

Avances de Investigación desde la Maestría en Ciencias de la Salud Ambiental



Silvia Lizette Ramos de Robles
Felipe de Jesús Lozano Kasten
(Coordinadores)



UNIVERSIDAD DE
GUADALAJARA
Red Universitaria e Institución Benemerita de Jalisco



MAESTRÍA EN CIENCIAS
DE LA SALUD AMBIENTAL

**Avances de investigación desde la
Maestría en Ciencias de la Salud
Ambiental**

Con el Apoyo del Programa de Incorporación y Permanencia de Posgrado en el Programa Nacional de Posgrado de Calidad (PROINPEP) 2020, de la Universidad de Guadalajara.

Primera edición, 2020

Universidad de Guadalajara

Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA)

Instituto de Medio Ambiente y Comunidades Humanas (IMACH)

Maestría en Ciencias de la Salud Ambiental

Derechos Reservados D.R. © 2020 Universidad de Guadalajara

Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias

Camino Ramón Padilla Sánchez 2100 Nextipac, 45200 Zapopan, Jal.

© Portada, diseño y fotografías de Sarahí Bedoya

Coordinadores de la obra: Silvia Lizette Ramos de Robles y Felipe de Jesús Lozano Kasten.

Autores: Citlali Curiel Balzaretti, Arturo Curiel Ballesteros, Alethea Sandoval Casillas, Georgina Vega Fregoso, Felipe de Jesús Lozano Kasten, Alejandro Aarón Peregrina Lucano, Andrea Castillo Cuellar, Horacio Guzmán Torres, Gilda René Ponce Véjar, Silvia Lizette Ramos de Robles, Juan Gabriel Torres Pasillas, Kenia Marcela Gonzalez Pedraza, Perla Berenice Sánchez Torres, Martha Georgina Orozco Medina, Arturo Figueroa Montaña, Jairo Gabriel Alvarez Ortiz, Mario Eduardo Flores Soto, Ana Raquel Ramos Molina, Abraham Puga Olguín, César Soria Fregozo, Christiane Jeglitzka, María Guadalupe Garibay Chávez.

Comité Editorial

Dr. Víctor Magaña Rueda

Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)

Dra. Claudia Alvarado Osuna

Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco (CIATEJ)

Dr. Jonathan Cueto Escobedo

Universidad Veracruzana (UV)

Dr. Fausto Rodríguez Manzo

Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco (UAM-A)

Dr. Humberto González Chávez

Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social (CIESAS) Occidente

Diseño y maquetación: Ediciones Soporte Integral Hera S. A. de C. V.

ISBN: 978-607-547-936-1

Impreso en México / Printed in Mexico

Índice

Introducción	8
Capítulo I. Los Determinantes de la salud en Guadalajara Metrópoli <i>Citlali Curiel Balzaretti, Alethea Sandoval Casillas y Arturo Curiel Ballesteros.</i>	15
Capítulo II. La exposición de la infancia a los químicos agrícolas en Jalisco <i>Georgina Vega Fregoso, Felipe de Jesús Lozano Kasten, Alejandro Aarón Peregrina Lucano, Andrea Sarai Castillo Cuellar y Horacio Guzmán Torres.</i>	49
Capítulo III. Análisis de contaminación ambiental y peligro potencial en salud humana por neonicotinoides y otros plaguicidas presentes en miel de abeja producida en Jalisco <i>Gilda René Ponce Véjar y Silvia Lizette Ramos de Robles.</i>	97
Capítulo IV. Impacto de la Contaminación del Aire en Salud: Una Visión desde la Salud Ambiental <i>Juan Gabriel Torres Pasillas, Kenia Marcela Gonzalez Pedraza, Perla Sánchez Torres, Martha Georgina Orozco Medina y Arturo Figueroa Montaña.</i>	135

Capítulo V. Efecto de la contaminación ambiental por fluoruros sobre los estados afectivos **181**

Jairo Gabriel Alvarez Ortiz, Mario Eduardo Flores Soto, Ana Raquel Ramos Molina, Abraham Puga Olgún y Cesar Soria Fregozo.

Capítulo VI. Los parques como un espacio de oportunidades socio-culturales para la salud y bienestar de las personas en las ciudades **215**

Christiane Jeglitzka y María Guadalupe Garibay Chávez.

Introducción

En el contexto de los 25 años de la evolución y desarrollo académico de la Maestría en Ciencias de la Salud Ambiental y con el compromiso de formar nuevos investigadores en este campo, compartimos un trabajo colectivo en el cual participamos profesores del Núcleo Académico Básico, profesores externos al programa y estudiantes (ahora egresados) de este posgrado. Las investigaciones son producto del trabajo colaborativo e interdisciplinario de quienes estamos interesados en generar investigación que nos permita no solo diagnosticar los problemas que aquejan el campo de la Salud Ambiental a nivel local y estatal, sino en buscar estrategias de acción para la prevención y/o la adaptación que nos ofrezcan opciones de futuro con bienestar.

Este libro al que hemos titulado *Avances de Investigación desde la Maestría en Ciencias de la Salud Ambiental*, los autores enfrentamos el desafío de integrar y relacionar sistémicamente la salud y el ambiente, de crear en el lector una comprensión que integre la riqueza de la investigación que se produce en el ámbito académico de la Maestría donde cada uno de los actores genera hipótesis o supuestos diferentes acerca del ambiente y la salud. Se aborda el desafío que emerge y evoluciona a través de los años no solo por razones intelectuales y disciplinares, sino también por la necesidad de integrar la riqueza de datos aparentemente dispares y teorías de salud ambiental y la salud.

En los capítulos que integran el libro, se explicita el pensamiento científico a través de ciencias ambientales y de la salud, las cuales pueden ofrecer posiciones controversiales según el tipo de acercamiento que se tenga con la realidad, cada capítulo nos ofrece una respuesta ontológica, epistemológica y metodológica que contribuyen a comprender y resolver fenómenos complejos propios de la salud ambiental.

Para los autores, la investigación en Salud Ambiental implica estimular y fortalecer una serie de competencias transversales que surgen de la necesidad de conectar el mundo académico con los intereses y necesidades más apremiantes en los diversos contextos donde se desarrolla el currículum. Asimismo demanda atender y conectarse con los avances del conocimiento, las nuevas tecnologías de la información y la comunicación y los problemas emergentes en la sociedad del conocimiento. Todo ello se contextualiza en la serie de proyectos en los que, profesores y estudiantes de Maestría en Ciencias de la Salud Ambiental de la Universidad de Guadalajara despliegan y desarrollan sus competencias como investigadores y nuevos investigadores en el campo.

En consecuencia el presente documento recupera datos, información, reflexiones y aportaciones disciplinares producidas por los estudiantes a través del desarrollo de sus trabajos de investigación a partir de los cuales pudieron obtener el grado de Maestros en Ciencias de la Salud Ambiental. Dicho trabajo no hubiera sido posible sin

el acompañamiento, asesoría, infraestructura y material que ofrece el posgrado y los centros temáticos de la Universidad de Guadalajara. Así como el apoyo que cada uno de nuestros egresados recibieron como becarios Conacyt al pertenecer a un posgrado de calidad.

Esta serie de factores permiten fortalecer las competencias para la investigación y la intervención a partir de fomentar en los estudiantes, un conjunto de conocimientos, habilidades, valores y principios, que sobrepasen los dominios de conocimiento clásicos y que amplíen la aplicación de métodos y técnicas para caracterizar mejor los diversos contextos desde la salud ambiental en México.

Los resultados de investigación que integran esta obra provienen de la formación de estudiantes dentro de las cuatro especializaciones que ofrece la maestría: a) biomedicina ambiental, b) ecosistemas y salud, c) cambios ambientales, riesgo y salud y d) epidemiología socioambiental. Los marcos teórico-metodológicos recurren al abordaje y operacionalización de conceptos tales como: determinantes de la salud, exposición a contaminantes, riesgo real y riesgo potencial, toxicología ambiental, bienestar y salud humana.

En el primero de los capítulos encontraremos las aportaciones de Curiel Balzaretti, Sandoval Casillas y Curiel Ballesteros quienes, a través del análisis de algunos determinantes de la salud contextualizados en Zona Metropolitana de Guadalajara, confirman como determinante

ecológico de la salud, la cercanía del Bosque La Primavera. Por otra parte identifican que el determinante asociado al desarrollo urbano está siendo afectado por la alta afluencia vehicular, la contaminación del aire y las temperaturas máximas. Para los determinantes económicos, identifican como principales, la marginación y el hacinamiento.

Posteriormente aparecen dos capítulos que abordan la situación de los agroquímicos utilizados en el estado de Jalisco y las afectaciones al ecosistema en general y a la salud humana específicamente. El primero de ellos, en el cual colaboran Vega Fregoso, Lozano Kasten, Peregrina Lucano, Castillo Cuellar y Guzmán Torres analizan la exposición de la infancia a dichos agroquímicos. Sus investigaciones se desarrollan en comunidades que habitan en la ribera del Lago de Chapala, Jalisco, México. Sus estudios analizan la bioconcentración de sustancias tóxicas y los efectos que tienen en niños y las niñas. Se identifican y caracterizan los tipos de agrotóxicos y las vías de exposición no solo para los infantes sino para sus familias.

El segundo estudio de esta línea de agrotóxicos, es el estudio realizado por Ponce Véjar y Ramos de Robles, el cual analiza la presencia neonicotinoides y otros plaguicidas en miel de abeja producida en el estado de Jalisco, México. La miel fue utilizada como indicador de contaminación ambiental y permitió estimar la posible afectación a la salud humana de manera directa e indirecta así como la posible afectación a la salud de las abejas melíferas. Se recolectaron 30 muestras

de miel directamente de apiarios fijos, 14 de ellos ubicados en una zona predominantemente de práctica de agricultura protegida (zona Sur) y 16 apiarios ubicados en zonas de agricultura de temporal (zona Norte). Los resultados dan cuenta que, las muestras de miel con mayor cantidad y concentración de plaguicidas están relacionadas con prácticas tecnificadas en producción de alimentos de tipo agricultura protegida. Asimismo se comprueba que las dosis subletales de imidacloprida (neonicotinoide) encontradas, fueron suficientes para ocasionar daños en la salud de las abejas melíferas, representando a su vez peligro potencial para los ecosistemas y biodiversidad de Jalisco, y por ende a la salud humana.

El cuarto capítulo analiza impactos de la contaminación del aire en la salud; en él se integran las aportaciones de Torres Pasillas, Gonzalez Pedraza, Sánchez Torres, Orozco Medina y Figueroa Montañó. En un primer momento analizan a nivel teórico aspectos generales de la contaminación del aire, cifras y datos recientes. A partir de tres casos, ejemplifican el impacto a la salud en tres espacios distintos: un espacio abierto integrado por dos centros universitarios, y otros dos en espacios de interior correspondientes a viviendas de una zona rural y el transporte público de la Zona Metropolitana de Guadalajara. La discusión a partir de estos tres casos ofrece al lector una interpretación contextualizada desde el campo de la salud ambiental.

En el mismo tenor de contaminación y desde la toxicología ambiental, se presenta otra investigación en la que colaboraron Alvarez Ortiz, Flores Soto, Ramos Molina, Puga Olguín y Soria

Fregozo. Su objeto de investigación se concentra en el efecto de la contaminación ambiental por fluoruros sobre los estados afectivos de distintos organismos. Desde un diseño experimental con ratas o ratones y bajo la premisa de que la toxicidad del flúor afecta a tejidos blandos como el cerebro, modificando la fisiología cerebral y por ende la conducta de los sujetos, describen el efecto del flúor sobre los estados afectivos, así como el mecanismo molecular sobre variables conductuales relacionadas con un estado depresivo. El experimento se desarrolla a partir del análisis del consumo crónico de agua fluorada y sus resultados les permiten enfatizar que la contaminación del agua por fluoruros debe de considerarse como un problema de salud debido a su potente efecto tóxico en diversos órganos y sistemas de los organismos. Por lo cual, se debe regular el consumo crónico de agua fluorada a concentraciones mayores de lo establecido en las normas nacionales e internacionales.

Por su parte el capítulo seis, desarrollado por Jeglitzka y Garibay Chávez, plantea que los parques constutuyen espacios de oportunidades socio-culturales para la salud y bienestar de las personas en las ciudades. Su investigación permite poner en evidencia los beneficios en la salud y bienestar humano que ofrecen estos espacios. A través del análisis de un caso de un parque urbano >100 ha. en el Área Metropolitana de Guadalajara, y utilizando una metodología mixta, en la cual se aplicaron 100 encuestas y 33 entrevistas semiestructuradas a usuarios del parque entre 15 y 59 años de edad, pudieron documentar los servicios culturales relacionados con las características y atributos naturales del parque y la diversidad de actividades

humanas que se expresan, así como su contribución a la salud en forma holista -física, mental, emocional, espiritual y colectiva a través de diferentes vías y resultados. A partir de los resultados, plantean que las oportunidades socioculturales que ofrecen los parques se pueden diferenciar por grupos de beneficiarios para potenciar las contribuciones en la salud humana.

