The discovery of the vinca alkaloids-chemotherapeutic agents against cancer, Biochem Cell Biol, 68[12], pp.1344-1351, 1990.

Organización Mundial de la Salud. Cáncer. https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/cancer. Recuperado el 1 de julio de 2021.

Taher, Z.M., Agouillal, F., Lim, J.R., Marof, A, Q., Dailin, D.J., Nurjayadi, M., Razig, N.M., Gomaa, S.E. y El Enshasy, H., Anticancer molecules from *Catharanthus roseus*, Indonesian J Pharm, 30[3], pp. 147–156, 2019.

Wall, M.E., Camptothecin and taxol: discovery to clinic, John Wiley & Sons, Inc. Med Res Rev, 18 [5], pp. 299-314, 1998.

Wani, M.C. y Horwitz, S.B., Nature as a remarkable chemist: a personal story of the discovery and development of Taxol. Anticancer Drugs, 25[5], pp. 482-487, 2014.

Whalen, K., Lippincott Illustrated Reviews. Farmacología. Walters Kluwer, China, p. 474, 2019.

Evaluación de Pd, Pt y Rh en aire y suelos en la Ciudad de México

Químico Arturo A. Escamilla Algara
Dra. Nancy C. Martín Guaregua
Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa
Depto. Química

Ingeniero Químico Luis F. Abreu García
Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC)
Subdirección de Evaluación Analítica de Contaminantes

www.pexels.com

Resumen

Se determinó la concentración de los Elementos del Grupo de Platino (PGE por sus siglas en inglés), Pt, Pd y Rh, en muestras de aire ($PM_{2.5}$ y PM_{10}) y suelos de diversos sitios en la Ciudad de México durante la época de lluvias (período: agosto-septiembre, 2018). Los elementos del grupo de platino, objeto de este estudio fueron aquellos usados en la industria automotriz para la fabricación de convertidores catalíticos de tres vías. Los metales se cuantificaron por el método de Espectrometría de Masas con Plasma Inductivamente Acoplado (ICP-MS por sus siglas en inglés); se validó el método analítico para la cuantificación de estos metales obteniendo en todos los casos un coeficiente R mayor a 0.995 y porcentajes de recuperación del 95 %, 93 % y 100 % para el Rh, Pd y Pt respectivamente; se evaluó el comportamiento de los elementos ^{89}Y, ^{115}In, ^{175}Lu y ^{209}Bi usados como estándar interno; en el caso del Rh no fue posible el análisis con estándar interno. Las muestras de aire presentaron concentraciones elevadas de los metales a pesar de haber tomado las muestras en días donde se reportó buena calidad del aire. El elemento en mayor concentración tanto en material particulado, como en suelo fue el Pd.

Palabras clave

Elementos del Grupo Platino; PGE; Partículas atmosféricas; Convertidor catalítico, ICP-MS.

Abstract

The concentration of Platinum Group Elements (PGE for its acronym in English) was determined in air ($PM_{2.5}$ and PM_{10}) and soil samples from various sites in Mexico City during the rainy season (period august-september 2018). The elements of the platinum group object of this study were those used in the automotive industry to manufacture three-way catalytic converters. The metals were quantified by the Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry method (ICP-MAS), the analytical method for the quantification of these metals was validated, obtaining in all cases an R greater than 0.995 and percentages of 95 %, 93 % and 100 % recovery for Rh, Pd and Pt, respectively; the behavior of elements ^{89}Y, ^{115}In, ^{175}Lu and ^{209}Bi was evaluated to be used as internal standard. In the case of Rh, analysis with internal standard it was not possible. The air samples showed high concentrations despite having taken the samples on days where good air quality was reported. The element with the highest concentration in both particulate matter and soil was Pd.

Keywords

Platinum group elements; PGE; Particulate Matter; Catalytic converter; ICP-MS.

1. INTRODUCCIÓN

La Ciudad de México es la quinta ciudad más poblada del mundo con 21,581,000 habitantes solo por detrás de ciudades como Sao Paulo o Shanghai (Forbes, 2018). Es también catalogada como la novena ciudad con mayor congestión vehicular en el mundo con un índice del 52 %, es decir, una persona hace en promedio un 52 % más de tiempo en trasladarse en comparación a un día sin tráfico (Tom T., 2019). Con un parque vehicular que asciende a los 5,801,469 vehículos registrados (INEGI, 2018) emitiendo gases provenientes de la combustión del motor, se considera que son la fuente de mayor contribución a partículas PM_{10} y $PM_{2.5}$ (Monitoreo Atmosférico, 2018) y por ende en el índice de calidad del aire. En México este índice

se basa únicamente en cinco contaminantes criterio, dióxido de azufre (SO_2), monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrógeno (NO_2), ozono (O_3) y partículas suspendidas (Gobierno de CDMX, 2018).

Con el objetivo de reducir la cantidad de emisiones contaminantes emitida durante la combustión, los vehículos posteriores a 1991 en México fueron los primeros en incorporar un convertidor catalítico Las unidades a gasolina de los años 1991 y 1992 ya contaban con un convertidor catalítico de una o dos vías, pero no fue sino hasta 1993 cuando se incorporó el convertidor de tres vías mientras que los vehículos a diésel incorporaron esta tecnología hasta el año 1994 (Guzman T.D., 2014). En la actualidad todos los vehículos a gasolina que se comercializan en México deben cumplir con esta normatividad.

Un convertidor catalítico es un dispositivo que forma parte del sistema de escape de un vehículo. El dispositivo transforma los gases tóxicos producto de la combustión tales como monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO_x) e hidrocarburos (HC) en productos de menor riesgo para el medio ambiente (Open University, 2016). A través de reacciones de óxido-reducción llevadas a cabo en la superficie del convertidor más del 90 % de los gases emitidos son transformados en gases menos tóxicos: dióxido de carbono (CO_2), nitrógeno (N_2) y agua (H_2O) (Zereini F y Alt F., 2006). (Figura 1).

El periodo de vida útil de un convertidor catalítico es de aproximadamente 80000 km o cinco años (Open University, 2016). Sin embargo, se ha demostrado que, debido a factores como el estrés térmico, los cambios bruscos en las condiciones de óxido-

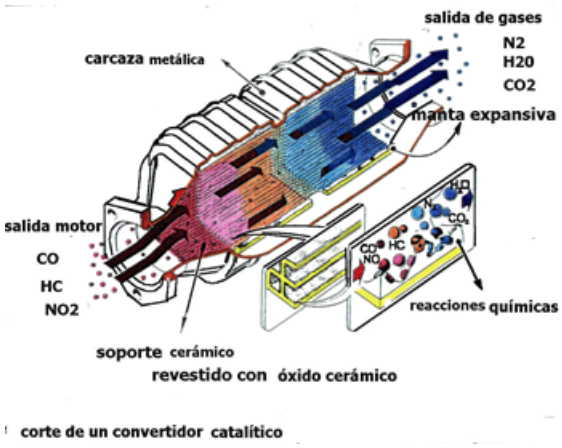


Figura 1. Corte de un convertidor catalítico [Oni, 1999].

reducción, la velocidad de vehículo, las condiciones del camino, etc., el tiempo de vida del catalizador puede verse disminuido (Yajun W y Xiaozheng L., 2012). Dado que en las ciudades no existe fuentes de emisión naturales de los elementos del grupo del platino (PGE), esto es: rutenio (Ru), rodio (Rh), paladio (Pd), Osmio (Os), iridio (Ir), platino (Pt) y oro (Au), la presencia de estos metales en zonas urbanas se relaciona con actividades antropogénicas. Esto sugiere que la liberación de PGE al ambiente junto con los gases de escape del motor son debido al desgaste del convertidor catalítico de tres vías (Kalavavrouziotis, 2008).

Estas partículas metálicas se incorporan al ambiente como material particulado. En un estudio realizado (Zereini F., 2006) en Alemania, se encontró platino (Pt) en concentraciones de hasta 12.4 pg Pt/m^3 en zonas urbanas (Frankfurt) además, los autores afirman que éste puede acumularse en suelos cercanos a caminos/carreteras y depositarse hasta profundidades de 30 cm, en concentraciones muy por encima de la concentración intrínseca de estos materiales en la corteza, lo que se denomina concentración de fondo (Zereini F. y col.,

1997).

El material particulado, es la materia presente en fase sólida o liquida en la atmósfera que varía en forma, composición química y origen. Es una mezcla de compuestos como polvo, polen, metales, sales, COVs (*Compuestos Orgánicos Volátiles*), HAPs (*Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos*), entre otros. A consecuencia de su diversa composición, tamaño y comportamiento se han clasificado en función de su diámetro aerodinámico. Se clasifican entonces como: Partículas Suspendidas Totales (PST), PM_{10} y $PM_{2.5}$. Las PM_{10} son aquellas partículas que se comportan como una esfera sólida de densidad uniforme y con un diámetro igual o menor a 10 μm (Arciniégas, 2012) e incluye también a las $PM_{2.5}$. Las partículas $\leq PM_{10}$ son denominadas fracción respirable, es decir, aquellas que entran en el sistema respiratorio, pueden penetrar y alojarse en los pulmones, y se considera que contribuyen a los efectos adversos en la salud observados en los entornos urbanos.