Es así, como a partir de estas aportaciones pudimos construir un texto polifónico que nos permita establecer un diálogo al exterior del posgrado con aquellos investigadores, estudiantes y grupos sociales en general, interesados en unir esfuerzos para construir espacios saludables para vivir. Finalmente, agradecemos también los participantes de estos proyectos: niños, niñas, mujeres y hombres habitantes de las comunidades rivereñas de Chapala, apicultores de Jalisco, usuarios de transporte público, usuarios de parques urbanos, estudiantes de centros universitarios, por mencionar algunos. A todos y todas muchas gracias por hacer posible que se sigan generando investigaciones desde la Maestría en Ciencias de la Salud Ambiental.

Silvia Lizette Ramos de Robles

Coordinadora de la Maestría en Ciencias de la Salud Ambiental

por el Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias,

Universidad de Guadalajara

Felipe de Jesús Lozano Kasten

Coordinador de la Maestría en Ciencias de la Salud Ambiental

por el Centro Universitario de Ciencias de la Salud,

Universidad de Guadalajara

Los Determinantes de la salud en Guadalajara Metrópoli

Citlali Curiel Balzaretti

Alethea Sandoval Casillas

Arturo Curiel Ballesteros

Resumen

Los determinantes de la salud son aquellos factores que incrementan o disminuyen el nivel de salud en un individuo o una población. La salud y la enfermedad no están relacionadas únicamente con factores biológicos y agentes infecciosos, sino también con sus circunstancias y condiciones de vida en el contexto ecológico, de desarrollo urbano, económico, social, político, ideológico, cultural, educativo, institucional y comercial, que pueden actuar como estresores o en provecho para la salud pública. En el presente trabajo se abordan tres grupos de determinantes, donde se confirman como determinante ecológico de la salud en la ZMG, la cercanía del Bosque La Primavera; desde el desarrollo urbano, la alta afluencia vehicular y la contaminación del aire y finalmente, las temperaturas máximas. Para los determinantes económicos, se confirman a la marginación y el hacinamiento.

¿Qué son los determinantes de la salud?

“Complete la frase: Mi condición de salud está determinada por...”

Los determinantes de la salud son todos aquellos factores que incrementan o disminuyen el nivel de salud en un individuo o una población (Australian Institute of Health and Welfare 2012). Esos factores pudieran parecer limitados a todo aquello a lo que nos exponemos durante la vida, pero el conteo tiene variaciones si consideramos escalas y dimensiones de esa exposición; los determinantes pueden variar si la

exposición se evalúa a nivel de organismo o persona, como integrante de una población, una comunidad, un ecosistema, un paisaje, o del planeta mismo. También, dependerá del tipo de salud de referencia: física; mental; emocional; social o espiritual.

La identificación y descripción de lo que son los determinantes, involucra realizar un balance de la historia de vida, iniciando con reconocer las exposiciones en el vientre materno, donde la salud del nuevo organismo está determinado por el nivel cultural de la madre y sus cuidados durante el embarazo, la alimentación y la calidad del ambiente en el vecindario y en el interior de la vivienda donde ellos habitan. Más tarde, la salud del niño, estará determinada, además, por la calidad del ambiente de la escuela y los lugares donde juega y se recrea.

En la etapa de la juventud, la salud estará determinada por la calidad de aire, agua y alimentos, de la vivienda, el medio de transporte, lugar y tipo de trabajo, el estilo de vida con la pareja y lugar y frecuencia de recreación. Al final de la línea de vida, la salud del adulto mayor estará determinada por el nivel de interacciones y aislamiento social, calidad del aire, agua, alimentos y estilo de vida establecido.

Dos subsistemas para los determinantes como punto de partida

Para estudiar los determinantes de la salud humana, la Organización Mundial de la Salud los agrupa en dos grandes subsistemas: los determinantes ambientales y los sociales (OPS, 2020; OMS, 2003); los primeros referidos al efecto de la exposición de la atmósfera, hidrósfera, litósfera y biósfera en nuestro organismo; y los segundos enfocados a las múltiples exposiciones en la sociósfera.

Los determinantes ambientales incluyen factores físicos, químicos y biológicos, destacando como de mayor importancia aquellos a los que frecuentemente nos exponemos: con la respiración, la calidad del aire; con la piel y el tracto gastrointestinal, la calidad del agua. Sin embargo, los determinantes ambientales de la salud influyen de muchas maneras, incluyendo las exposiciones peligrosas a contaminantes; el acceso limitado a los servicios de los ecosistemas y los riesgos ambientales derivados de los cambios globales. Por otro lado, los impactos ambientales conllevan a una salud vulnerable que provoca que las personas incrementen los gastos en el cuidado de la salud. Casi dos tercios de todas las muertes atribuibles por el medio ambiente ahora se componen de las Enfermedades No Transmisibles (ENT), una mejora del ambiente sería el mayor efecto para reducir las ENT. Se identifica que al año, 8.2 millones de 12.6 millones de las muertes causadas por el medio ambiente son ENT, y este número podría reducirse

modificando los determinantes ambientales (Prüss-Ustün *et al*, 2016).

Los determinantes sociales por su parte, son los derivados del lugar y forma en como crecemos como población humana, relacionados con el nivel de consumo, la tecnología y los medios utilizados para satisfacer las necesidades de abrigo, transporte, alimentación, recreo, seguridad, educación y salud. Son las condiciones en las cuales la gente nace, crece, vive, trabaja y llega a la vejez. Este grupo de fuerzas y sistemas definen las condiciones de la vida diaria y son responsables de las inequidades en la salud (WHO, 2020).

Un concepto más amplio, es incluir el referente económico o de consumo en el subsistema social; desde esa perspectiva, los determinantes socioeconómicos de la salud influyen en la oportunidad de las personas a estar sanas, el riesgo a enfermarse y en la expectativa de vida. Las desigualdades sociales de la salud, las injustas y evitables diferencias en el estado de la salud entre los grupos de la sociedad, son las que resultan de la desigualdad de los determinantes sociales (WHO Europe, 2020).

Los determinantes socioeconómicos de la salud, incluyen el nivel de ingresos y la seguridad, empleo, género y años de educación. El ingreso promedio per cápita está fuertemente asociado con los niveles de mortalidad, a menor ingreso económico la vulnerabilidad de las personas a enfermar y morir aumenta. Incrementos del desempleo de más del 3%

en un tiempo relativamente corto se ha asociado con un aumento de casi el 5% en el suicidio y lesiones auto-infligidas entre personas menores de 65 años. Las desigualdades de género están fuertemente asociadas con las tasas de lesiones y envenenamientos (WHO Europe, 2013).

Cada país se ve influenciado por ciertos determinantes socioeconómicos, como son las diferencias sanitarias que se ven ligadas al grado de desfavorecimiento social, ya que la expectativa de vida de una persona puede ser de 70 años en un país o de 45 años si nace en otro, tales diferencias no deberían de existir. Esas desigualdades e inequidades podrían evitarse, son el resultado de la situación en que la población crece, vive, trabaja y envejece, y del tipo de sistema de salud que se utiliza para combatir la enfermedad. Así mismo, las condiciones en que la gente vive y muere están determinadas por fuerzas políticas, sociales y económicas, por lo tanto, la salud y la enfermedad siguen un gradiente social, cuanto más baja es la situación socioeconómica peor es el estado de salud. El sistema de atención de salud es en sí mismo un determinante social de la salud; influye en los efectos de otros determinantes sociales y se ve influido por éstos. El género, la educación, el trabajo, el nivel de ingresos, el grupo étnico al que se pertenece y el lugar de residencia están íntimamente ligados al acceso de la población a los servicios de salud (OMS, 2008). Por todo lo anterior, la marginación es un determinante socioeconómico de la salud.

¿Cuántos determinantes existen?

La lista completa de determinantes, no existe, pero se podría contar con un espectro mayor a dos subsistemas si relacionamos los determinantes con las condiciones de vulnerabilidad social. Para hacer un ejercicio al respecto, se tomaron los tipos de vulnerabilidad global de Gustavo Wilches-Chaux (1993), y a través de ellos se identificó un listado mayor de determinantes que se presentan en la tabla siguiente.

Tabla 1. Determinantes de la salud siguiendo los tipos de vulnerabilidad global de Wilches-Chaux

DETERMINANTE DE LA SALUD	INCIDENCIA	
	INCREMENTAN EL NIVEL DE SALUD	DISMINUYE EL NIVEL DE SALUD
Ecológico	Exposición a ecosistemas sanos y microbios que previenen enfermedades. Calidad del aire, agua y suelo.	Explotación de la vida animal y vegetal, degradación de ecosistemas. Contaminación y degradación del aire, agua y suelo.
Desarrollo Urbano	Vivienda saludable, vecindario con sentido comunitario. Integración al medio. Infraestructura verde.	Hacinamiento. Pobre planificación, vecindario con predominio de intereses particulares. Alto índice de motorización.

Económico	Diversificación económica. Capacidad adquisitiva.	Pobreza. Marginación. Desempleo.
Social	Diálogo y formas de organización diversas. Civismo mundial. Situación de salud existente en la comunidad.	Aislamiento social. Altas tasas de población con enfermedades crónicas. Desigualdad. Disgregación. Racismo.
Político	Determinación de prioridades con democracia participativa. Acceso a servicios públicos. Solidaridad.	Competencia de grupos de poder. Autoritarismo.
Ideológico	Anticipación. Altruismo.	Tolerancia cero. Resignación para quedarse en casa.
Cultural	Identidad y estilo de vida civilizatorios. La manera como nos relacionamos entre nosotros y con el medio natural y social en que nos hallamos inmersos. Sentido de trascendencia.	Fatalismo. Impotencia. Falta de voluntad de la población para cumplir reglas y controles. Comportamientos que influyen en la exposición a los peligros.

Educativo	Territorialización del conocimiento. Creatividad.	Miseria discursiva. Analfabetismo
Institucional	Manejo de emergencias. Sentido del deber hacia las generaciones futuras.	Comunicación ineficiente de riesgo. Desesperanza pública. Manejo del presupuesto con fines políticos. Corrupción.
Comercial	Estrategias usadas por el sector privado para la promoción de nuevos productos en beneficio al bienestar.	Interés comercial en venta de productos que disminuyen la capacidad de defensa del sistema inmune. Productos de protección de baja calidad y efectividad. Priorizar el interés económico sobre la salud.

Elaboración propia.

Lo importante del concepto “determinante”, es reconocer que la salud y la enfermedad no están relacionadas únicamente con factores biológicos y agentes infecciosos, sino también con sus circunstancias y condiciones de vida en el contexto social, económico, político y ambiental; dichos, factores impactan la salud humana y ecosistémica por diferentes vías.

Dever (1976) ya consideraba que los estilos de vida contribuyen de manera potencial en un 43% a la reducción de la mortalidad; le sigue la biología humana con un 27%, el

entorno con un 19% y sólo el sistema sanitario contribuye con un 11%.

La WHO Europe (2013) calcula que los determinantes ambientales, como la calidad de los servicios de agua potable y saneamiento, las condiciones de vivienda, la calidad del aire, el entorno de trabajo y la exposición a condiciones meteorológicas extremas, representan el 13-20% de la carga de morbilidad en Europa.

En el siglo XXI, se agrega a los determinantes de la salud, los cambios globales presentes en cada una de las capas del planeta:

El cambio biológico manifestado en epidemias de origen zoonótico;

El cambio hídrico manifestado por la sequía e inundaciones;

El cambio atmosférico manifestado por el aumento de calor;

El cambio litosférico manifestado por la desertificación.

Los determinantes ambientales de la salud en la Zona Metropolitana de Guadalajara -1996 a 2009-

La evaluación de determinantes de la salud en la ZMG, inició con la evaluación de determinantes ambientales a través de diversos trabajos de investigación de tesis para la obtención del grado de maestro en ciencias de la salud ambiental y los desarrollados en estancias del Verano de la Ciencia con el autor

de este capítulo, motivados por cuantificar los daños a la salud por los incendios en el Bosque La Primavera, la contaminación del aire en la ZMG y la presencia de olas de calor en una condición anómala, que pusieron en condición crítica la vida normal en la ciudad.

La recolección de datos con este propósito se obtuvo a partir de las fuentes institucionales del Gobierno de Jalisco. A esos datos se aplicó una evaluación de calidad y criterios de coherencia al contrastar los datos con observaciones de campo y criterios de consistencia basados en revisión de artículos científicos de revistas internacionales de alta visibilidad.