Se ha estudiado previamente la presencia de PGE en diversas matrices ambientales como en el aire en la Ciudad de México (CDMX) (ONU, 2018), sin embargo, estos se centran en su mayoría solo en uno de los tres metales componentes de los convertidores catalíticos. Para este estudio se excluyeron motores diesel y motocicletas ya que, en el caso de los primeros, la tecnología que usan para la reducción de emisiones contaminantes es diferente y los segundos, constituyen una fracción mínima del parque vehicular por lo que su aporte al total de emisiones no se considera significativo.

La concentración de los metales PGE en el ambiente es relativamente baja (Zereini, 2012, Bencs y col., 2003); por tanto, su análisis requiere de métodos analíticos de alta sensibilidad, selectividad y un buen control de interferencias. Entre las técnicas analíticas disponibles, una de las más apropiadas es el análisis por espectrometría de masa con plasma inductivo acoplado (ICP-MS).

En este trabajo se evaluaron los niveles de concentración de los tres principales metales pertenecientes a los PGE (platino (Pt), paladio (Pd) y rodio (Rh)) presentes en un convertidor catalítico, en muestras de aire particulado $PM_{2.5}$ y PM_{10} y en suelos de varias zonas de la CDMX.

Debido a que en la mayoría de los estudios se implican técnicas de purificación y preconcentración de muestras, se utilizaron los principios del método de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, el EPA IO-3.1 para la digestión de las muestras de partículas atmosféricas ($PM_{2.5}$ y PM_{10}) y el EPA 3051A para la de suelos (EPA, 1999).

Se adaptó el análisis multielemental de manera simultánea para la cuantificación de los metales (Pt, Pd y Rh), en las muestras de suelos y de las partículas atmosféricas, usando la técnica de ICP-MS y como referencia el método EPA 6020B, el cual solo está validado para 23 metales y no se incluye ninguno de los PGE.

2. EXPERIMENTAL

Ubicación de zonas de muestreo.

La toma de muestras de suelos y material particulado del aire se realizó en puntos estratégicos tratando de cubrir la mayor cantidad de área posible tomando como referencia un estudio previo realizado por Morton y Omar, 2014, quienes midieron

las concentraciones de PGE en $PM_{2.5}$ en diferentes sitios con distintos tipos de fuentes de contaminación, densidad de población expuesta, densidad de tráfico y actividades urbanas alrededor de la CDMX.. En cada sitio de muestreo se estableció un perímetro aproximado de 200 m a la redonda donde se marcaron subsitios.

Los sitios mencionados también varían con el tipo de vivienda, los ingresos por persona y demás factores sociales que también podrían ser de gran impacto en el comportamiento de las emisiones, sin embargo, ese análisis no es objeto de este estudio.

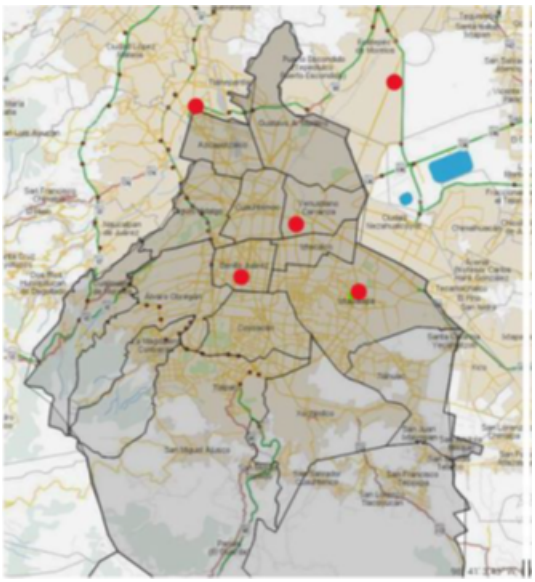


Figura 2. Puntos de muestreo en las diversas zonas de CDMX [INEGI, 2019].

Se midió el flujo vehicular *in situ* en cada uno de los cinco sitios de muestreo marcados en la **Figura 2** y **Tabla 1**, durante el período de agosto-septiembre 2018 (época de lluvias). Se seleccionaron los sitios en diferentes zonas de la CDMX. La medición se realizó antes del medio día ya que durante las primeras horas de la mañana o tarde, la mayoría de las calles están saturadas debido al tráfico, haciendo caer las mediciones de flujo vehicular al mínimo incluso a cero (vehículos/min).

Toma de muestras.
La toma de muestra del material particulado del aire en las fracciones $PM_{2.5}$ y PM_{10} se realizó únicamente en el sitio de Iztapalapa (Suroeste); ya que debido a cuestiones de logística no fue posible hacer la medición en los demás puntos de interés (**Tabla 1**).

Se utilizó un muestreador de alto vo-

Tabla 1. Flujo vehicular en las zonas de muestreo de suelos y aire.

Sitio	Densidad de tránsito (autos/min)	Límite de velocidad (km/h)
Tlanepantla (Noroeste)	6	30
San Agustín (Noreste)	58	80
Merced (Centro)	54	50
Benito Juárez (Sur)	31	50
Iztapalapa (Suroeste)	23	20

lumen *Andersen* a un volumen promedio de 1.0 m^3/min usando filtros de cuarzo *Pallflex* como medio de captura, los cuales fueron acondicionados previo a la toma de la muestra. La toma de muestra se realizó durante 24 horas por 7 días, además, se midió la presión atmosférica y la humedad relativa.

La toma de muestras de suelo de las cinco zonas indicadas (**Tabla 1**) se realizó en áreas verdes cercanas a las vialidades principales y en zonas cercanas a la superficie con ayuda de materiales de plástico para evitar la contaminación con metales durante la toma de muestras. Los materiales fueron lavados *in situ* con agua desionizada tipo 1 para evitar la contaminación cruzada, las muestras fueron preservadas en hieleras con geles refrigerantes hasta el traslado al laboratorio donde fueron resguardadas en un cuarto frío (2 – 8°C) hasta su posterior análisis.

Material y Métodos

Acondicionamiento de los filtros de cuarzo.

Los filtros fueron sometidos a un proceso denominado "prequemado" que consiste en someter los filtros a una temperatura de 1000°C dentro de una mufla durante 24 h con el objetivo de eliminar falsos positivos. Posteriormente, los filtros fueron trasladados a un cuarto limpio a humedad y temperatura controlada donde fueron almacenados durante 24 horas previo a su toma de peso por la técnica de gravimetría. Después de la toma de muestra los filtros fueron trasladados de nuevo al cuarto limpio donde se realizó el pesaje de la masa recolectada y se mantuvieron en resguardo hasta su posterior análisis.

Digestión ácida de los filtros de cuarzo.

Los filtros de cuarzo se cortaron en secciones de 1 x 8 pulgadas (2.54 cm x 20.32 cm) de longitud. En los contenedores del microondas se colocó una tira del filtro de cuarzo y se vertieron 30 mL de una disolución ácida de extracción HNO_3:HCl (5.55 %:16.75 %). Los reactivos usados fueron: ácido nítrico concentrado (HNO_3) reactivo ultra puro *Ultrex II* para análisis de metales traza (67 - 70 % w/w) y ácido clorhídrico (HCl) concentrado reactivo ultra puro *Ultrex II* al 36.46 % w/w; Agua tipo I).

Las muestras fueron sometidas al proceso de calentamiento descrito en el método EPA IO-3.1 (EPA, 1999): i) Calentamiento por 23 min a 180 °C; ii) Calentamiento 4 min por 180 °C; iii) Enfriamiento a temperatura ambiente.

Los resultados obtenidos (μg/filtro) fueron convertidos a µg/m^3 por el método EPA IO-3.1, tomando en cuenta el flujo de aire que circuló durante las 24 h de muestreo, la temperatura y la presión atmosférica de cada estación de monitoreo.

Determinación de humedad de suelos

Para determinar la cantidad de agua presente en las muestras de suelos se usó una balanza analítica con resolución de 0.0001 g; antes de pesar las muestras la balanza se verificó con una pesa de 2.0 g de clase F1 para comprobar que las mediciones fueran correctas.

Se pesó aproximadamente un gramo del suelo de cada subsitio en una bandeja de aluminio y se introdujo en una estufa de ventilación forzada durante 18 h, posteriormente se retiraron y se dejaron enfriar a temperatura ambiente dentro de un

desecador, la operación se repitió, pero esta vez por periodos de dos horas hasta obtener un peso constante. Se adoptó el criterio establecido por la ASTM D2216-10 para aceptar un peso como constante cuando la diferencia de las lecturas sea menor a 0.1 % (ASTM, 2018).

Se determinó el porcentaje de agua presente en las muestras de suelo de todos los sitios.

Digestión ácida de las muestras de suelos.

Previo al análisis fue necesario hacer un tamizado de las muestras con el objetivo de obtener una muestra más homogénea y eliminar materia orgánica como hojas, humus, etc. Para el proceso de digestión se pesaron aproximadamente 500 mg de muestra tamizada y se colocaron en un horno de microondas *Anton Paar Multiwave* 3000, con un rotor 48MF50, se agregaron 9 mL de HNO_3 y 3 mL de HCl a cada uno, se sometieron a un programa de calentamiento de acuerdo con el método EPA 3051A (EPA, 1999) como se describe en la **Tabla 2.**

Tabla 2. Programa de digestión EPA 3051A.

Tiempo (min)	Temperatura (°C)
5.5 ± 0.25	(0-175) ± 5
4.5	175
Enfriamiento	Enfriamiento

Debido a la transportación y deposición a gran escala de PGE, además por ser elementos presentes en la naturaleza (Yajun W y Xiaozheng L., 2012), es difícil hallar un suelo libre de actividad antropogénica para usarse como blanco en la validación del método. Para resolver esta situación se usó un material de referencia denominado *Clean Sand 4* (*Clean Sand #4 Reference Material*. Marca Sigma-Aldrich), que es un suelo ¨limpio¨, es decir, con bajas concentraciones de compuestos catalogados como contaminantes.

Análisis por ICP-MS

Para el análisis de las muestras (suelos y aire) el equipo utilizado fue un Espectrómetro de Masas con Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-MS) *Thermo Scientific iCAP Q*. En el espectrómetro de masas se separan los iones y los elementos se identifican en función de su relación masa-carga, m/z, mientras que la concentración del elemento es proporcional al número de iones. El ICP-MS es una técnica relativa. El factor de proporcionalidad entre la respuesta y la concentración de analito está relacionado con el hecho de que únicamente una fracción de los átomos de analito que son aspirados alcanzan el detector en forma de iones. El factor de proporcionalidad se determina a través de la medida de soluciones de calibración (calibrado).

Se realizaron los siguientes ajustes del ICP-MS durante el análisis: Potencia del Plasma:1550 Watts; Flujo en frío: 14 mL/min; Flujo del gas auxiliar: 0.80 mL/min; Flujo en el nebulizador: 0.97 mL/min.

Los extractos de las muestras de suelo y material particulado se filtraron y se aforaron a un volumen de 50 mL para su posterior análisis por ICP-MS. Se elaboró una curva de calibración de seis puntos más el blanco en un intervalo de 0.1 – 2.0 ($\mu g.L^{-1}$).

Estándar interno

Los blancos de aire y suelo se analizaron por

separado, dado que después de la digestión no se realizó ningún tipo de tratamiento de preconcentración, etc. Se observaron valores cercanos de intensidad, dado en cuentas por segundo (CPS), en ambas matrices (*Tabla 3*). Por lo que se tomó la decisión de analizarlos en un mismo lote.

Tabla 3. Valores de intensidad (CPS) obtenidos en el ICP-MS para los tres elementos.

Matriz	Rh [CPS]	Pd [CPS]	Pt [CPS]
Suelo	10	90	46
Aire	26	80	53

El análisis elemental por ICP-MS en muestras reales puede presentar diferentes interferencias del tipo espectroscópicas, causadas por un ion del plasma con una misma relación masa/carga (m/z) que el ion analito de interés. Existen también interferencias no espectroscópicas producidas por la matriz que se presentan en soluciones concentradas entre 500 y 1000 mg/mL disminuyendo la señal del analito. Esto se corrige con un estándar interno, que es un analito que se incorpora junto con la muestra durante todo el análisis a una concentración constante y que comparte características similares (relación m/z y potencial de ionización) al analito de interés (Skoog y col, 2008).

A excepción del rodio (Rh), el paladio (Pd) y el platino (Pt) poseen isótopos (átomos cuyos núcleos tienen el mismo número de protones, pero diferente número de neutrones); siendo los más abundantes el ^{106}Pd y el ^{195}Pt, respectivamente. Los elementos usados como estándar interno para paladio y platino fueron: bismuto (^{209}Bi), indio (^{115}In), ytrio (^{89}Y) y lutecio (^{175}Lu). El Rh se analizó sin estándar interno debido a que se encontraba en la solución multielemental.

Para el análisis de los elementos se usaron los estándares que se mencionan a continuación: a) un estándar interno multielemental (ICP-MS- IS-1) con los siguientes elementos Bi, Rh, Ho, Sc, In, Tb, Li, Y, Lu de 10 µg/mL en 2 % HNO_3 + Tr HCl. Marca *High Purity Standards*; b) un estándar multi-elemental de 100 mg/L de Au, Pd, Ru, Ir, Pt, Os y Rh en 15 % v/v HCl. Marca *Inorganic Ventures*; y c) Solución *Setup iCAP Q* de 25 elementos de 3 – 35 μg/L cada uno en 2 % de HNO_3, proporcionado por *Thermo Scientific*.

Se preparó una solución de estándar interno a una concentración de 5 μg/L y una curva de calibración en un intervalo de trabajo indistinto para evaluar el porcentaje de recuperación de los isótopos: ytrio (Y) e indio (In) y de lutecio (Lu) y bismuto (Bi), ya que estos isótopos fueron los elementos idóneos para corregir las señales del paladio (Pd) y platino (Pt), respectivamente. Los valores se muestran en las **Tabla 4**. El Rh se analizó sin estándar interno debido a que también se encontraba en la solución estándar multielemental.

Al observar el comportamiento de los cuatro isótopos en la **Tabla 4**, resulta que ^{89}Y y ^{209}Bi son los elementos idóneos y fueron los seleccionados para corregir las señales de los análisis.

Curva de calibración.
Cada lote de muestras se analizó con una curva de calibración. A los datos de las curvas de calibración de los tres metales se les aplicó el método de mínimos cuadrados para conocer los parámetros de validación del método como son, el límite de detección

Tabla 4. Porcentajes de recuperación de los isótopos: ^{89}Y, ^{115}In, ^{175}Lu y ^{209}Bi.

	^{106}Pd		^{195}Pt	
Punto de la curva	% recuperación		% recuperación	
	^{89}Y	^{115}In	^{175}Lu	^{209}Bi
Blanco	100	100	100	100
1	94.679	96.692	92.102	94.243
2	95.208	97.535	93.376	91.873
3	87.519	86.013	87.126	88.776
4	100.148	94.941	95.414	99.964
5	100.203	97.979	99.643	101.968
6	96.497	96.965	92.173	100.182

y el límite de cuantificación (LOD y LOQ, por sus siglas en inglés, respectivamente). En las tres curvas se obtuvieron coeficientes de correlación ≥ 0.999 y porcentajes de recuperación de 95 %, 93 % y 101 % para el ^{103}Rh, ^{106}Pd y ^{194}Pt, respectivamente. Los límites LOD y LOQ se enlistan en la **Tabla 5** para cada uno de los tres elementos.

Tabla 5. Límites de detección (LOD) y cuantificación (LOQ) para cada elemento.

	LOD (μg.L^{-1})	LOQ (μg.L^{-1})
^{103}Rh	0.036	0.120
^{106}Pd	0.048	0.161
^{194}Pt	0.031	0.104

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante la semana correspondiente al muestreo en el sitio de Iztapalapa se obtuvieron muestras de partículas atmosféricas en un intervalo de 12.8 – 83.6 (μg.filtro^{-1}).

La norma oficial mexicana (NOM) que establece los límites permisibles para las PM_{10} y $PM_{2.5}$ es la NOM-025-SSA1-2014. Los límites establecidos por esta y otras normas (Organización Mundial de la Salud (OMS); Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA)) se dan en la **Tabla 6**.

Por tanto, se obtuvieron los siguientes valores de $PM_{10} < 75$ µg/m^3 y de $PM_{2.5} < 45$ µg/m^3 en promedio para un período de 24 h, los cuales, para el período de muestreo del material particulado, según la NOM (**Tabla 6**) y el índice mexicano de calidad del aire (IMECA), correspondió a una buena calidad del aire y los valores se encuentran dentro de la norma.

En la **Tabla 7** se dan las concentraciones de Pd, Pt y Rh obtenidas en las partículas atmosféricas. Se observa que en las partículas $PM_{2.5}$ y PM_{10} sólo se logró cuantificar al elemento Pd, encontrándose un valor promedio entre 53 y 55 μg/m^{3}std. Las concentraciones de Rh y Pt no se reportaron, ya que fueron muy bajos y se ubicaron fuera de los límites de correlación (<LOQ) (**Tabla 5**), posiblemente debido a variaciones del equipo.

En un estudio realizado por Rauch, 2006, se reportó una concentración de Pd de 11 µg/m^3 en partículas PM^{10}. Esto es, un valor más bajo al reportado en este trabajo (53 µg/m^3) (**Tabla 7**). Si consideramos que, la fecha y horario de muestreo correspondió a un sitio de bajo

Tabla 6. Límites establecidos ($\mu g/m^3$) según diferentes normas para las PM_{10} y $PM_{2.5}$.

	NOM (2014)		OMS (2006)		EPA (2016)	
Partículas	24 Horas	Anual	24 Horas	Anual	24 Horas	Anual
PM_{10}	75	40	50	20	40	50
$PM_{2.5}$	45	12	25	10	25	nd

tránsito (Iztapalapa) según la clasificación de Morton y Omar, 2014, y que se tenía un buen índice de calidad del aire, como se indicó anteriormente, esta concentración de Pd tiene un valor de cuatro veces mayor al valor reportado.

Tabla 7. Concentraciones de PGE en aire (Sitio de Iztapalapa).

	Rh	Pd	Pt
Fracción	($\mu g/m^3_{std}$)	($\mu g/m^3_{std}$)	($\mu g/m^3_{std}$)
$PM_{2.5}$	NA	55.74	NA
PM_{10}	NA	52.97	NA

En la **Tabla 8**, se presentan las concentraciones de PGE en las muestras de suelos. En las cinco zonas de muestreo se observa una concentración más alta de Pd en relación con Pt y Rh. Los dos últimos metales no presentan una tendencia clara entre ellos.