El periodo de estudio 1996 a 2009, se estableció con la intención de abarcar los mayores registros de ozono en la ZMG (1996); de anomalías de temperaturas máximas (2002 y 2003); de superficie incendiada del Bosque La Primavera (2005); la mayor concentración de contaminantes en la atmósfera (2005) y el record en casos de enfermedades por vectores en México (2009), enfermedad muy vinculada a variaciones ambientales.

Considerando como variable independiente los diversos datos ambientales y como variables dependientes, datos de morbilidad y mortalidad de la población de la ZMG, se calculó el coeficiente de determinación. A continuación se presentan los resultados con un valor mayor al 20% de ese coeficiente.

1. Determinante contaminación del aire

1.1 Ozono.

- Gabriel Tapia Peralta (2006), encontró que el incremento de la contaminación por ozono en la colonia Miravalle, determinó para 2005 el incremento de ausencias escolares en preescolar en un 24.75% (para esas fechas aún no se considerada la suspensión oficial de actividades, y las ausencias de niños fueron por presentar alteraciones en su salud, llegando a ser de hasta un 46% en un día. Las causas de ausencia reportadas en la escuela fueron por: tos, hemorragias de las vías respiratorias, conjuntivitis y náuseas y vómito).
- Genoveva Pinal Gómez (2007), realiza una evaluación sobre calidad del aire en la ZMG en el periodo 1996 a 2006 y encuentra que las muertes por IRAs en la metrópoli, estuvieron determinadas en un 64.39% por la exposición a niveles de ozono por arriba de los niveles de seguridad normados.
- Tania Parada Gallardo (2012) encontró que la mortalidad por neumonías en el periodo de 1996 a 2009 en la ZMG, estuvo determinada en un 50.41% por el número de días que el ozono rebasó la norma.

1.2 Bióxido de Nitrógeno

- Alethea Sandoval Casillas (2018), encontró que en 2005, la cantidad de enfermos de neumonías y bronconeumonías en la ZMG, fueron determinados en un 41.02%

por las concentraciones de NO_2 provenientes del gran incendio del Bosque La Primavera.

1.3 Bióxido de Azufre

- Alethea Sandoval Casillas (2018) hace una evaluación de la contaminación durante el periodo de grandes incendios de 2005 y realiza el cálculo de coeficiente de determinación, concluyendo que los enfermos por enfermedades respiratorias en la ZMG, estuvieron determinados en un 56.14% por las concentraciones de SO_2 .

1.4 Material Particulado PM_{10}

- Alethea Sandoval Casillas (2018) concluye que en 2005 la incidencia de conjuntivitis en la ZMG estuvo determinada en un 53.17% por las concentraciones de PM_{10} durante el periodo de incendios.

1.5 Humo de tabaco

- Verónica Herrera Torres (2009) encontró que el cáncer de pulmón en la ZMG en 2007 estuvo determinado en un 33.64% por el hábito de fumar.

Con todos los resultados anteriores, se puede confirmar que los niveles de contaminación atmosférica presentes en la ZMG son un determinante de la salud, tanto ambiental como de desarrollo urbano. Estos contaminantes, excepto el humo

de tabaco, tienen como fuente principal las fuentes móviles derivadas del transporte (96% del NO₂); industrias (76% del SO₂) y el esporádico incremento de carga de contaminantes por los incendios forestales, que han sido los que han llevado a las situaciones de contingencia más críticas en la historia de la ZMG. Los efectos en la salud que pueden relacionarse a éste determinante ambiental y que cumplen con el criterio de calidad del Institute for Health Metrics and Evaluation de la Universidad de Washington (Alexander, 2018), son los que asocian la exposición de ozono como determinante de enfermedad y muerte por neumonía (J12) y cáncer de pulmón (C34) en la ZMG.

2. Temperatura máxima

- Ana Karen Osuna Osuna y Arturo Curiel Ballesteros (2010) encontraron que las enfermedades cardiovasculares en la ZMG, en el periodo 1996 a 2005 estuvieron determinadas en un 62.41% por exposición a números de días con temperaturas mayores de 32.4°C. y en un 28.09% por temperaturas mayores a 35.4°C.
- Laura Elena Estrella Rodríguez (2017), estudiando el periodo anómalo 2002 y 2003, encuentra que las muertes por enfermedades del sistema circulatorio, estuvieron determinadas en un 27.56% por las temperaturas máximas en la ZMG.
- Karla Vanessa Frutos González y Arturo Curiel Ballesteros (2020), calcularon para 2004 y 2005 que la mortalidad total en la ZMG estuvo determinada en un 35% por valores de temperatura máxima arriba de

34°C.

- Alethea Sandoval Casillas (2018) encontró en 2005, que la incidencia de varicela, estuvo determinada en un 69.85 % por las temperaturas, lo mismo para la conjuntivitis en un 68.84% durante la época de calor.

Este sería el segundo determinante ambiental confirmado para la ZMG: las temperaturas máximas. Esta exposición de calor es una resultante de la Isla de Calor de la ZMG que se ha agudizado con el cambio climático y el incremento de los vehículos particulares como medio de transporte. Los efectos a la salud se relacionan con el incremento de morbilidad y mortalidad de enfermedades cardiovasculares (I20-I25 y I73); del sistema circulatorio (I00-I99) y con la mortalidad total por todas las causas.

3. Cercanía al Bosque La Primavera

3.1 Servicio de regulación de temperatura

Arturo Martínez-Hernández y Arturo Curiel Ballesteros (2015) calcularon que la temperatura máxima en la ZMG en 2005, estuvo determinada en un 27.22% por la distancia al Bosque la Primavera, siendo la parte más fresca de la ciudad, la cercana al bosque, lo que presupone que es un determinante de la salud respecto a todas las enfermedades asociadas con la temperatura máxima, pero en un sentido de regulación benéfica de esa amenaza.

Los determinantes ambientales y sociales de la salud en la ZMG durante 2012 a 2014

Las últimas investigaciones concluidas sobre determinantes, se realizaron en la segunda década del siglo XXI abarcando los años de 2012 -año donde se presentó el segundo gran incendio en el Bosque La Primavera-, el 2013 -año con anomalía positiva de 1.5°C- y 2014 -el año normal (sin anomalías de temperatura)-.

Para 2012 se consideraron las causas de morbilidad presentadas en el monitoreo de la Semana Epidemiológica. Se encontró que el asma y el estado asmático, (J45, J46) estuvieron determinados en un 56.33% por las concentraciones de SO₂ en el aire de la ZMG.

También la incidencia de varicela estuvo determinada en un 62% por la exposición de CO en la temporada de los grandes incendios.

Para el año de 2013, año con anomalía climática, se planeó la realización de un nuevo estudio de los determinantes de la salud que incorporaraban tres novedades respecto a las anteriores evaluaciones: a) que la escala fuera a nivel de código postal; b) como variables independientes se considerarían tanto determinantes ambientales como sociales y c) como variable dependiente la mortalidad prematura (aquella que se presenta entre los 15 y 64 años de edad), tomando en cuenta las enfermedades más frecuentes y factores relacionados con

el entorno de los códigos postales con mayor población de la ZMG, y tomando como año de contraste 2014 (año normal). En este año, el total de muertes prematuras fue de 37.5% con tendencia hacia la alta, teniendo como principal causa básica de defunción el cáncer -con mayor frecuencia: cáncer de mama y cáncer colorrectal- y siendo el percentil 95 de muerte prematura la tasa de 50/10 000 habitantes; mientras que en el 2013 (año con anomalía climática en el periodo de calor) fue el 38.07% las muertes prematuras, teniendo como principal causa básica de defunción las lesiones con mayor frecuencia violencia interpersonal y lesiones de transporte, siendo el percentil 95 de muerte prematura, la tasa de 60/10 000 habitantes. La diferencia de porcentaje representa la cantidad de 210 personas con edad de 15 a 64 años de edad que fallecieron de más en un año con anomalía positiva de 1.5°C.

Para la identificación de las causas básicas de defunción prematura de la ZMG, se observó que más de la mitad de este tipo de muertes fueron causadas por enfermedades no transmisibles. Las principales causas de muerte prematura fueron las lesiones (en este grupo están las agresiones con disparo de armas de fuego u objetos cortantes, accidentes de transporte, peatones lesionados, etc.), enfermedades cardiovasculares, cáncer, enfermedad renal crónica, cirrosis y otras enfermedades crónicas del hígado y diabetes mellitus.

Tasas de muerte prematura por código postal en la ZMG

Además se seleccionaron para cada año, los códigos postales (CP) con mayor y menor tasa de muerte prematura para evaluar las diferencias respecto a determinantes ambientales y socioeconómicas seleccionados. Se encontró que los CP con mayor tasa de mortalidad prematura, durante el año normal (2014), se ubicó la mayoría en el municipio de Guadalajara (67% de los CP con mayores tasas de muerte prematura: 52 a 111 muertes prematuras/10 000 habitantes), mientras que en el año con anomalía climática (2013), se presentaron en un mayor porcentaje en CP del municipio de Guadalajara (73% de los CP con mayores tasas de mortalidad prematura: 62 a 118 muertes prematuras/10 000 habitantes).

En el caso de los CP con menores tasas de muerte prematura, en 2014 (año normal) ningún municipio concentró la mayoría, las tasas fueron de 4 a 10 muertes prematuras/10 000 habitantes. Donde si hubo una mayor concentración de CP con menores tasas de mortalidad prematura, fue en 2013 (año con anomalía climática), siendo Zapopan donde se ubicaron el 67% de los CP con menor tasa: 9 a 12 muertes prematuras/10 000 habitantes. La distribución de casos y sus tasas de muertes prematuras en el año más crítico (2013), se presentan en la siguiente figura.

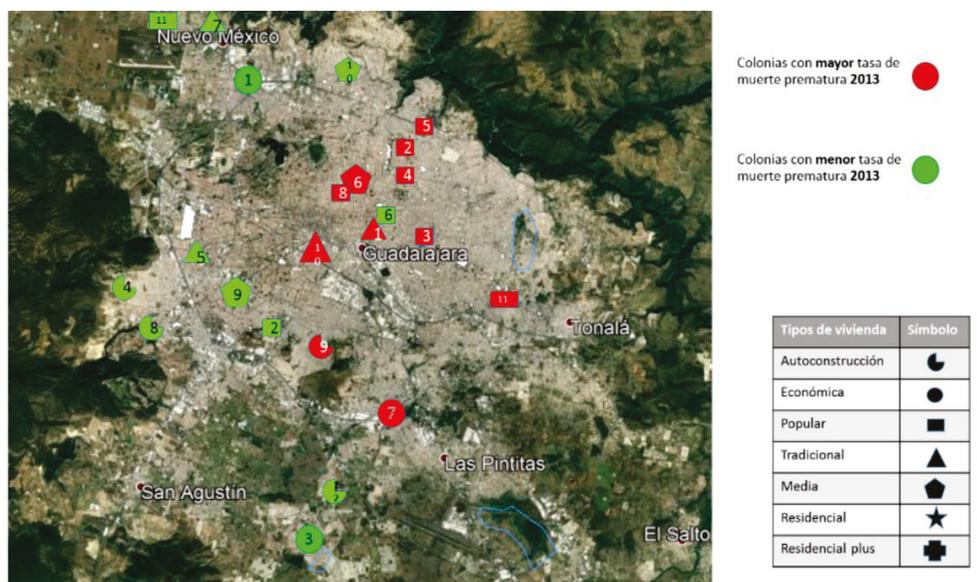


Figura 1. Distribución de Códigos Postales en la ZMG con menor y mayor tasa de muerte prematura y tipo de vivienda en año con anomalía climática 2013. Elaboración propia.

Evaluación de determinantes de la muerte prematura en la ZMG

Los determinantes ambientales y socioeconómicos que se evaluaron en 2013 y 2014 a nivel de Código Postal en la ZMG, se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2. Determinantes ambientales y socioeconómicos evaluados en 2013 y 2014 y la significancia estadística con la mortalidad prematura

Tipo de Determinante	Determinante	2013	2014
Ambiental	Vías de alta afluencia vehicular (>10 000 vehículos/día)	Diferencia significativa para CP: 0.005 enfermedades cardiovasculares (r=0.45). 0.05 cáncer (r=0.03).	N.S.
	Contaminación de aire por PM ₁₀ (Promedio anual)	N.S.	N.S.
	Contaminación de aire por ozono (número de días que se rebasa la norma).	D.S. 0.05 cirrosis y otras enfermedades crónicas del hígado.	N.S.
	Temperatura máxima	D.S. 0.005 muertes prematuras totales (r=0.35).	N.S.
	Cercanía al Bosque La Primavera	D.S. 0.01 muertes prematuras totales (r=0.50). D.S. 0.05 enfermedades cardiovasculares (r=0.36).	N.S.