Las muestras de suelos de los sitios de Merced, Benito Juárez e Iztapalapa, fueron las zonas con mayor humedad ($\bar{x}$ >12.0 %) y son las que presentaron mayor cantidad de Pd (>300 µg/kg); posiblemente pueda ser debido a la mayor solubilidad en agua de Pd, que Pt y Rh (Zereini F. y col., 2016). Es claro que la humedad influye de alguna manera en la acumulación de Pd en suelos, aun cuando no se tiene una relación clara.

La mayor concentración encontrada en las muestras de Pd con relación a Pt y Rh, también se relaciona con la mayor proporción de este metal en la fabricación original de los convertidores catalíticos.

Por otra parte, el Pd es conocido por ser más reactivo y soluble que otros metales formando una variedad de complejos (Brasse S., 2013) que le permiten movilizarse en el ambiente dependiendo de las condiciones meteorológicas (Zereini F. y col. 2016; Jarvis K. E. y col. 2001). Además, una parte considerable de las emisiones del Pd causadas por el tránsito son partículas finas que podrían ser transportadas a los suelos, sin disolución previa (Leopold K. y col., 2017). Esto es, que es difícil mostrar que las concentraciones de Pd reportadas provienen solo de las emisiones vehiculares. Además, por efectos del viento y la lluvia es posible que los PGE se filtren hacia el subsuelo diluyendo su concentración y explicaría la distribución no homogénea observada.

La concentración de Pd en suelos de este trabajo (Pd: 300 µg/kg) fue mayor a la reportada (Pd: 193 µg/kg) por otros autores (Leopold K., 2017). Sin embargo, hubo una variación entre los valores encontrados en la concentración de los PGE en suelos entre las diversas zonas, la cual puede atribuirse a varios factores como, la densidad y la velocidad vehicular (**Tabla 3**), las condiciones meteorológicas, el envejecimiento del suelo, la profundidad de la toma de muestras, entre otras.

El uso de los convertidores catalíticos

Tabla 8. Concentraciones promedio de PGE en suelos.

Sitio	% Humedad	Rh (µg/kg)	Pd (µg/kg)	Pt (µg/kg)
Tlalnepantla	7.6	31.17	176.95	13.12
San Agustín	9.8	19.92	237.91	14.18
Merced	10.0	19.84	350.88	30.55
Benito Juárez	12.2	NA	419.52	17.09
Iztapalapa	14.9	NA	314.74	12.94

de tres vías en México data de 1993. Dado que la circulación de los vehículos a la fecha ha ido en aumento, la cantidad de metales PGE (Pt, Pd y Rh), en los suelos y en las partículas $PM_{2.5}$ y PM_{10} como contaminantes del ambiente también aumentarán. En este trabajo se encontraron altas concentraciones de Pd en suelos y en aire que se deben considerar.

En este sentido, se deben impulsar políticas públicas que promuevan el buen mantenimiento de los convertidores catalíticos, el menor uso de los automóviles y el impulso de vehículos eléctricos. Así como establecer normas oficiales mexicanas de análisis para los metales PGE, las cuales no están establecidas.

4. CONCLUSIONES

Las diversas de compuestos PGE tienden a sufrir fácilmente transformaciones bajo las condiciones cambiantes de los diversos entornos ambientales, así como durante el muestreo y pretratamiento de la muestra antes de su cuantificación. Por tanto, es importante seguir con precisión la norma correspondiente.

El método de análisis por ICP-MS mostró ser un método analítico rápido, de alta sensibilidad y con buena selectividad, para la determinación de las bajas concentraciones de PGE en aire y suelos. La capacidad multielemental del ICP-MS ofrece la posibilidad de obtener información sobre los diferentes elementos presentes en un solo análisis, sin la necesidad de separar a las diferentes especies PGE; sin embargo, es necesario realizar varias curvas de calibración para obtener parámetros de validación adecuados.

Los métodos EPA-3051A e IO-3.1 resultaron ser efectivos para digerir y cuantificar simultáneamente los PGE por la técnica de ICP-MS de diferentes matrices como fueron las muestras de suelos y de aire en los filtros de cuarzo.

La concentración de Pd en las $PM_{2.5}$ y PM_{10} fueron mayores (54 μgPd/kg) a las reportadas en la literatura (11 μgPd/kg). No se pudo cuantificar Pt, ni Rh, en estas muestras.

La concentración y distribución de materia particulada en el aire depende de muchas variables (humedad, velocidad del viento, densidad vehicular, etc.) en las zonas de muestreo. Para estudios más puntuales es necesario conocerlos con precisión para lograr determinar una relación entre ellas.

Las concentraciones de Pd encontradas en las muestras de suelos fueron >300 μgPd/kg, los cuales fueron mayores a las encontradas por otros autores. En tanto que, las obtenidas de Pt y Rh fueron más

bajas (<100 μg/kg).

La distribución heterogénea en las cantidades de PGE obtenida en los diferentes sitios de muestreo de suelos puede atribuirse a diversos factores: densidad vehicular, humedad, profundidad de muestreo, entre otros.

AGRADECIMIENTOS.
Los autores agradecen a la subdirección de evaluación analítica de contaminantes del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) de la CDMX, por el apoyo dado en el el uso de los sistemas de monitoreo y del equipo de análisis ICP-MS.

REFERENCIAS

Arciniégas Suárez, Cesar A. Diagnóstico y control de material particulado: Partículas suspendidas totales y fracción respirable PM_{10}. *Revista Luna azul*,195-213, 2012.
http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=321727348012

ASTM International. *Standard Test methods for Laboratory Determination of Water (Moisture) content of soil and Rock by Mass.* USA. 2018.

Brasse S. *Organopalladium Chemistry.* In: Schlosser, M. (Ed.), Organometallics in Synthesis: Third Manual. John Wiley & Sons, Inc, Hoboken, NJ, USA, pp. 777–1000. Cowley, A. 2013.

Dirección de Monitoreo Atmosférico de la CDMX. *Principales generadores de emisiones de partículas en la CDMX*. 2018. http://www.aire.cdmx.gob.mx/default.php?opc=%27ZKBhnmWkYg==%27=09#D02600030#divFV620 7048973 . (21/marzo/2020).

EPA. Environmental Protection Agency. *Selection, preparation and extraction of filter material. "Compendium of Methods for the Determination of Inorganic Compounds in Ambient Air"* Ohio, USA. 1999. https://www.epa.gov/sites/production/files/2 015-07/documents/epa-io-3.1.pdf . (23/agosto/2018).

Forbes. *CDMX, la quinta ciudad más habitada en el mundo: ONU. 2018.* https://www.forbes.com.mx/cdmx-la-quinta-ciudad-mas-habitada-en-el-mundo-onu/ (21/marzo/2020).

Gobierno de la Ciudad de México. *Gaceta Oficial de la Ciudad de México*. Núm 452, 2018.
http://www.aire.cdmx.gob.mx/descargas/monitoreo/normatividad/NADF-009-AIRE-2017.pdf. (21/marzo/2020).

Guzmán Torres, D. *Inventario de Emisiones de la CDMX, Contaminantes criterio, tóxicos y de efecto invernadero.* Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno de la Ciudad de México. 2014. http://www.aire.cdmx.gob.mx/descargas/publicaciones/flippingbook/inventario-emisiones-cdmx2014-2/IE-CDMX-2014.pdf. (21/marzo/2020).

INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. *Mapa Digital de México. 2019.* http://gaia.inegi.org.mx/mdm6/?v=bGF0OjE5LjQwNzc2LGxvbjotOTkuODk1ODUsejo2LGw6YzExMXNlcnZpY2lvcw==. (12/enero/2021).

Jarvis K. E, Parry S. J, Piper J.

M. Temporal and spatial studies of autocatalyst-derived platinum, rhodium and palladium and selected vehicle-derived trace elements in the environment. *Environ Sci Technol.*, 35, 1031 –1036, 2021. DOI:10.1021/es0001512.

Kalavavrouziotis I.K. y Koukoulakis, P.H. The Environmental Impact of the Platinum Group Elements (Pt, Pd, Rh) Emitted by the Automobile Catalyst Converters. *Water Air Soil Pollution*. Vol 196, 393-402, 2008. DOI: 100.1007/s11270-008-9786-9.

Leopold K. Determination of traffic-related palladium in tunnel dust and roadside soil. *Science of the Total Environment*, 2017. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969717300487?via%3Dihub DOI:10.1016/j.scitotenv.2017.01.048

Leopold K, Worle K., Schindl R., Huber L., Maier M., Shuster M. Determination of traffic-related palladium in tunnel dust and roadside soil. *The Science of Total Environment*, 583, 169-175, 2017. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2017.01.048

Morton, Ofelia y Amador Omar. Platinum in $PM_{2.5}$ of the metropolitan area of Mexico City. *Environmental Geochemistry and Health*, 2014. DOI:10.1007/s10653-014-9613-8. (08/Agosto/2018).

NOM Norma Oficial Mexicana: NOM-025-SSA1-2014. Salud ambiental. 2014. *Valores límite permisibles para la concentración de partículas suspendidas PM_{10} y $PM_{2.5}$ en el aire ambiente y criterios para su evaluación.* https://www.sinec.gob.mx/SINEC/Vista/Normalizacion/DetalleNorma.xhtml?pidn=UXFRRysyTkRITW5ZV0JSRVNpdXhMZz09 (12/enero/2021).

Open University. *The three-way catalytic converter*. 2016. www.open.edu/openlearn/science-maths-technology/science/chemistry /the-three-way-catalytic-converter/content-section-0. (22/marzo/2020).

Oni escuela. 2009. http://www.oni.escuelas.edu.ar/olimpi99/autos-y-polucion/cataliza.htm. (08/07/2021).

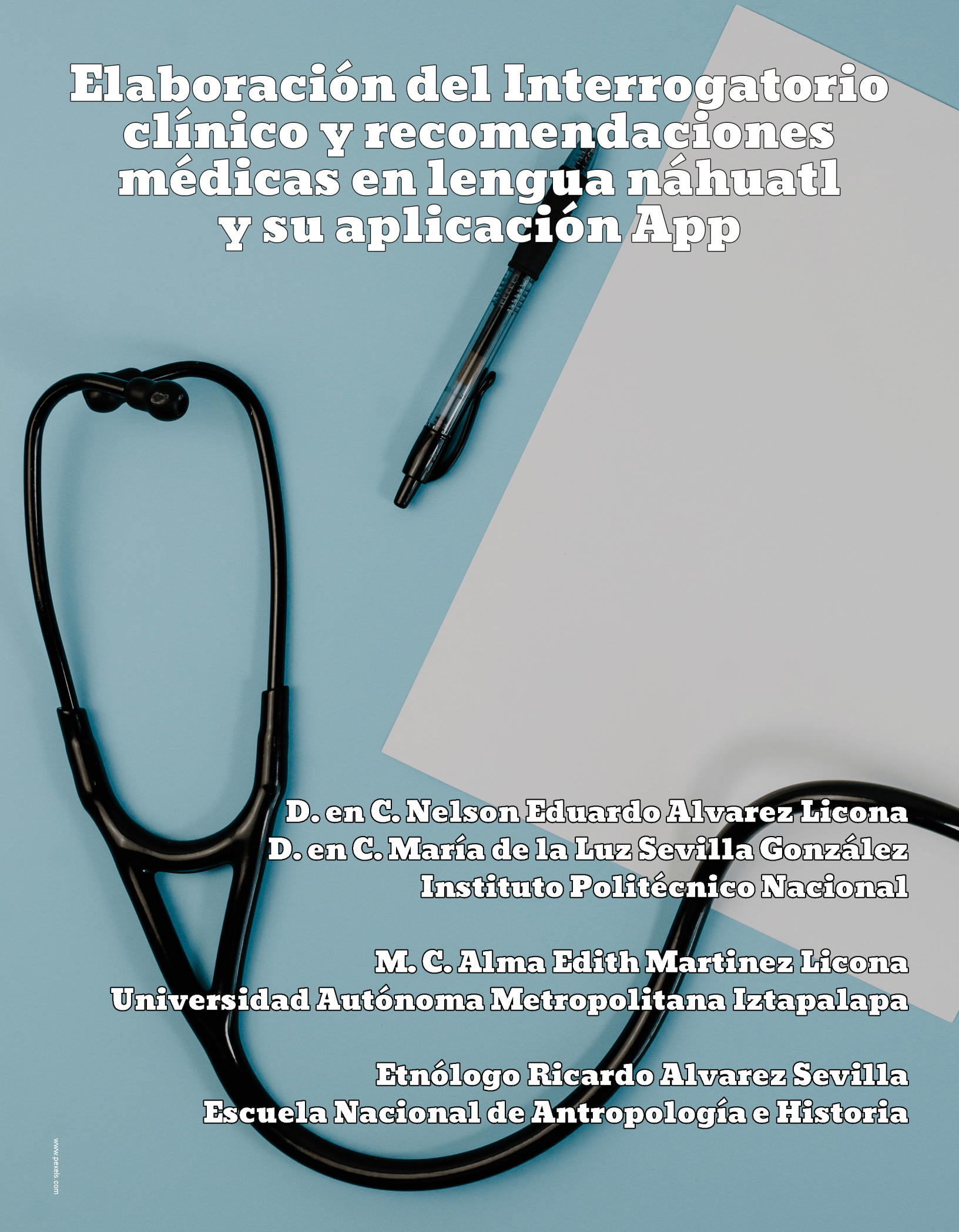
Rauch, Sebastien. Platinum Group Elements in Airborne Particles in Mexico City. *Environmental Science Technology*. Vol. 40, 7754 -7560, 2016. DOI: 10.1021/es061470h

Ravindra, Khaiwal y Bencs, László. Platinum group elements in the environment and their health risk. *The science of the Total Environment*, 318, 1 – 43, 2016. DOI: 10.1016/S0048-9697(03)00372-3.

Skoog D., Holler J. y Crouch S. *Principios de análisis Instrumental*. 6° Ed. Cap. 28. México. Ed. Cengage Learning. 2008.

Yajun, Wang. y Xiaozheng Li. Health risk of platinum group elements from automobile catalysts. *Procedia Engineering*, 45, 1004-1009, 2012. DOI:10.1016/j.proeng.2012.08.273

Elaboración del Interrogatorio clínico y recomendaciones médicas en lengua náhuatl y su aplicación App



D. en C. Nelson Eduardo Alvarez Licona
D. en C. María de la Luz Sevilla González
Instituto Politécnico Nacional

M. C. Alma Edith Martinez Licona
Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa

Etnólogo Ricardo Alvarez Sevilla
Escuela Nacional de Antropología e Historia

www.pexels.com

Resumen
Este documento muestra el mecanismo y las lógicas que se utilizaron para desarrollar un instrumento comunicativo, que facilita la comunicación entre el personal de salud y la población hablante de lengua náhuatl usuaria de lo servicios de salud en México. Con este instrumento se pueden realizar entrevistas clínicas, así como recomendaciones médicas a pesar del desconocimiento del idioma náhuatl y esto es posible ya que la lengua náhuatl y el español comparte el mismo sistema alfabetico. Para su elaboración, se requirió del conocimiento de este idioma, optando por lenguaje cortés en lugar del lenguaje reverencial, que es más complicado. Y para su aplicación se desarrollo un instrumento basado en el uso de las nuevas tecnología, por lo que se recurrió a la elaboración de una aplicación App, debido a que todos los trabajadores de salud tienen siempre a la mano un teléfono celular. Este documento se basa en investigación de campo, en las entrevistas clínicas realizadas por los internistas, así como en la experiencia clínica de los médicos responsables de la atención en primer nivel de contacto, además del desarrollo tecnológico para su aplicación mediante un programa para el desarrollo de una App.

Palabras clave
Comunicación. Lengua náhuatl, Entrevista clínica, Recomendaciones médicas. Aplicación App.

Summary
This document shows the mechanism and logics that were used to develop a communicative instrument that facilitates communication between health personnel and the Nahuatl-speaking population that uses health services in Mexico. With this instrument, clinical interviews can be carried out, as well as medical recommendations despite the lack of knowledge of the Nahuatl language and this is possible since the Nahuatl language and Spanish share the same alphabetical system. For its elaboration, knowledge of this language was required, opting for courteous language instead of reverential language, which is more complicated. And for its application, an instrument was developed based on the use of new technology, so an App application was developed, since all health workers always have a cell phone at hand. This document is based on field research, on clinical interviews carried out by internists, as well as on the clinical experience of the physicians responsible for first-level care, as well as on technological development for its application through an App program.

Keywords
Communication. Nahuatl language, Clinical interview, Medical recommendations, App.

Introducción
"Es derecho de todo mexicano comunicarse en la lengua de la que sea hablante, sin restricción en el ámbito público o privado, en forma oral o escrita, en todas sus actividades sociales, económicas, políticas, culturales, religiosas y cualesquiera otras" (Art. 9 de la Ley General de Derechos Lingüísticos de los Pueblos Indígenas. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 13 de marzo de 2003)

La investigación, de la que procede el libro y a la aplicación App: Interrogatorio clínico y recomendaciones médicas en lengua náhuatl (Alvarez, *et al*; 2020), se diseño para facilitar la comunicación a los trabajadores de la salud con la población hablante de lengua náhuatl, principalmente

para las personas monolingües o que poco se comunican en español, cuando realizan interrogatorios clínicos y recomendaciones médicas. Ante esta dificultad por lo general se recurre a la traducción de personas de la localidad que hablan náhuatl y español, que por lo general son los personas bilingües de la misma población, particularmente a los mismos trabajadores del centro de salud, habitantes de la localidad. Es muy común que sean los mismos enfermos quienes asisten a su consulta acompañados con alguna persona que funcione como traductor, que por lo general son los parientes o los más allegados quienes realizan esta labor. Esta forma de resolver la dificultad de la atención clínica, crea en el trabajador de la salud la duda de ¿si el traductor efectivamente tradujo todo lo que se le dijo? o ¿si se mantuvo el sentido de la comunicación en la traducción?. La ausencia de traductores especializados en esta tarea, hace que la calidad del servicio no sea como debía realizarse, que es en el respeto al otro, comenzando por el respeto a sus derechos, sobre todo si resulta una gran dificultad el poder construir un diagnóstico basado en la evidencia que se desprende, en parte, del interrogatorio clínico, además de poder realizar las recomendaciones médicas que se requieren para llevar a cabo la atención a los pacientes.