Socio-económico	Marginación –sin agua, sin drenaje, con hacinamiento-	D.S. 0.005 enfermedad renal crónica (r= 0.41) y diabetes mellitus (r=0.57). D.S. 0.05 lesiones (r= 0.41) y cirrosis y otras enfermedades crónicas del hígado (r= 0.33).	D.S. 0.01 enfermedad renal crónica (r= 0.44). N.S diabetes mellitus. D.S. 0.05 lesiones (r= 0.39). N.S. cirrosis y otras enfermedades crónicas del hígado.
	Viviendas con hacinamiento	D.S. 0.005 diabetes mellitus (r= 0.58). D.S. 0.01 enfermedad renal crónica (r= 0.52). D.S. 0.05 lesiones (r= 0.40) y cirrosis y otras enfermedades crónicas del hígado (r= 0.41).	N.S. diabetes mellitus. D.S. 0.01 enfermedad renal crónica (r=0.42). D.S. 0.05 lesiones (r=0.40). N.S. cirrosis y otras enfermedades crónicas del hígado.

En la Tabla 2, se puede confirmar el efecto que tuvieron los determinantes ambientales en el año con anomalía de temperatura (2013) respecto al año normal de 2014 y nos previene de los efectos del cambio climático en la salud de la población entre 15 y 64 años de edad en la ZMG. Este contraste no se presentó en las determinantes socioeconómicas, pero si es notorio que hay más impacto en 2013 que en 2014 respecto al peso de la marginación y el hacinamiento en la mortalidad prematura en la ZMG.

A continuación se comentan los tres determinantes ambientales y los dos socioeconómicos con mayor coeficiente de determinación.

1. Determinantes ambientales

1.1 Líneas de alta afluencia vehicular

Se considera que el 20.25% de las muertes prematuras por enfermedades cardiovasculares en la ZMG durante 2013 estuvo determinado por la presencia de líneas de alta afluencia vehicular. Este resultado coincide con lo publicado por varios autores (Barry *et al.* 2015) donde se evidencia que las emisiones de los automóviles, contribuyen al desarrollo de enfermedades cardiovasculares. Además en la literatura internacional de mayor consulta en el mundo científico, como la revista *Environmental Health Perspectives*, se ha documentado con investigación epidemiológica de estudios de cohortes, que el incremento del tráfico vehicular, los contaminantes y el ruido

que generan, están asociados con enfermedades cardiovasculares (Sorensen *et al*, 2011).

1.2 Temperatura máxima

En la evaluación de muertes prematuras, se encontró que las temperaturas máximas arriba de 34.5°C en 2013, determinaron en un 12% las muertes prematuras por todas las causas en los CP. Lo anterior coincide con lo publicado por el U.S. Global Change Research Program en el reporte: *The Impacts of Climate Change on Human Health in The United States; A Scientific Assessment* (Sarofim *et al*, 2016), donde consideran como hallazgo clave que hay aumento de miles de muertes prematuras (en Estados Unidos de América) relacionadas con el calor [muy probable, alta confianza]. El otro hallazgo clave fue que los días que son más calientes de lo normal están asociados con una mayor enfermedad y muerte [muy alta confianza]. Los efectos de la mortalidad son observados incluso para pequeñas diferencias de temperaturas estacionales medias [alta confianza].

1.3 Cercanía al Bosque La Primavera

Se ha considerado que el 25% de las muertes prematuras en los CP de la ZMG, en 2013, estuvieron determinadas por su lejanía al ecosistema Bosque La Primavera (>10 kilómetros), donde no llega el viento proveniente del bosque cargado de microbioma ambiental de alta calidad. Se confirma así, que este ecosistema es la más importante Infraestructura Verde

con que cuentan los habitantes de la ZMG. Este concepto de Infraestructura Verde pone énfasis en la calidad y cantidad de espacios verdes urbanos y peri urbanos (Turner, 1996; Rudlin y Falk, 1999) y su rol multifuncional (Sandström, 2002).

Los beneficios de la biodiversidad al bienestar humano esta generalmente determinado por la diversidad de hábitats y especies en y alrededor de las áreas urbanas (Tilman, 1997). Existe una relación estrecha entre la salud del ecosistema y los servicios que provee ese ecosistema (Cairns and Pratt 1995). Por lo tanto, la función ecológica y los servicios de los ecosistemas derivados de una Infraestructura Verde, contribuyen a una salud del ecosistema y una salud pública respectivamente. Estudios epidemiológicos han aportado evidencia de una relación positiva entre longevidad y los espacios verdes (Takano *et al.* 2002).

Se puede observar en la Figura 2 que de manera predominante, las menores tasas de mortalidad prematura por CP están cerca del Bosque La Primavera, mientras que los CP con mayor tasa de mortalidad prematura se incrementan conforme se aleja del Bosque.

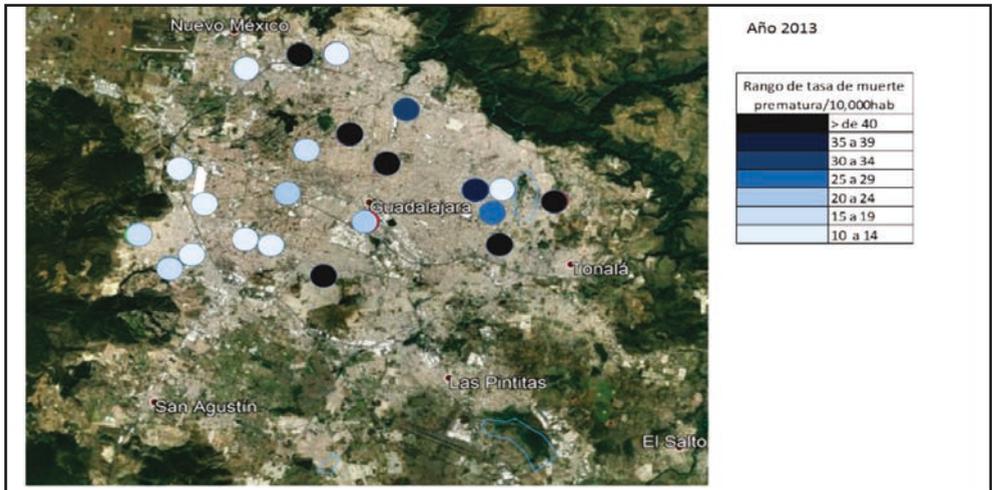


Figura 2. Distribución de tasa de muerte prematura en la ZMG en año con anomalías climáticas (2013). Elaboración propia.

Se concluye que son distintas las muertes prematuras cuando se habita en la cercanía al Bosque La Primavera, presentando la población una mayor longevidad con respecto a las que se ubican lejanas a esta Infraestructura Verde.

También se encontró significancia estadística para las enfermedades cardiovasculares asociadas a las muertes prematuras y la cercanía al Bosque La Primavera.

Varios autores (Tzoulas *et al.*, 2007; Takano *et al.*, 2002) coinciden en que la longevidad de las personas se relaciona con los espacios verdes, cumplen con la expectativa de vida. Esto fue similar con lo encontrado en este estudio donde se observó que los CP más cercanas al BLP tienen menores tasas de muerte prematura.

2. Determinantes socioeconómicos

2.1 Marginación

Se ha obtenido un coeficiente de determinación de un 32.49% de los casos de muerte prematura por Diabetes mellitus en la ZMG por la condición de marginación. Esto concuerda con varios investigadores como Gaskin *et al.* (2014).

2.2 Hacinamiento

Este segundo determinante socioeconómico encontrado, nos dice que el 33.64% de las muertes prematuras en los CP de la ZMG por Diabetes mellitus, está determinada por niveles de hacinamiento. De igual manera el 27% de las muertes prematuras por enfermedad renal crónica.

Conclusión

En este trabajo que reúnen evaluaciones sobre determinantes de la salud para los habitantes de la ZMG en el periodo de 1996 a 2014.

Se confirma que la contaminación del aire es una determinante ambiental de la salud en la ZMG con significancia estadística, en base a las evaluaciones durante el periodo de 1996 a 2009, y con detalle, para 2005 y 2012, años de los dos grandes incendios en el Bosque La Primavera. De igual manera, confirmada para 2013 considerando las emisiones vehiculares en las líneas de alta afluencia vehicular en la ZMG.

Se confirma también como un determinante de la salud para la ZMG a las temperaturas máximas, considerando los periodos de 1996 a 2005, y en particular para los años de anomalía climática de 2002, 2003, 2005 y 2013.

Tanto los determinantes de contaminación del aire como de la temperatura máxima son estresores para la población de la ZMG. Pero también son determinantes de la salud, aquellos elementos que favorecen la salud de la población. En este enfoque, se considera un determinante de la salud para la ZMG la cercanía al Bosque La Primavera, que tiene una influencia benéfica en 10 kilómetros del lado poniente de la ZMG, lo anterior en base a los estudios durante los años 2004, 2005, 2012, 2013 y 2014.

Respecto a los determinantes sociales, se confirma que la marginación y el hacinamiento son determinantes de la salud en la ZMG en base a los estudios realizados en los códigos postales durante 2013 y 2014.

Para lograr que la ZMG sea resiliente, con bienestar, segura, inclusiva y con una prosperidad sostenible, debe considerar atender con mayor efectividad el control de las fuentes de contaminación del aire, en especial, el derivado del tráfico vehicular y la fuente esporádica de los incendios forestales. Debe establecerse un plan para reducir la exposición a las altas temperaturas, así como una estrategia para asegurar la permanencia del Bosque La Primavera en condición de salud y un reconocimiento como bosque protector de la ZMG. De igual manera, resulta indispensable atender las condiciones de marginación y hacinamiento que existen en varios códigos postales en la ZMG. El no hacerlo, es aceptar la muerte de cientos de habitantes al año que pueden evitarse, y que se estarán incrementándose conforme aumente la presencia del clima cambiante y el declive de la biodiversidad en el lugar.

Referencias Bibliográficas

- Alexander, L. 2018. *Determining causes of death: How we re-classify miscoded deaths*. IHME. <http://www.healthdata.org/acting-data/determining-causes-death-how-we-re-classify-miscoded-deaths>.
- Australian Institute of Health and Welfare. 2012. *Australia's Health 2012*. Canberra, AIHW.
- Barry A. F., Brook R., Pope III A. 2015. Air Pollution and Cardiovascular Disease. *Current Problems in Cardiology*. 40 (5) p. 207-238.
- Cairns J Jr., Pratt JR. 1995. The Relationship between ecosystems health and delivery of ecosystems services. En Rapport D.J., Gaudet C.L., Calow P. (eds) *Evaluating and Monitoring the Health of Large-Scale Ecosystems*. NATO ASI Series (Series I: Global Environmental Change), vol 28. Berlin: Springer.
- Dever, GE Alan. 1976. An epidemiological model for health policy analysis. *Social Indicators Research*, 2: 453–466.
- Estrella Rodríguez, L.E. 2017. *Variabilidad climática y extremos de temperatura: efectos en la mortalidad por enfermedades del sistema circulatorio, Guadalajara, Jalisco 2000-2014*. Tesis para obtener el grado de maestro en ciencias de la salud ambiental. Universidad de Guadalajara.

Frutos González, K.V. y A. Curiel Ballesteros. *Los Bosques Colindantes a Las Grandes Ciudades como Reguladores de los Efectos del Cambio Climático; Caso Bosque La Primavera – Zona Metropolitana de Guadalajara*. Morelia, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. (En evaluación)

Gaskin, D. J., Thorpe, R. J., Jr, McGinty, E. E., Bower, K., Rohde, C., Young, J. H., LaVeist, T. A., & Dubay, L. . 2014. Disparities in diabetes: the nexus of race, poverty, and place. *American Journal of Public Health*, 104(11), 2147–2155.

Herrera Torres, V. 2009. *Contaminación atmosférica y cáncer de pulmón en la zona metropolitana de Guadalajara, Jalisco*. Tesis para obtener el grado de maestro en ciencias en salud ambiental. Universidad de Guadalajara

Martínez Hernández, A. y A. Curiel Ballesteros. 2015. *Áreas verdes como estrategia de adaptación a las olas de calor en la Zona Metropolitana de Guadalajara*. Informe Verano de la Ciencia. Universidad Autónoma del Estado de México.

OMS, 2008. *Subsanar las desigualdades en una generación. Alcanzar la equidad sanitaria actuando sobre los determinantes sociales de la salud*. Ginebra: OMS Comisión sobre Determinantes Sociales de la Salud.

OMS Europa. 2003. *Los Determinantes Sociales de la Salud; Los Hechos Probados*. Madrid: Ministerio de Sanidad y Consumo,

OPS. 2020. *Determinantes Ambientales de Salud*. OPS. Acceso Julio 30, 2020. <https://www.paho.org/es/temas/determinantes-ambientales-salud>.