De ahí la utilidad de un instrumento con el que se facilite la comunicación, donde el trabajador de la salud pueda hacer interrogatorios clínicos y comunicar recomendaciones médicas en lengua náhuatl, sin ser hablante del idioma, ya que el documento realiza su función al ser leido, sabíendose con anticipación lo que se está diciendo. Se trata de leer lo que está escrito sobre la base alfabética, que comparten ambos idiomas, así se deja a la enunciación la comunicación con el interlocutor. De ahí que el instrumento se diseño priorizando que fuera práctico, que a manera de un manual, facilitara el interrogatorio clínico y la comunicación de las recomendaciones médicas apropiadas, ya que en ambos casos, tanto las preguntas clínicas, como las recomendaciones médicas, son las que generalmente realizan los médicos a sus pacientes, al provenir del interrogatorio clínco que realizan los médicos internistas (Willis, 1998), y al proceder de la experiencia de los clínicos a quienes se les preguntó cuales eran las recomendaciones más comunes que les hacian a sus pacientes en su consulta cotidiana. El mecanismo por el que se tiende este puente de comunicación directo entre el médico y su paciente, permite que se respete la confidencialidad en la relación médico – paciente.

Siendo una de las dificultades hacer llegar este instrumento a los trabajadores de la salud, por lo que además de ser un documento escrito, se desarrollara en una aplicación App, para que se tuviera siempre al alcance, ya que los trabajadores de salud por lo general siempre traen consigo su teléfono.

La lengua náhuatl se construye en base a una comunicación respetuosa y fonéticamente agradable, existiendo dos sentidos no contrapuestos sino integrados: el lenguaje reverencial y el lenguaje cortés. El lenguaje reverencial es el de mayor respeto y denota veneración, afecto o estima, y solo se utiliza en la conjugación de las segundas y terceras personas del singular y del plural, ya que emplearlo en las primeras personas implica petulancia. La veneración se expresa en el lenguaje y aparece en las enunciaciones, que representadas en formas gramaticales alfabéticas se observan

incorporando ideas en una sola palabra, a diferencia del lenguaje en español donde las escribimos en formas separadas. Siendo el lenguaje reverencial muy complejo, aunado a esto la por si complicada lengua náhuatl. Por lo que se tomo la decisión de construir el instrumento en lenguan cortés, que es más sencillo que el lenguaje reverencial. Como ejemplo de la escritura y enunciación de las ideas en las forma cortes y reverencial utilizareos la siguiente: "tú acompañas a alguien":

- En lenguaje cortés: *Titehuica* (tu acompañas a alguien) / *Ti* (tu, pronombre verbal) *te* (a alguien, pronombre indefinido) *huica* (acompañar).
- En la forma reverencial: *Tehuatzin timotehuiquili* (usted acompaña a alguien) / *Tehuatzin* (usted, pronombre personal en forma reverencial) *timo* (*tu te*, pronombre reflexivo) *te* (a alguien) *hui* (acompañar, de *huica*) *quili* (sustituye *ca* del verbo *huica*, que se utiliza en las formas reverenciales de los verbos transitivos).

La comunicación reverencial debe ser considerada como forma normalizada en la interacción entre los miembros de las comunidades hablantes del náhuatl, sin embargo y debido a la intención de proporcionar un instrumento útil para facilitar la comunicación, es que se prescinde de las formas reverenciadas. Sin embargo la forma reverenciada de la interacción se da en el suceder, donde y precisamente, se reconce en la interacción por parte de la población indígena, el esfuerzo que hace el *ticitl* (médico) para comunicarse, al estar interesado en su salud. Solo así se puede reconocer la autenticidad de uno, reconociendo la del otro.

Si bien el instrumento está escrito en náhuatl, existen diferentes variantes idiomáticas de esta lengua, y si bien se elaboro en base a la variante del náhuatl clásico a partir de los siguientes textos: Carochi, 1645; Molina, 1555 – 1571; Olmos, 1547; Portugal, 2012; Rémi, 2007; Sullivan, 1976. Se dejo un espacio para que los trabajadores de la salud que apliquen este instrumento, puedan realizar al adecuaciones necasarias para que se pueda tener aplicación en las distintas variantes idiomáticas de la lengua. Los elementos comunes de las diversas formas con las que se construye la lengua náhuatl, permiten la comunicación.

Para construir este manuscrito en la variante del náhuatl que se habla en la comunidad donde se decide aplicar este instrumento, el procedimiento es ir con la población de estas comunidades, en este punto se registran las formas propias de la enunciación de acuerdo a la variante idiomática de que se trate, validado así las estructuras del náhuatl que se emplea en la elaboración del instrumento. Sin embargo es suficiente el instrumento para que este realice su función entre personas que se comunican en este idioma.

Después de la traducción del instrumento. Se procede a una primera aplicación del interrogatorio clínico y las recomendaciones médicas con población bilingüe, en esta parte del proceso las preguntas de interrogatorio clínico y las recomendaciones médicas que no se entiendan, son leidas en español a las personas bilingües con quienes se trabaja, que convenientemente serán personas relacionadas con el área de salud (parteras, médicos tradicionales), diciéndoles ¿como harian estas preguntas o realizarías estas recomendaciones en el náhuatl que hablan?.

Posteriormente y una vez reconocidos e incorporados en el instrumento los elementos propios de la variante del náhuatl en la que se está conversando, se regresa a campo y se prueba el instrumento en población analfabeta, monolingüe hablante de náhuatl; así, y auxiliados con población bilingüe relacionada con la atención a la salud, preferentemente con quien ya se había trabajado ya que conocen la lógica de elaboración, se aplica el interrogatorio clínico y se realizan las recomendaciónes médicas con la población a quien está dirigido principalmente el instrumento, que es la población analfabeta, monolingüe hablante en lengua náhuatl y a personas que poco se comunican en español, realizándose las adecuaciones necesarias para que sea entendido entre la población a quien está diriguido el instrumento. La aplicación del interrogatorio clínico y las recomendaciones médicas construye puentes de encuentro entre los hombres, de ahí la importancia de utilizarlo también con población indígena bilingüe.

La organización del documento orienta su aplicación en el ambito de la atención clínica, como un instrumento que facilite la comunicación y se puedan realizar interacciones basadas en el reconocimiento de la legitimidad del otro. Este documento es un instrumento que puede ayudar a que se de el encuentro a través del lenguaje, lo que tiene importantes consecuencias como la incorporación de elementos con los que construimos nuestra identidad, entendida como *estado de realidad*, como constructo que hacemos de lo que percibimos. El encuentro con el otro siempre nos enriquece al darse la convivencia humana en el conversar, "estamos en el lenguaje cuando nos movemos en las coordinaciones de coordinaciones de acciones en cualquier dominio que sea. Pero el "lenguajear" de hecho ocurre en la vida cotidiana entrelazado a el emocionar, y a lo que pasa en este entrelazamiento llamo conversar" (Maturana, 1997: 42). El documento, si bien facilita la interacción en el ambito clínico, incide en la interacción entre el médico, la familia y personas sercanas al paciente, posibilitando la convivencia en un ritmar común.

"Las lenguas tienen cuenta silábica, entonaciones, pausas, un ánimo con que se hablan; un esfuerzo físico y otro emocional que cada palabra, frase, párrafo requiere del hablante y que no hay manera de evitar, sortear, imposible de anular. Sin eso no hay lengua posible" (Henestrosa, 1993: 14)

El documento contiene escalas que permitan reconocer intensidades, frecuencias y periodicidades, con los numerales en lengua náhuatl se podrán realizar los cálculos necesarios que se requieran para la aplicar del interrogatorio clínico y las recomendaciones médicas que el personal de salud considere necesarios.

En la aplicación del instrumento, es importante que ***lea despacio*** al pronunciar las palabras, para la enunciación clara de todos los elementos que construyen el vocablo. Por lo que se suguiere que antes de utilizar el documento se práctique la pronunciación. Así el usuario de este instrumento encontrará la pregunta del interrogatorio clínico o la recomendación médica en español, seguida de su traducción en lengüa náhuatl y la traducción de los morfemas incorporados debajo de las palabras en náhuatl, para que conozca los morfemas con los que construye la

comunicación. Las palabaras en náhuatl han sido divididas mediante guiones, para distinguir los morfemas con los que se contruyen las palabras utilizadas en el documento, facilitando además la pronunciación.

Para efectos prácticos y porque se leerán las palabras que se habrán de enunciar, se introcuen algunas recomendaciones, como: la "*ll*" se pronuncia como una "*l*" prolongada, dando una suave entonación y la "*h*" que refiere al plural, se pronuncia con una ligera exhalación de aire a través de la oclusión de la glotis, emitiendo un sonido semejante al de la "*j*".

INTERROGATORIO CLINICO. A partir del reconocimiento de la dificultad hara entender el idioma náhuatl, particularmente al ser escuchado, el interrogatorio clínico que ha sido construido con el que consideramos (asesorados por médicos internistas) el mejor elaborado (Willis, 1998) y fueron reestructuradas, las que así lo requirieron, para que el paciente conteste con una afirmación o una negación: ***Quema*** **(Si) /** ***Ahmo*** **(No)**. Complementandose, cuando se requiera, con la petición de señalar la parte del cuerpo afectada indicando con la la parte del cuerpo aludida. El capitulo de Interrogatorio Clínco, está compuesto de los siguietes aparatados: Presentación. Datos del Paciente. Aclaración al paciente de cómo se realizará el interrogatorio clínico. Antecedentes. Inicio del interrogatorio para reconocer el padecimiento. A continuación aparecen los diferentes aparatados con los que se construye el Interrogatorio Clínico y son los siguientes: Aparato Respiratorio. Aparato Digestivo. Aparato Cardiovascular. Aparato Renal y Urinario. Aparato Genital Masculino. Aparato Genital Femenino. Sistema Endócrino. Sistema Hematopoyético y Linfático. Musculo Esquelético. Sistema Nervioso. Órganos de los Sentidos. Esfera Psíquica. Síntomas Generales.

A continuación se presenta como ejemplo del Interrogatorio Clínico, el Capítulo:

APARATO RESPIRATORIO:

¿Tiene escurrimiento por su nariz? *¿Timo-chichipica moyacauh?* **Otra variante de náhuatl:** *Timo* (tu te, pronombre reflexivo) *chichipica* (escurrir) *mo* (tu, pronombre posesivo) *yaca* (nariz, de *yacatl*)
¿Tiene sangrado por su nariz? *¿Timo-ez-quiza mo-yaca?* **Otra variante de náhuatl:** *Timo* (tu te, pronombre reflexivo) *ez* (sangre, de *eztli*) *quiza* (salir) *mo* (tu, pronombre posesivo) *yaca* (nariz, de *yacatl*)) *uh* (posesivo del sustantivo)
¿Tiene tos? *¿Timo-tlatlaxi-liztli?* **Otra variante de náhuatl:** *Timo* (tu te, pronombre reflexivo) *tlatlaxi* (tos) *liztli* (acto de)
¿Escupe sangre? *¿Timo-ez-chicha?* **Otra variante de náhuatl:** *Timo* (tu te, pronombre reflexivo) *ez* (sangre, de *eztli*) *chicha* (escupir)

APARATO RESPIRATORIO:

¿Le duele el pecho? *¿Timo-elpan-cocoliztli?* **Otra variante de náhuatl:** *Timo* (tu te, pronombre refexivo) *elpan* (pecho, de *elpantli*) *cocoloztli* (dolor)
¿Usted tiene dificultad para respirar? *¿Timo-ohui-ihiyoti?* **Otra variante de náhuatl:** *Ti* (tu, pronombre verbal) *ohui* (dificultad) *ihiyoti* (respirar, de *ihiyotia*)

Recomendaciones Médicas. En la segunda parte del instrumento, aparecen las recomendaciones que se realizan con mayor frecuencia en la consulta, de acuerdo a las principales indicaciones de los diferentes especialistas en distintas áreas de la salud, particularmente las que están más implicadas en las patologías que se presentan en la consulta de primer contacto, por lo que se obtuvieron de médicos clínicos en ejericio, para que su experiencia – conocimiento, guíe las recomendaciones más comunes. Estas aparecen ordenas por especialidad médica, de tal modo que la sección de Recomendaciones Médicas se ordena con las siguientes áreas: Gastroenterología. Endocrinologia. Neumología. Alergología. Ginecología y Cardilogía.

De igual manera que en el interrogatior clínico, estas recomendaciones médicas estructuran su funcionamiento mediante un mecanismo sencillo, que implica conocer lo que se quiere decir, antes de pronunciar la recomendación en lengua náhuatl. En un lado se escribe en español y a su lado en náhuatl, que al ser leido sobre una base alfabética se sabe lo que se está diciendo. Como se ha mostrado anteriormente. Así mismo en cada recomendación médica en lengua náhuatl aparece en la parte de abajo el significado de los morfemas incorporados a las palabras en náhuatl.

El procedimiento mediante al cual se realizo esta sección de recomendaciones médicas en lengua náhuatl, fue que una vez reconocidas las especialidades de donde obtendríamos la información, que son las que tienen importante participación en la atención de primer contacto en la consulta general, se acudió a entrevistar a los médicos clínicos de las diferentes especialidades, quienes una vez enterados de la intención del trabajo y aceptando la realización de la entrevista, se les pregunto por las recomendaciones más comunes que hacian en su consulta médica. Estas recomendaciones médicas fueron traducidas al idioma náhuatl y se validaron en campo con población indígena bilingué y monolíngüe. Se trabajó con médicos tradicionales bilingües, quienes realizan su trabajo en la misma comunidad, particularmente la atención de partos. En el procedimiento para la obtención de la información, se les decía la recomendación médica en lengua náhuatl, de acuerdo a como lo teniamos escrito y nos expresaban lo que habian entendido, cuando se entendía lo que decíamos se mantenía la estructura gramatical y si no se entendía se les preguntaba ¿cómo dirian en su lengua lo que queriamos expresar?.

Con los registros etnográficos que eran cuadernos de campo y grabaciones de las sesiones de trabajo, se reestructuró el documento. Posteriormente y con la incorporación del material etnográfico, se regresó a campo y se probó el instrumento ahora con personas monolingües de lengua

náhuatl, adultos, de ahí se obtuvo la validación del documento final.

A continuación se presenta como ejemplo las recomendaciones médicas hechas para el capítulo.

GASTROENTEROLOGÍA:

No coma *Ahomo ti-cua* **Otra variante de náhuatl:** *Ahmo* (no) *ti* (tu) *cua* (comer)
Tome suero oral *Xi-atli suero oral* **Otra variante de náhuatl:** *Xi* (tu, imperativo) *atli* (beber) *suero oral*
No fume *Ahmo chichina* **Otra variante de náhuatl:** *Ahmo* (no) *chichina* (fumar)
No tome alcohol, ni menta *Ahmo atli octli ihuan menta* **Otra variante de náhuatl:** *Ahmo* (no) *alti* (beber) *octli* (alcohol) *ihuan* (y) *Menta*
Disminuir el consumo de café y de tomate, jitomate, chocolate y grasas *Timo-xelo-atli cáfe ihuan xelo-ti-cua-z tomatl, jitomatl, chocolatl ihuan chiyahuac*

GASTROENTEROLOGÍA:

Otra variante de náhuatl: *Timo* (tu te, pronombre reflexivo) *xelo* (disminuir, de *xeloa*) *atli* (beber) *cáfe* (café) *ihuan* (y) *xelo* (disminuir, de *xeloa*) *ti* (tu, pronombre verbal) *cua* (comer) *z* (futuro) *tomatl* (tomate), *jitomatl* (jitomate), *chocolatl* (chocolate) *ihuan* (y) *chiyahuac* (grasa)
No tome refresco, porque inflama tu vientre *Ahmo atli refresco yeica potzahua mo-ite-uh* **Otra variante de náhuatl:** *Ahmo* (no) *atli* (beber agua u otra bebida) *refresco yeica* (porque) *potzahua* (inflamar) *mo* (tu, pronombre posesivo) *ite* (vientre, de *itetl*) *uh* (posesivo del sustantivo)
Coma poco *Achi ti-cua-z* **Otra variante de náhuatl:** *Achi* (poco) *ti* (tu, pronombre verbal) *cua* (comer) *z* (futuro)
Coma poco antes de dormir *Achi ti-cua achtopa timo-cochi-z* **Otra variante de náhuatl:** *Achi* (poco) *ti* (tu, pronombre verbal) *cua* (comer) *achtopa* (antes) *timo* (tu te, pronombre reflexivo) *cochi* (dormir) *z* (futuro)
No se ponga cinturones o fajas apretadas *Ahomo ximo-tilini cinturón ihuan ilpicatl* **Otra variante de náhuatl:** *Ahmo* (no) *ximo* (tu te, pronombre reflexivo) *tilini* (apretarse, de *tilinia*) *cinturón ihun* (y) *ilpicatl* (faja)

GASTROENTEROLOGÍA:

No se agache *Ahmo timo-toloa* **Otra variante de náhuatl:** *Ahmo* (no) *timo* (tu te, pronombre reflexivo) *toloa* (agacharse)
Quítale la grasa a la leche *Xi-cuani-chiyahuac in leche* **Otra variante de náhuatl:** *Xi* (tu, imperativo) *cuani* (quitar, de *cuania*) *chiyahuac* (grasa) *in* (en) *leche*
Coma pocas comidas fritas *Achi ti-cua-tzoyoni* **Otra variante de náhuatl:** *Achi* (poco) *ti* (tu, pronombre verbal) *cua* (comer) *tzoyoni* (frito, de *tzoyonilli*)
No ayune *Ahmo timo-zahua* **Otra variante de náhuatl:** *Ahmo* (no) *timo* (tu te, pronombre reflexivo) *zahua* (ayunar)
Coma despacio *Yolic ti-tla-cua* **Otra variante de náhuatl:** *Yolic* (despacio) *ti* (tu, pronombre verbal) *tla* (algo) *cua* (comer)

Y así se continúa con las demás Recomendaciones Médicas, de acuerdo a las distintas especialidades que fueron elegidas: Gastrointestinal en niños. Neumología. Faringo-amigdalitis. Endocrinología. Alergología. Ginecología. Cardilogía.