Osuna Osuna, A.K. y A. Curiel Ballesteros. 2010. *Indicadores de Salud Ambiental en Variabilidad Climática (Altas Temperaturas) en la ZMG. Reporte Verano de la Ciencia. Zapopan: Universidad de Guadalajara*

Parada Gallardo. T. 2012. *Variabilidad climática, Ozono, PM10 y Mortalidad por enfermedades isquémicas del corazón y neumonías: zona metropolitana de Guadalajara 1996-2009*. Tesis para obtener el grado de maestro en ciencias de la salud ambiental. Universidad de Guadalajara

Pinal Gómez, G. 2007. *Indicadores de Salud Ambiental en Materia de Calidad del Aire para la Zona Metropolitana de Guadalajara*. Tesis para obtener el grado de maestro en ciencias de la salud ambiental. Universidad de Guadalajara.

Prüss-Üstün, Annette; Wolf, J.; Corvalán, Carlos F.; Bos, R.; Neira, María Purificación. 2016. *Preventing disease through healthy environments: a global assessment of the burden of disease from environmental risks*. Geneva. World Health Organization.

Rudlin, B., and Falk, N. 1999. *Building the 21st century home. The sustainable urban neighbourhood*. Architectural press. Oxford.

- Sandoval Casillas, A. 2018. *Morbilidad en la Zona Metropolitana de Guadalajara por los Efectos de los Grandes Incendios Forestales (2005, 2012) en el Bosque La Primavera*. Tesis para obtener el grado de maestro en ciencias de la salud ambiental. Universidad de Guadalajara.
- Sandström U.F. 2002. Green infrastructure planning in urban Sweden. *Planning Practice and Research*.
- Sarofim, M.C., S. Saha, M.D. Hawkins, D.M. Mills, J. Hess, R. Horton, P. Kinney, J. Schwartz, and A. St. Juliana. 2016. Temperature-Related Death and Illness. En *The Impacts of Climate Change on Human Health in the United States: A Scientific Assessment*. p. 43-68. Washington, DC: U.S. Global Change Research Program.
- Sorensen M., Wendelboe O., Sajadieh A., Ketzel M., Tjønneland A., Overvad K. and Raaschou-Nielsen O. 2017. Long-Term exposure to road traffic noise and nitrogen dioxide and risk of failure: A cohort study. *Environmental Health Perspectives* 125(9): 097021-1 - 097021-8.
- Takano T. and Nakamura K. 2001. An analysis of health levels and various indicators of urban environments for Healthy Cities projects. *Journal of Epidemiology & Community Health*. 55 (4): 263- 274
- Tapia Peralta, G. 2006. *Contaminación por Ozono y su Efecto a Grupos Vulnerables Considerando a la Ausencia Preescolar*. Tesis para obtener el grado de maestro en ciencias de la salud ambiental. Universidad de Guadalajara.

- Tilman, D., S. Naeem, J. Knops, P. Reich, E. Siemann, D. Wedin, M. Ritchie, and J. Lawton. 1997. Biodiversity and ecosystem properties. *Science*. 278: 1866-1867
- Turner T. 1996. *City as Landscape: A post modern view of design and planning*. London: Chapman & Hall.
- Tzoulas K., Korpela K., Venn S., Yli-Pelkonen V., Kaźmierczak A., Niemela J., James P. 2007. Promoting ecosystem and human health in urban areas using Green Infrastructure: A literature review. *Landscape and Urban Planning*. 81 (3) 20, p.167-178.
- WHO. 2020. *Social determinants of health*. WHO. Acceso Julio 30, 2020. https://www.who.int/social_determinants/en/.
- WHO Europe 2020. *Social determinants*. WHO.
- WHO Europe (2016). *Social determinants*. Recuperado de: <http://www.euro.who.int/en/health-topics/health-determinants/social-determinants>. Recuperado de: <http://www.euro.who.int/en/health-topics/health-determinants/social-determinants>
- WHO Europe. 2013. *The European health report 2012 Charting the way to well-being*. Copenhagen, WHO.
- Wilches-Chaux, Gustavo. 1993. La Vulnerabilidad Global. En *Los Desastres No Son Naturales*, Editado por Andrew Maskrey, 11-44. Limón, Costa Rica: La Red.

Sobre los autores



Citlali Curiel Balzaretti. Bióloga de formación y maestra en Ciencias de la Salud Ambiental por la Universidad de Guadalajara. Profesora de la misma Universidad. Colaboró 10 años en el Área de Investigación y Desarrollo y Aseguramiento de la Calidad en Boehringer Ingelheim Vetmedica. Miembro fundador del Colegio de Profesionales en Ciencias Biológicas y Ambientales de Jalisco A.C. Ha participado en once congresos nacionales e internacionales, y en estancias académicas de investigación, en Alemania y en Jalisco.



Alethea Sandoval Casillas. Bióloga de profesión, egresada de la Maestría en Ciencias en Salud Ambiental del CUCBA, actualmente está estudiando el Doctorado en Ciencias en Salud Ambiental en el Instituto Nacional de Salud Pública. Su área de estudio es en salud y calidad de aire.



Arturo Curiel Ballesteros. Doctor en Ciencias Biológicas por la Universidad Autónoma de Madrid; fundador y profesor honorario de la Maestría en Ciencias de la Salud Ambiental de la Universidad de Guadalajara, donde coordina el área de especialidad Ecosistemas y Salud. Premio Jalisco en Ciencias. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores. Sus últimos trabajos abordan los cambios globales del clima y la pérdida de biodiversidad, su presencia y efecto a la salud en Jalisco. Miembro de la International Society for Environmental Epidemiology.

La exposición de la infancia a los químicos agrícolas en Jalisco:

**Una Crisis de conocimiento,
de conciencia, respecto a la salud**

Georgina Vega Fregoso

Felipe de Jesús Lozano Kasten

Alejandro Aarón Peregrina Lucano

Andrea Sarai Castillo Cuellar

Horacio Guzmán Torres

Resumen

En los últimos 60 años se ha producido un deterioro acelerado de los recursos naturales de las cuencas hidrológicas en México, principalmente por la gran cantidad de xenobióticos que la industria, la agricultura intensiva y las ciudades metropolitanas vierten al agua; entre ellas los químicos agrícolas o plaguicidas. Este artículo aborda los resultados obtenidos en procesos de investigación científica en salud ambiental impulsados en espacios académicos a fin de obtener conocimientos que documenten los efectos que las sustancias tóxicas tienen en niños y las niñas, en torno a la bioconcentración de los químicos agrícolas en ellos, así como identificar y caracterizar los tipos y vías de exposición de la infancia y sus familias a xenobióticos que se encuentran en los ecosistemas de la ribera del lago de Chapala en el estado de Jalisco, México.

Introducción

En los últimos 50 a 60 años se ha producido un deterioro acelerado de los recursos naturales de la cuenca hidrológica comprendida por los Río Lerma, Lago de Chapala y Río Santiago, formada por Estado de México, Guanajuato, Michoacán, Jalisco y Nayarit, principalmente por la gran cantidad de xenobióticos que la industria, la agricultura intensiva y las ciudades metropolitanas vierten al agua; entre ellas los químicos agrícolas o plaguicidas. El uso de sustancias químicas promovido por el modelo económico de crecimiento irrestricto prevaleciente en México, ha convertido la agricultura en una industria, a través de una concepción optimizadora de la tecnología que considera al medio ambiente natural como reserva inagotable de recursos. Desde esta perspectiva agroindustrial, la tierra debe sobre explotarse al máximo con ayuda de plaguicidas y fertilizantes químicos, para elevar la producción de granos; este modelo productivo aplicado al campo mexicano, que involucra centralmente el uso de la tecnología y de sustancias químicas, es un arma letal, aumenta la producción, pero degrada los suelos, contamina el agua e impacta negativamente en la salud humana.

La producción agro intensiva está enfocada a producir más granos, pero las ganancias derivadas de este tipo de producción no favorecen a los productores para autoconsumo y pequeños productores; es decir, el modelo agroindustrial no contribuye a una mejor distribución de la riqueza en México, sino por el contrario, produce pobreza y desigualdad entre

jornaleros migrantes y campesinos. Los desechos de este modelo económico agrícola llegan al ambiente contaminando gravemente los ecosistemas, afectando a los seres vivos, entre ellos a los humanos y principalmente a los más lábiles: niños, niñas y adolescentes. Por tantos, como sociedad estamos comprometiendo el futuro de la infancia y la salud de las generaciones que aún no han nacido. Desde los procesos de investigación científica impulsados en espacios académicos consideramos que el primer paso para abordar este sistema complejo desde la salud ambiental, es obtener conocimientos sobre los niños y las niñas en torno a la bioconcentración de los químicos agrícolas en ellos así como identificar y caracterizar los tipos y vías de exposición de la infancia a las sustancias químicas que se encuentran en los ecosistemas de la ribera del lago de Chapala en el estado de Jalisco, México.

Los hallazgos y reflexiones que se presentan en este capítulo son producto de un proceso de investigación que ha adoptado un enfoque multi, inter y transdisciplinario, que ha involucrado a profesionales clínicos, farmacobiólogos, epidemiólogos, antropólogos, a la par que, a padres y madres de familia, profesores de educación básica y autoridades municipales. El proceso incluyó la incorporación de alumnas y alumnos de varias generaciones de la Maestría en Ciencias de la Salud Ambiental en un periodo comprendido de 2015 a 2020 en dónde además de centrarnos en el desarrollo de competencias para la investigación se estimularon competencias transversales que permitieran producir un efecto directo sobre los alumnos y los profesores en relación con sus capacida-

des para interpretar y dotar de nuevos sentidos y compromiso social los procesos de investigación sobre la realidad en la que actuamos (Alsina, 2011:18-22).

El estudio utilizó el enfoque teórico metodológico, Ecosistémico o Ecosalud. Existen diversas corrientes del modelo de Ecosalud, con matices y énfasis particulares, hay quienes particularizan sus análisis sobre la salud de los ecosistemas dando prioridad a los aspectos ecológicos y biológicos en menoscabo de las dimensiones sociales y quienes se interesan por la articulación con la salud humana y veterinaria a través de un enfoque integrado, conocido como una sola salud; en otros casos se enfatizan las relaciones de poder político y ambientales.

Desde nuestra perspectiva recuperarnos la orientación del enfoque ecosistémico en salud humana centrado en la identificación de los cambios ambientales producidos por el ser humano al incorporar en la agricultura sustancias tóxicas y como estos son sentidos e impactan en las condiciones de salud ambiental infantil de una pequeña comunidad. Recuperamos las interconexiones e interdependencias con los sistemas ambientales, económicos, políticos, sociales y sus efectos sobre la salud humana, es decir, desde esta perspectiva metodológica concebimos la Ecosalud como un enfoque de investigación para el desarrollo de competencias para intervenir en la realidad, que busca integrar ideas, métodos y habilidades disciplinarias con saberes locales para la transformación, a través de principios fundamentales como

la equidad social, de género, la participación social incluyente y la transdisciplinariedad (Lebel, 2005). De ese modo los resultados que se presentan en este capítulo asumen el desafío de la articulación dialógica de diversas disciplinas y saberes, la participación de las comunidades locales en la ribera del lago de Chapala, principalmente de las familias de la comunidad de Agua Caliente ubicada en el municipio de Poncitlán, que aceptaron nuestra intervención para determinar la presencia de químicos agrícolas en sus hijos e hijas.

La vulnerabilidad de la infancia

Los niños y niñas tienen grandes ventanas de vulnerabilidad ambiental respecto a los adultos, son física y metabólicamente más susceptibles a los peligros químicos que los adultos porque sus cuerpos aún no están desarrollados, se encuentran en fase de crecimiento y desarrollo de la especie humana de acuerdo a la edad y el efecto de una agresión ambiental puede interferir ese crecimiento y desarrollo, la edad fetal es la más vulnerable pues se encuentran en la etapa embriogénica. El metabolismo de los niños es mucho más alto que el del adulto, esto significa que su capacidad respiratoria y gasto cardíaco, es proporcionalmente mayor, ellos respiran más frecuentemente que el adulto y respiran más contaminación del aire en relación a su peso corporal, ingieren más agua por kilo de peso que el adulto, su cuerpo está formado por más agua que el adulto y ello le expone más a peligros ambientales presentes en la fuentes y calidad del agua que ingiere, voluntariamente o involuntariamente (Etzel, 2019).

Los niños y niñas también tienen una oportunidad mayor que los adultos de experimentar efectos crónicos de la exposición a agroquímicos, porque cuando ellos se exponen a un carcinógeno vivirán más allá del periodo de latencia, es decir, de los años que tarda un cáncer en desarrollarse después de la exposición. Los ambientes físicos de los niños son diferentes a los de los adultos, los recién nacidos permanecen en cunas y no son capaces de evitar por si mismos los peligros ambientales, como la luz solar, el aire intramuros o el almacenaje de agroquímicos en los hogares campesinos, o el lavado de su ropa en aguas con plaguicidas.

Los niños pequeños viven cerca del suelo y así pueden exponerse a contaminantes agrícolas de la tierra o parásitos, los niños transitan en una fase de comportamiento oral que los coloca en una situación de atrapar y comer desechos orgánicos e inorgánicos. El recién nacido consume (180 mL/kg/día) de leche humana en promedio o de formula láctea artificial, si al recién nacido le preparan la formula láctea con agua que no es de calidad, el recién nacido está expuesto a toda clase de contaminantes que existan en el agua. Los niños toman más agua por kilo de peso que los adultos, por lo tanto, su exposición por el agua que consumen es mayor; de ahí que la deficiente potabilización, así como el acceso deficiente a agua de calidad y en cantidad suficientes son un peligro para su salud ambiental infantil (Galvez, Forman, & Landrigan, 2010). Los niños son vulnerables también por los determinantes sociales y ambientales de sus familias y de las comunidades donde nacieron y viven. Los componentes económicos y socio

cultural forman parte de la determinación social de la salud que explica porque ciertas enfermedades son más frecuentes en un grupo específico de población que en otro y porque los derechos humanos de los niñas, niños y adolescentes de comunidades marginadas frecuentemente son violentados más aun cuando la pobreza es severa (Morales-Borrero, 2013) (Singer, Bulled, Ostrach, & Mendenhall, 2017).

La cultura agrícola en Agua Caliente

En la comunidad de Agua Caliente como en otras muchas comunidades rurales y urbanas empobrecidas en México, los niños y las niñas contribuyen al sostenimiento del hogar a través de aportar trabajo; específicamente para el caso referido, los niños y las niñas colaboran en el proceso de siembra y producción del maíz, aplicando agroquímicos pues de esta cooperación depende la subsistencia y la obtención de productos agrícolas que proveen el sostén a sus familias.

En sentido amplio comprendemos cultura como el entramado de conocimientos, creencias, hábitos, derechos, costumbres y productos o artefactos materiales generados por los seres humanos en un territorio determinado. Los pobladores de la ribera del Lago de Chapala, principalmente de las comunidades de Mezcala, San Pedro Itzicán, Agua Caliente y Chalpicote tienen una importante relación espiritual y económica con el hábitat del Lago de Chapala, para ellos, la tierra y el agua son sagrados porque les han permitido sobrevivir y desarrollar su forma de ser, pensar, actuar. Han

vivido cuidando el suelo y el agua que les proporciona los granos, las verduras, el pescado y las frutas de las que se alimentan, han vivido enseñando a sus hijos e hijas a reconocer los cambios en la laguna de Chapala que les provee ocio y bienestar espiritual.

La cultura agrícola en Agua Caliente comprende la pesca para autoconsumo y venta de mojarra, tilapia, bagre y carpa; la siembra y la cosecha de maíz, frijol y chayote de temporal, el sistema agrícola es familiar y está orientado a la subsistencia, con excepción del chayote que tiene como principal mercado a los consumidores del Área Metropolitana de Guadalajara, las chayoterías se riegan con agua del lago y el producto se comercializa en rejas de 30 kilos a un precio de venta promedio de 170 pesos mexicanos. Parte de las estrategias económicas para la sobrevivencia, es formar parte de la cooperativa de pescadores que actualmente integra 43 socios, los hombres jóvenes también trabajan fuera de la comunidad como jornaleros en los campos agroindustriales de las berrys, en municipios como Jocotepec y en la industria de la construcción; mientras que las mujeres jóvenes, en ocasiones, se emplean como servicio doméstico en la capital del Estado (Guzmán, 2018). Las familias son amplias donde conviven los abuelos, los padres, hijos y nietos en la misma casa y cada vez es mayor el número de madres solteras. Los pobladores no tratan a la tierra y el agua como si fueran una máquina de producción ilimitada, sino que los utilizan racionalmente sólo para satisfacer necesidades de alimentación, diversión, aseo personal e higiene. Un día de corte de chayote en las huertas

familiares de Agua Caliente implica un trabajo de observación y cooperación familiar que permite identificar, a quienes participan de la tarea, cuáles chayotes tienen la adecuada madurez y el tamaño ideal para satisfacer las preferencias de los consumidores, en un día de cosecha se pueden obtener hasta 100 kilogramos de chayote en una sola chayotera a la que se aplican plaguicidas y, aunque el trabajo familiar es una estrategia de subsistencia económica central, los sábados, los niños y las niñas no participan de esta actividad porque se encuentran en el catecismo¹.

La organización de las siembras y la aplicación de los químicos generalmente se hace en familia, todos ayudan a la preparación de la tierra, sembrando el grano y cosechando; el desgranado de la mazorca de maíz se deja a los abuelos. El almacenaje se hace en las casas y a cada saco le colocan una o dos pastillas de fosfato de aluminio (AlPO₄), sustancia que figura en la lista de sustancias altamente peligrosas para la salud (New Jersey Department of Health, 2008). Cada vez con mayor frecuencia las familias comentan que los costos para la producción de chayote, maíz y frijol se elevan y es más complicado mantener la eficiencia de sus tierras, a la par la contaminación de la cuenca, dificulta cada vez más el acceso al pescado en la laguna. Como productores para el autoconsumo han sido testigos de cómo plaguicidas y fertilizantes químicos cada vez son más caros y si no los aplican las cosechas son menores en ese año.

¹ Exposición concisa de la doctrina, ciencia o arte en forma de preguntas y respuestas; particularmente la formación que contiene la explicación de la doctrina católica.

El maíz, el frijol y el pescado son cultivos de sobrevivencia, trágicamente las familias, en este momento, están invirtiendo un recurso significativo en comprar químicos agrícolas anualmente, sustancias tóxicas que llegan hasta las puertas de su casa con la opción de pagarlos a crédito. Cuando se pregunta a los habitantes por qué utilizan plaguicidas, responden que si no se aplican no habrá mejores cosechas, aunque recuerdan que sus padres no los utilizaban y no hacía falta el maíz, el frijol y el chayote en las familias. Los adultos de la comunidad no saben que los químicos usados para mejorar la producción en sus cosechas tienen efectos negativos en su salud y en la de sus hijos e hijas, a largo plazo. Algunos si se han intoxicado, padeciendo vómitos y temblores en cada temporada de siembra y después de aplicarlos, pero generalmente no reciben atención médica.

Las prácticas tradicionales para la producción de alimentos de las familias de Agua Caliente, son enseñadas y aprendidas a través de la propia comunidad, de sus padres, familiares o amigos que fungen como los encargados de esta educación no formal orientada a la sobrevivencia; los niños, niñas y adolescentes conocen las formas de guardar y mantener los instrumentos de labranza, las formas de sembrar, cuidar y cosechar los granos así como el procedimiento para almacenar los granos para la próxima siembra y también se exponen a los plaguicidas y fertilizantes químicos usados en esos procesos. Las familias de Agua Caliente han consumido químicos agrícolas como herbicidas, fungicidas e insecticidas

hace, por lo menos, 50 años, comprándolos o recibéndolos como apoyos de Gobiernos locales o Secretaría de Agricultura.

¿Qué son los plaguicidas?

La FAO en 1986 definió a los plaguicidas como “cualquier sustancia o mezcla de sustancias destinadas a prevenir, destruir o controlar plagas incluyendo los vectores de enfermedades humanas o de animales, especies no deseadas de plantas o animales.”; esta definición fue recuperada por la OMS en 1992. Por su parte Fernando Bejarano señala que “plaguicidas son un concepto genérico que incluye a las sustancias tóxicas que se denominan insecticidas cuando se busca controlar insectos, fungicidas cuando se trata de hongos, o herbicidas en el caso de plantas indeseables, entre los usos más generalizados” (Bejarano, 2017:3). Clasificar a los plaguicidas según su estructura química permite identificar sustancias que suelen tener similares efectos en las plagas y el ambiente. Los insecticidas organofosforados, por ejemplo, forman parte de una de las familias más numerosas de sustancias tóxicas, suman 58 productos distintos, mientras que, en el otro extremo, la familia de glicinas posee un único integrante, el glifosato.

Tabla 1. Clasificación de las sustancias según el estado de presentación	
Sistema utilizado en su aplicación	Por su constitución química
Gases licuados	Arsenicales, Carbamatos
Fumigantes y aerosoles	Derivados de cumarina, Derivados de urea
Polvos con diámetro de partícula inferior a 50 μ	Dinitrocompuestos, Organoclorados
Sólidos, excepto los cebos y los preparados en forma de tabletas	Organofosforados
Líquidos	Organometálicos
Cebos y tabletas	Piretroides.
	Tiocarbamatos
	Triazinas
Elaboración propia con información de INTA, 2020	

El sistema utilizado en su aplicación y las características de la sustancia química determinan en buena medida la facilidad de penetración en el organismo del individuo expuesto, la toxicidad de un plaguicida tiene cuatro categorías, como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Clasificación de plaguicidas por grado de toxicidad	
De Baja peligrosidad: Por inhalación, ingestión y/o penetración cutánea no entrañan riesgos apreciables.	Nocivos: Por inhalación, ingestión y/o penetración cutánea puedan entrañar riesgos de gravedad limitada.
Tóxicos: Por inhalación, ingestión y/o penetración cutánea puedan entrañar riesgos graves, agudos o crónicos, e incluso la muerte.	Muy tóxicos: Por inhalación, ingestión y/o penetración cutánea puedan entrañar riesgos extremadamente graves, agudos o crónicos, e incluso la muerte.
Elaboración propia con información de Sánchez y Subil, 1988	

Para registrar un plaguicida para su comercialización se exigen estudios de su metabolismo en las plantas, las aves, los peces y los mamíferos, así como en el medio ambiente, sin embargo, los fabricantes no estudian exhaustivamente los efectos agudos o crónicos en el ser humano. La OMS clasifica a los agroquímicos o plaguicidas por su Toxicidad Humana (TH) de acuerdo con su grado de peligrosidad como: Ia. Extremadamente Peligroso, Ib. Altamente peligroso, II. Moderadamente peligroso, III. Ligeramente peligroso (IRET, 2020) (OMS, 2020). Los principales tipos de efectos sistémicos u órgano específicos pueden clasificarse como se indica en la tabla 3.

Tabla 3. Tipos de toxicidad	
Toxicidad sistémica	Toxicidad específica de órganos
Inmunotoxicidad	Neurotoxicidad
Toxicidad renal	Toxicidad hepática
Toxicidad dérmica	

Elaboración propia con información de Yassi et al, 2020

Existen en la literatura mundial y en las agencias ambientales referentes a ingesta diaria, límite de consumo, concentraciones medias ponderada en el tiempo, valores límite biológicos, límites máximos de residuos en el agua, solubilidad en el agua, persistencia en los suelos, movilidad en el suelo, persistencia en el agua/sedimentos, volatilidad, bioacumulación, uso restringido o prohibido, tiempo requerido para que la concentración del producto químico en condiciones definidas para que se pueda eliminar el 50% de la cantidad aplicada, sin embargo, una vez que se emite una sustancia tóxica al medio ambiente el plaguicida tiene una dinámica y un destino propios, determinados no solo por sus propiedades físicas y químicas sino también por las características del medio con el que interactúa, por lo que el destino ambiental de estos contaminantes que incluye el transporte, distribución y degradación en los diferentes compartimientos: agua, aire, suelo, sedimento, biota y en sus interfaces, la mayor parte de las ocasiones se ignora.

Las exposiciones en la infancia de Agua Caliente

Existen diferentes métodos de estudio para abordar la exposición humana a los químicos agrícolas, están los que se caracterizan por estudiar a la persona, que se convierte en la unidad de análisis, este es el medio que utiliza la medicina clínica para determinar la asociación y la causalidad entre la sustancia tóxica y la enfermedad, usualmente este tipo de estudios se generan sin el componente socio cultural, ambiental, geográfico o poblacional. Otros estudios como

los de tipo ecológico, considerados descriptivos, establecen hipótesis que se ponen a prueba, los estudios ecológicos estudian poblaciones en las cuales la comunidad es la unidad de análisis, donde la ocurrencia del fenómeno es en un área geográfica determinada, en una población, en un periodo de tiempo; investigan si existe realmente un agrupamiento entre la exposición y la enfermedad o si es coincidencia la exposición ambiental, si existe tal exposición en la población o si la exposición amerita una investigación más profunda o la acción.