El documento se complementa con las siguientes secciones: Numerales:

1 – Ce	11 – Matlactli ce
2 – Ome	12 - Matalctli ome
3 – Yei	13 - Matlactli yei
4 – Nahui	14 - Matlactli nahui
5 – Macuilli	15 – Caxtolli
6 – Chicuacen	16 – Caxtoli ce
7 – Chicome	17 – Caxtoli ome
8 – Chicuey	18 – Caxtoli yei
9 – Chicnahui	19 – Caxtoli nahui
10 – Matlactli	20 – Cempoalli

"Cempoalli, de ce, "uno" y el verbo poa, "contar", significa una cuenta, y representa la unidad numérica nahua" (Sullivan, 1976: 189).

21 – Cempoalli ihuan ce (veinte y uno)
22 – Cempoalli ihuan ome (veinte y dos)
23 – Cempoalli ihuan yei (veinte y tres)
24 – Cempoalli ihuan nahui (veinte y cuatro)
25 – Cempoalli ihuan macuilli (veinte y cinco)
26 – Cempoalli ihuan chicuacen (veinte y seis)
27 – Cempoalli ihuan chicome (veinte y siete)
28 – Cempoalli ihuan chicuey (veinte y ocho)
29 – Cempoalli ihuan chicnahui (veinte y nueve)
30 – Cempoalli ihuan matlactli (veinte y diez)

Al ser vigesimal el sistema numérico nahua, los números después del veinte se forman utilizando *ihuan* (y) sumándose al numeral 20, ejemplo: *Cempoalli ihuan ce* = 21.

Con la finalidad de proporcionar elementos que sirvan a los profesionales de la salud y en base a que los referentes que se requieren son: horas, días, meses y años; los numerales que se incluyen son hasta el número 30, que completa el mes. Para terminar con Horas. Días. Meses y Años.

¿Cuántas horas? *¿Quexquich imman?* *Quexquich* (cuanto) *imman* (hora)
¿Cuántos días? *¿Quexquich ilhuitl?* *Quexquich* (cuanto) *ilhuitl* (día)
¿Cuántas semanas? *¿Quexquich chicuey-ilhuitl* *Quexquich* (cuanto) *chicuey* (ocho) *ilhuitl* (día)
¿Cuántos meses? *¿Quexquich metztli?* *Quexquich* (cuanto) *metztli* (mes)
¿Cuántos años? *¿Quexquich xihuitl?* *Quexquich* (cuanto) *xihuitl* (año)
Cada hora *Cecen imman* *Cecen* (cada) *imman* (hora)
Cada día *Cecen ilhuitl* *Cecen* (cada) *ilhuitl* (día)
Cada semana *Cecen chicuey-ilhuitl* *Cecen* (cada) *chicuey* (ocho) *ilhuitl* (día)
Cada mes *Cecen metztli* *Cecen* (cada) *metztli* (mes)
Cada año *Cecen xihuitl* *Cecen* (cada) *xihuitl* (año)

Aplicación APP

Para el desarrollo de la aplicación de INTERROGATORIO CLÍNICO Y RECOMENDACIONES MÉDICAS EN LENGUA NÁHUATL se solicitó el apoyo de la Maestra Alma E. Martínez L. del Departamento de Ing. Eléctrica de la UAM Iztapalapa y la alumna Marisol Chavarria, también de la UAM Iztapalapa.

A continuación se describe la APP. Este desarrollo utiliza un Framework el cual se llama Ionic Framework 3 el cual es un kit de herramientas de UI de código abierto y gratuito, para crear aplicaciones móviles y de escritorio de alta calidad y rendimiento el cual utiliza tecnologías web (HTML, CSS y JavaScript).

Actualmente, Ionic Framework tiene integración oficial con Angular.

Esta aplicación se debe instalar en el teléfono, el cual será el instrumento que ayude a visualizarlo de forma digital.

Los módulos fueron definidos por el Dr. Nelson Alvarez, la Dra. Ma. de la Luz Sevilla y el Etnólogo Ricardo Alvarez y el desarrollo de la APP por el equipo de la UAM Iztapalapa.

A continuación se describe la APP:

En la Figura 1.1 se visualiza la interfaz inicial del interrogatorio

Figura 1.1

La Figura 1.1 contiene:

1. El logo de la aplicación.
2. Datos de su creador e institución.
3. El menú donde se encontrará la sección del interrogatorio.

En la figura 2.1, se muestra la interfaz al desplegar el menú.

Figura 2.1

La Figura 2.1 contiene:

1. Presentación.
2. Introducción.
3. El menú de los diversos interrogatorios que se tienen disponibles en la app.
4. Recomendaciones.
5. Numerales.
6. La bibliografía.

La interfaz 3.1 muestra la introducción y una breve explicación.

Figura 3.1

Se da una explicación breve de la historia de como surgió el proyecto y cuál es su propósito.

La interfaz 4.1 muestra la introducción al interrogatorio, así como la forma de contestar.

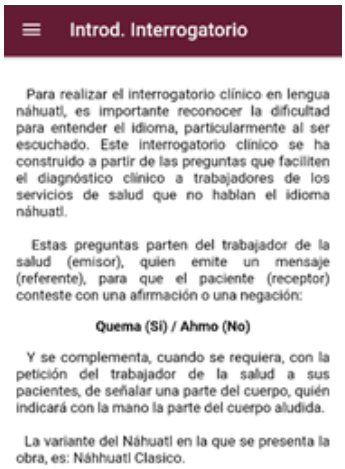


Figura 4.1

La interfaz 5.1 muestra el interrogatorio clínico y un submenú de las opciones que ahí encontramos.

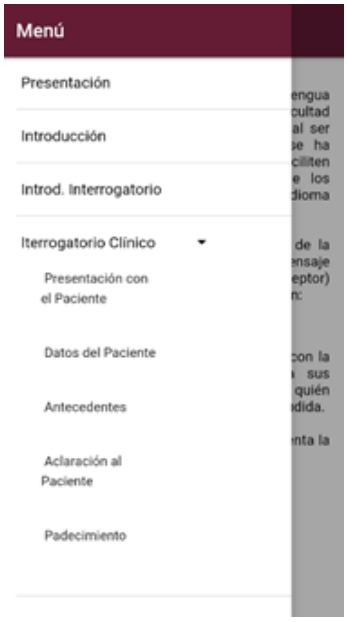


Figura 5.1

Al seleccionar presentación con el paciente esperamos unos segundos y se apertura una nueva interfaz Figura 5.1.2 en la cual podemos ver la forma en como realizar una pregunta y al obtener una respuesta la podremos almacenar dentro de la aplicación.

Figura 5.1.2

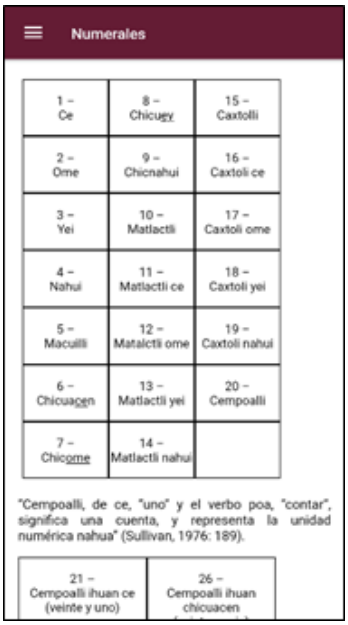


Figura 6.1

Los tres botones que aparecen en dicha aplicación se utilizan para lo siguiente:

Habilita el cuadro para la escritura de respuestas y una vez capturada la información podemos inhabilitar para no cometer algún error.

Nos permite borrar toda la información escrita dentro de ese cuadro donde realizamos alguna modificación.

Almacena todo lo escrito dentro del cuadro es importante que cada vez que hacemos una modificación demos un clic a este botón.

La interfaz 6.1 muestra los numerales.

Y como ultima interfaz tenemos la bibliografía, Figura 7.1.

Contiene información sobre las fuentes de donde se obtuvo la información vertida en esta app.

Figura 7.1

BIBLIOGRAFÍA

Alvarez Licona, Sevilla González, Alvarez Sevilla R. y Alvarez Sevilla E. Interrogatorio clínico y recomendaciones médicas en lengua náhuatl. México: Bonilla Artigas Editores, 2020.

Carochi Horacio; Compendio del Arte de la Lengua Mexicana (Reimpresión de la primera edición de 1645). México: Gobierno del Estado de Puebla, 1976.

Henestrosa, Andrés. Dos Lenguas Un Mundo. México: Lotería Nacional para la asistencia Pública. 1993.

Ley General de Derechos Lingüísticos de los Pueblos Indígenas. Publicada en el Diario Oficial de la Federación, el 13 de marzo de 2003.

Maturana, Humberto; El sentido de los Humano; Chile: J. C. Editores, 1997.

Molina, Alonso, fray; Vocabulario de la Lengua Castellana / Mexicana – Mexicana / Castellana; (primera edición 1555 – 1571). México: Editorial Porrua, 2008.

Olmos, Fray Andrés; Arte de la Lengua Mexicanaa (primera edición, 1547). México: Universidad Autónoma de México. 2002.

Portugal Carbó, Eduardo; Diccionario de verbos de la lengua Náhuatl; México: Editorial Porrua, 2012.

Rémi Siméon; Diccionario de la lengua náhuatl o mexicana; México: Siglo XXI, 2007.

Sullivan Thelma D.; Compendio de Gramática Náhuatl; México: UNAM, Instituto de Investigaciones Históricas, 1976.

Willis Hurst, J; Medicina para la práctica clínica; Argentina: Médica Panamericana, 1998.

www.pexels.com

www.pexels.com