En los estudios ecológicos la prioridad es determinar la exposición e identificar situaciones probables de exposición específicas en el sitio y responder a preguntas cómo: ¿Alguien en un sitio determinado está expuesto a la contaminación por agroquímicos? ¿En qué condiciones se produce la exposición? ¿Cómo es el tiempo de contacto: de corto plazo (agudo) o de largo plazo (crónico)? (Borja-Aburto, 2000). Los resultados del estudio que presentamos a continuación sobre la exposición a químicos agrícolas en la infancia en la población escolarizada de la localidad de Agua Caliente, recuperan lo mejor de ambas perspectivas de análisis enfatizando la perspectiva integradora en salud ambiental que se soporta en uno de los principios del enfoque ecosistémico en salud humana o Ecosalud: ambiente sano igual a gente sana. El proceso de recolección y análisis de datos que se presentan se articuló al reconocimiento de los procesos histórico sociales en la comunidad, dado que es imposible detallar todos estos aspectos, recuperamos cuestiones relativas a la cultura comunitaria, las condiciones de desnutrición de la población infantil, los tipos de exposición de las madres y los impactos de la exposición a material

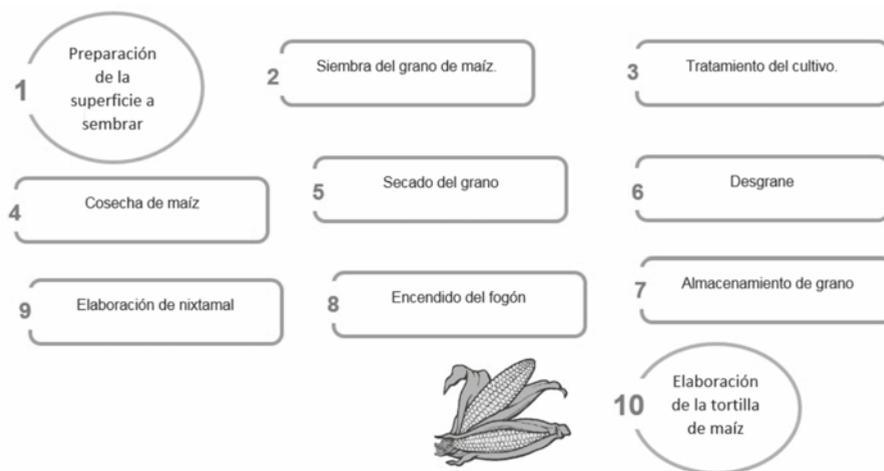
particulado y al glifosato en la salud.

Resultados. Impactos a la salud por exposición a xenobióticos

Agua Caliente se encuentra entre las localidades de San Pedro Itzicán y Chalpicote en el Municipio de Poncitlán en el Estado de Jalisco, se considera parte de la comunidad de Mezcala. El poblado está protegido por una gran montaña al lado de la laguna, se presume que la comunidad es de origen indígena Coca pero han perdido su lengua y la vestimenta; las autoridades del Estado de Jalisco no los reconocen como pueblo indígena². Hasta 2016 la comunidad tenía aproximadamente 120 familias y 988 habitantes, de estos, 489 son hombres (49.5%) y 499 mujeres (50.5%), la ratio de fecundidad de la población femenina es de 3.6 hijos por mujer y el grado de marginación es alta. Las actividades agrícolas las realiza toda la familia, enfatizamos el caso de las mujeres, porque su salud está directamente vinculada a las de niños y niñas durante el proceso de gestación y crianza; además son las mujeres las que cocinan y dedican un promedio de 4 horas diarias o más por 4 días para estas actividades. Las fases del proceso se presentan a continuación en forma esquemática en la figura 1 y la tabla 4.

² En 2008 pobladores de Mezcala se dirigieron a Comisionados de las Naciones Unidas para los Derechos de los Pueblos Indígenas para informarles que compartían la mala condición de los pueblos indios en México, tanto por el olvido como por los abusos del Estado mexicano. Informaron que a su comunidad el Estado mexicano no la reconocía como pueblo Coca aduciendo que el pueblo Coca se había extinguido, puesto que ya no permanecía ni su lengua ni su indumentaria, pero ellos reivindicaban esa pertenencia étnica, exigían respeto y restitución de los derechos humanos históricamente violentados (Alonso, 2008).

Figura 1. Modelo de producción de maíz para tortilla de autoconsumo



Fuente: Tesis de Maestría Andrea Castillo, 2020

	1. Preparación de la superficie a sembrar	2. Siembra del grano de maíz	3. Tratamiento del cultivo con agroquímicos
Fase 1	Preparación y arado del suelo manual, técnica tumba, roza y quema.	70% de las familias aran manualmente con uso de coa, el 30% rentan un tractor.	Primera aplicación de glifosato o "líquidos" después de la primera tormenta. Segunda aplicación de glifosato al mes y medio de la primera aplicación.

Fase 2	4. Cosecha del maíz	5. Secado del grano	6. Desgrane
	Actividad familiar para corte de mazorcas.	Se extienden en una superficie plana de la casa (patio o en la azotea) y se deja secar durante mes y medio.	El grano seco se retira de la mazorca en forma manual, se cierne y limpia.
Fase 3	7. Almacenamiento	8. Encendido de fogón	9. Nixtamalización
	Almacenan en domicilio familiar en tambos de plástico, tinacos o tapado con lonas, colocan pastillas de fosforo de aluminio para conservar y evitar la entrada de roedores.	Actividad diaria, se usa leña o <u>basura</u> .	Colocar hasta que hierva los granos de maíz con cal y agua, se deja enfriar, se muele y se obtiene la masa.
	10. Elaboración de tortillas de maíz		
Mujeres hacen tortillas de maíz dos veces al día: 9:00 am, almuerzo y 17:00 pm, comida/merienda. Torteán entre 30 y 50 tortillas para toda la familia.			
Elaboración propia con información (Castillo, 2020)			

Las mujeres expuestas tienen entre 27 a 69 años de edad, en la mayor parte de los casos hijos e hijas en edad escolar que se encuentran compartiendo el mismo espacio con ellas durante la preparación de los alimentos y algunas, durante la investigación, se encontraban embarazadas, pudiendo constatar a través de la observación la exposición intrauterina del feto a través de la buena o mala calidad del aire que

la madre respira. Para identificar los impactos negativos que tiene la exposición a sustancias tóxicas producto del uso de agroquímicos o de la quema de basura se describe el tiempo de exposición, la vía, la fuente y el medio por el cual se tiene contacto con la sustancia dañina, en las tablas 5 y 6.

Tabla 5. Características de las Rutas de Exposición						
RUTA	Fuente	Medio	Punto de expo	Vía de expo	Tiempo de expo	Sustancia presente en exposición
Siembra de maíz	Suelo Aire Agua	Polvo Contacto físico	Terreno de siembra	Inhalación Cutánea	4 horas x 4 días	Glifosato Urea, Sulfato Triple mezcla Abono negro
Tratamiento del cultivo	Suelo Aire	Polvo Contacto físico	Terreno de siembra	Inhalación Cutánea	3 horas x 2 días	Fertilizante a base nitrógeno y azufre
Cosecha	Suelo Aire	Polvo Contacto físico	Terreno de siembra	Inhalación Cutánea		
Desgrane	Suelo	Polvo Contacto físico	Hogar	Inhalación Cutánea		
Almacenamiento	Suelo	Contacto físico	Hogar	Cutánea	3 x 1 día	Fosforo de aluminio

Nixtamalización	Alimento	Contacto físico	Hogar	Inhalación Ingesta	½ hora	Malation Metomilo Molinato Carbendazim Imazalil Picloram Glifosato Dioxinas, furanos, hexaclorobenceno, plomo, mercurio material particulado
Elaboración de tortilla	Alimento	Contacto físico	Hogar	Inhalación Cutánea Ingesta	1 hora	Imazalil L-cyhalotrin Malation Molinato Picloram Glifosato Dioxinas, furanos, hexaclorobenceno, plomo, mercurio material particulado
Fuente: Elaboración propia con información Castillo, 2020; Guzmán, 2018.						

Tabla 6. Impacto en la salud de las sustancias químicas identificadas en el proceso

INGREDIENTE ACTIVO	Grupo químico	Persistencia en el ambiente	Efectos crónicos	Vía de exposición
Metomilo (insecticida)	Carbamato	Ligeramente persistente y bioacumulable 2 días	Disruptor endocrino, daño reproductivo, genotóxico.	Inhalación Cutánea
Imazalil (fungicida)	Clorado	120 días en el suelo. Agua 0.3 días.	Carcinógeno, daño hepático.	Inhalación Cutánea
Picloram (herbicida)	Clorado	Moderadamente persistente de 3 a 44 semanas	Disruptor endocrino, daño hepático y renal,	Inhalación Cutánea
Carbendazim (fungicida)	Benzimidazol	Poco persistente	Carcinógeno, disruptor endocrino, daño reproductivo.	Inhalación Cutánea
Molinato (herbicida)	Tiocarbama To	Persistencia en suelo ligera, en agua poca.	Disruptor endocrino, daño reproductivo, carcinógeno	Cutánea
2-4D (herbicida)	Clorado	Varios meses	Carcinógeno, reproductivo, tumor en hígado y neurotóxico	Inhalación Cutánea
Glifosato (herbicida)	Ácido fosforoso	Ligeramente persistente (14 a 22 días)	Carcinógeno, daño hepático y renal.	Inhalación Cutánea
Paraquat (herbicida)	Bipiridilo	Hasta 3 años	Carcinógeno y reproductivo	Inhalación Cutánea
Malatión (insecticida)	Organofosforado	Una semana	Mutagénico	Inhalación Cutánea

Fosforo de aluminio (rodenticida)	Combinación de fosforo y aluminio.	Persistencia baja	Daño pulmonar y renal.	Inhalación
Dioxinas y Furanos	Organoclorados	Persistentes	Cáncer, daño en sistema inmune, hígado, piel	Inhalación Ingestión
Material particulado	Sustancias orgánicas e inorgánicas	Persistentes	Reducción de función pulmonar, cáncer, efectos tóxicos sobre el sistema inmunológico	
Elaboración propia, Manual de plaguicidas de Centroamérica, Universidad Nacional de Costa Rica				

La exposición a este tipo de sustancias tóxicas afecta la salud de todos, sin embargo, las mujeres, los niños, niñas y adolescentes son los más afectados pues pasan la mayor parte del tiempo cerca del hogar, sumado a que su condición nutricional no es óptima y las condiciones de marginación y pobreza incrementan su vulnerabilidad social, así como la susceptibilidad a este tipo de sustancias, por ejemplo, a sustancias tan popularmente usadas como el glifosato. Las informaciones que presentan las tablas anteriores nos permiten dimensionar los efectos nocivos a la salud humana de los agroquímicos en un escenario donde el 70% de la población de la comunidad vive de la pesca y siembra para el autoconsumo, como hemos expuesto, y no alcanza a recibir ingresos para cubrir sus necesidades básicas respecto a salud, educación, alimentación, vivienda, vestido y transporte público, es decir que, con el ingreso actual no alcanzan a

cubrir sus necesidades alimentarias, aspecto que se refleja en el tipo de alimentación a la que acceden.

En la comunidad el periodo de lactancia materna tiene una duración de 12.8 días a 6.5 meses, cuando niños y niñas alcanzan los 3 años de edad comienzan a ser alimentados con la dieta y costumbres de la comunidad que consiste en dos alimentos al día (09:00 y 17:00 hrs) a base de arroz, frijol, pescado, chayote, tortilla y avena por lo que se considera que los habitantes tienen una dieta insuficiente y sus derechos humanos al agua y a la salud y aun medio ambiente sano están siendo violados por el Estado (Guzmán, 2018). De acuerdo con los patrones de crecimiento infantil de la OMS; Longitud/ Estatura para la edad, peso para la edad, peso para la estatura e índice de masa corporal para la edad, el crecimiento y desarrollo de los infantes preescolares con edad de 3 a 6 años en Agua Caliente se encuentra alterado, la desnutrición aguda es del orden del 7.10% y la desnutrición crónica del 33.90%, comparado estas cifras con lo reportado para todo el País en 2012, por la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición, en México la desnutrición crónica es del orden del 2.80 y la Aguda del 13.60%, lo anterior se observa en la siguiente gráfica³.

³ Datos e informaciones que se presentan en el grafico fueron obtenidos durante trabajo de campo en 2016.

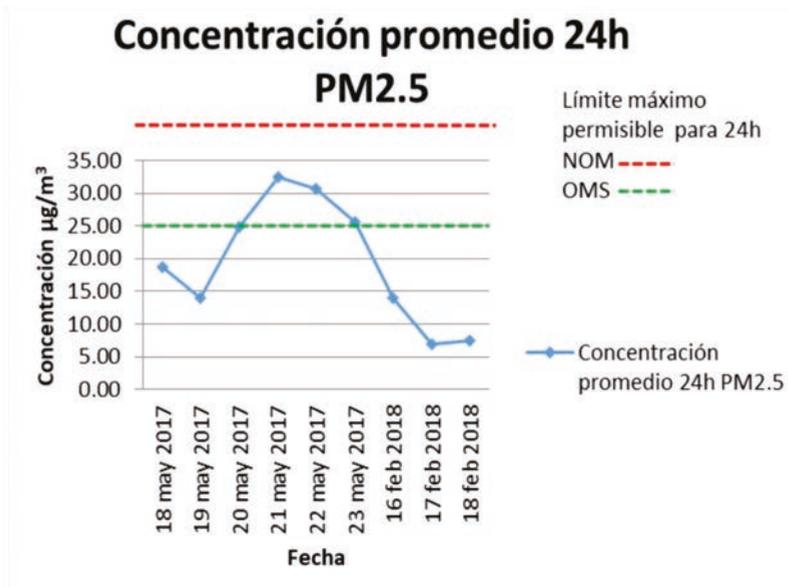
Gráfica 1. Desnutrición en la infancia de Agua Caliente



En estas condiciones de desnutrición y acceso ineficiente a recursos, por ejemplo, la exposición de mujeres, niños y niñas a agroquímicos y pequeñas partículas de 10 micrones de diámetro (PM_{10}) que resulta de la combustión incompleta de materia orgánica o plásticos causa variados y graves problemas de salud (OMS, 2018). De acuerdo con Directrices de la OMS, el límite para exponerse a material particulado (PM_{10}) en promedios de 24 horas es de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mientras que el límite para material particulado de ($PM_{2.5}$) en cuanto a valores promedio de 24 horas, es de $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ esto en cuanto el límite establecido por la OMS (OMS, 2006). Con los datos recabados durante el proceso de investigación se constató que en los hogares de Agua Caliente las mujeres y las niñas más frecuentemente que los niños están expuestos, además de a los plaguicidas, de forma crónica a concentraciones de material particulado de un diámetro de entre 10 y 2.5 micrones de metro (PM_{10} y $PM_{2.5}$) que se encuentran constantemente sobre los límites permitidos por instancia internacionales.

Desde este análisis es válido conjeturar que las mujeres, las niñas y los niños de la comunidad de Agua Caliente están expuestos a sustancias tóxicas, entre ellas, material particulado 2.5 o menos, varios días al mes de forma continua. En la siguiente figura se muestran la gráfica de los promedios de 24 horas por día, de las concentraciones de $PM_{2.5}$ en la comunidad.

Gráfica 2. Promedio de 24 horas por día, concentraciones $PM_{2.5}$ monitoreadas⁴



Fuente: Tesis Horacio Guzmán, 2018

La exposición de mujeres, niños y niñas a sustancias tóxicas, entre ellas, material particulado de 10 y 2.5 micras es importante porque este tipo de micro partículas tienen gran capacidad para introducirse en las vías respiratorias y exacerbar otras enfermedades; en México la normatividad en

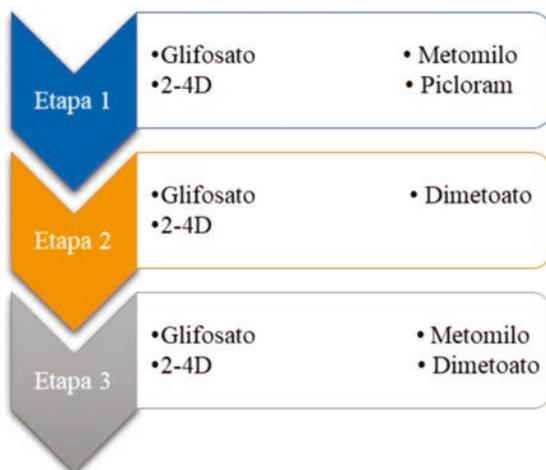
⁴ Datos obtenidos con el análisis de los resultados del monitoreo en el mes de mayo, 2017 y en el mes de febrero de 2018.

material ambiental es laxa, sin embargo, estudios como estos permiten identificar que la contaminación del aire, el suelo y el agua afectan a población urbana y cada vez más y con más violencia destruye los modos de vida de las poblaciones rurales como Agua Caliente. La información recuperada en torno a la calidad del aire muestra que, según parámetros nacionales, la calidad del aire en Agua Caliente por concentraciones promedio de 24 horas resulta dentro de los parámetros normales en la comunidad, sin embargo, también informa que mujeres, niñas y niños se encuentran expuestos a picos de contaminantes desde que nacen y que dentro del proceso de producción del maíz y la tortilla están en contacto con sustancias como el glifosato y material particulado. Estas múltiples exposiciones, más las condiciones de desnutrición, marginación y vulnerabilidad social tienen impacto negativo documentado en el sistema inmune y en el funcionamiento normal del organismo, específicamente los riñones, como hemos logrado documentar en la comunidad (Jayasumana, Gunatilake, & Senanayake, 2014) (Rajapakse, Shivanthan, & Selvarajah, 2016). Como parte de los resultados de investigación que se presentan, deseamos enfatizar las afectaciones a la salud de las mujeres por la presencia de xenobióticos producto del uso de plaguicidas y fertilizantes químicos, específicamente en relación al herbicida glifosato y los resultados que se obtuvieron a partir de analizar muestras de orina para identificar metabolitos que indicaran la presencia de agroquímicos en las mujeres, así como indicios en torno al impacto en la funcionalidad renal.

Presencia de metabolitos de agroquímicos en la orina de las mujeres

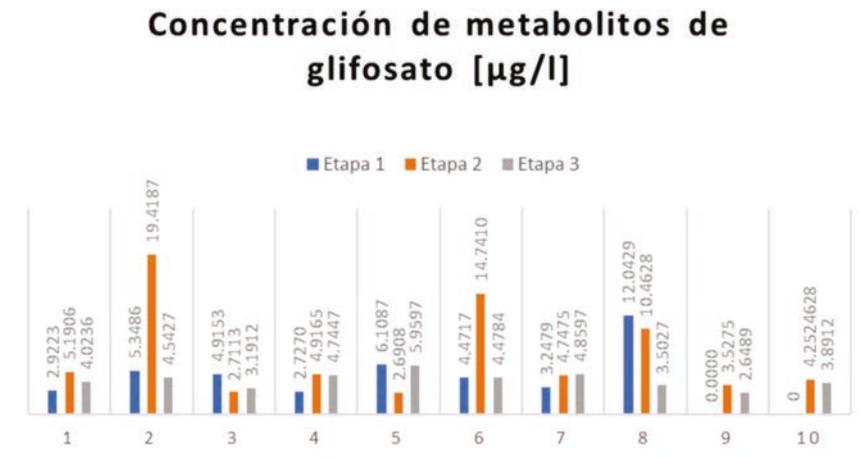
El total de las mujeres que ofrecieron muestras de orina para el análisis fue de 10. Los metabolitos de plaguicidas como dimetoato, metomilo, molinato y picloram fueron encontrados en la orina de mujeres, niños y niñas pues son usados en diversas etapas de la producción del maíz, tales productos son nombrados popularmente por los habitantes de la comunidad como “los líquidos”, sin embargo, estos no son usados tan constante como el glifosato y el 2,4D, por tanto, estas sustancias tóxicas se excluyeron del análisis, permitiéndonos concentrar la atención sobre la presencia de glifosato. Las sustancias tóxicas en cada etapa de la producción se pueden agrupar de la siguiente manera, como se propone en la siguiente figura.

Figura 2. Agroquímicos presentes



El concepto epidemiológico de exposición describe el contacto directo o indirecto de una persona con un agente físico, químico o biológico, capaz de producir daño a la salud. El contacto puede ser a corto plazo (agudo) o a largo plazo; crónico, cuando se produce durante un período largo de tiempo (más de 1 año [en el caso de los seres humanos], en toxicología se refiere a entrar en contacto con un químico tragando, respirando o por contacto (Niето, 2015). Cuando abordamos el concepto de exposición crónica a los químicos agrícolas, lo definimos como la existencia de un contacto directo o indirectos de la madre y el infante con uno o múltiples agroquímicos utilizados en la agricultura en el lugar donde reside, capaces de producir daño a su salud, pudiendo estar en contacto con una sustancia durante un período de tiempo por más de 1 año.

Gráfica 3. Concentración de metabolitos de glifosato en las mujeres



Fuente: Tesis Andrea Castillo, 2020

Como se aprecia en la gráfica, el momento de mayor exposición y por tanto de concentración de metabolitos de glifosato en la orina de las mujeres es en la Etapa 2, que integra las actividades de: cosecha, secado del grano y desgrane. De acuerdo al hallazgo de metabolitos de glifosato en cada una de las etapas analizadas se puede determinar que el rango va de 19.41 a 2.64 $\mu\text{g} / \text{L}$; según la literatura las concentraciones de los metabolitos de glifosato se encuentran dentro del rango, sin embargo, se indica que esta presencia permite que los metabolitos de glifosato generen impactos negativos en el cuerpo humano pues estos residuos permanecen estables durante un año o más mientras que las personas con enfermedades crónicas muestran significativamente niveles más altos de residuos de glifosato en orina, estos datos evidencian influencia sobre los niveles de creatinina, mientras que el riñón se ve afectado por la excreción continúa de plaguicidas (Krüger, 2014; Gillezeau, 2019).

La exposición a glifosato y otros plaguicidas⁵ en niños y niñas

Los resultados de los estudios efectuados en niños y niñas escolarizados que se presentan se realizaron a través de los años 2016, 2017 y 2018, lo que nos permite hablar de una exposición crónica de la población escolar de kínder, primaria y secundaria en Agua Caliente. El primer estudio de carácter exploratorio se centró en determinar (una sola ocasión) el herbicida Glifosato (herbicida más utilizado en el mundo); en el segundo estudio (tres años) se analizaron 25 metabolitos de agroquímicos que refirieron haber utilizado en alguna ocasión los familiares en la siembra de maíz, esta etapa también se identificó en la orina agroquímicos que los habitantes no refirieron utilizar. En todos los casos se utilizó la misma metodología y procedimiento analítico para determinar los metabolitos de agroquímicos en la orina de los infantes. En las siguientes gráficas se muestran las frecuencias y los niveles de glifosato en la orina de niños y niñas de Agua Caliente que en la que hemos documentado la presencia de enfermedad renal crónica en la infancia, desnutrición y pobreza. Para la descripción estadística, utilizamos frecuencias, porcentajes, medias, desviaciones estándar (DE) e IC del 95%. La significación estadística se evaluó mediante

5 Las muestras de orina se analizaron en laboratorio de farmacocinética aplicada del Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingeniería (CUCEI) de la Universidad de Guadalajara a cargo del Dr. Aaron Peregrina Lucano, se procesaron para la determinación de plaguicidas con el método HPLC-MS-MS (cromatografía de líquidos de alto rendimiento junto con espectrometría de masas tándem) con el equipo Agilent Technologies® Modelo 1200 para HPLC y modelo 6430B para espectrometría MS-MS. Los estudios de sangre se analizaron por la QFB. Margarita Soto, profesora investigadora en el laboratorio de salud pública del Centro Universitario de Ciencias de la Salud (CUCS).

la prueba U de Mann-Whitney. La significación estadística se consideró con una p de ≤ 0.05 . Para el procesamiento de datos, se uso Excel® (Microsoft, Redmond, WA, EE. UU.) Y OpenEpi Info ver. Se utilizó el software estadístico 3.01 (Open Source Epidemiologic Statistics for Public Health, Bill and Melinda Gates Foundation, Emory University, Atlanta, GA, EUA). Las muestras se recuperaron de un total de 347 niños y niñas que participaron en el estudio, de los cuales, 161 son niñas (46%) y 186 son niños (54%), el promedio de edad mínimo es de 3 años y el promedio de edad máximo es de 11 años para niños y de 10 años para niñas. Para la toma de muestras se programó un cronograma de muestreo y se informaron las fechas a los padres y las autoridades educativas locales. Se determinó la presencia de metabolitos de plaguicida y el tipo de plaguicida, por edad y por temporada de siembra y cosecha; se estudiaron por tres años, en 2016, 2017, y 2018, en este último año, se hicieron determinaciones en dos ocasiones: mayo y octubre. A continuación, se presentan una secuencia de tablas con los resultados de las determinaciones realizadas en esos años como parte del proceso de investigación en salud ambiental:

Tabla 7. Presencia de metabolitos de plaguicidas en orina en escolares de Agua Caliente (2016-2018)

Año	Número de alumnos	Con presencia de plaguicidas	%	Sin presencia plaguicidas	%
2016 (noviembre)	347	84	24.2	263	75.8
2017(octubre)	187	162	86.6	25	13.3
2018 (mayo)	347	181	52.2	166	47.8
2018(octubre)	347	42	12.0	305	88.0

Elaboración propia

Tabla 8. Plaguicidas determinados en orina de escolares residentes en Agua Caliente (noviembre 2016)

Edad	Estudios	%	Con plaguicidas	%	Sin plaguicidas	%
<4 Años	116	33.5	15	13	101	87
5-9 Años	146	42	46	31.5	100	68.50
10-14 Años	85	24.5	23	27	62	73.00
Total	347	100	84	24.2	263	75.80

Elaboración propia

Tabla 9. Plaguicidas identificados en orina de escolares residentes en Agua Caliente (noviembre 2016)

Edad	Glifosato	Atrazina	2,4D	Picloran	Dimetato	Metoxu- foron	Molinato
<4	X		X	X	X	X	X
5-9	X	X	X	X	X	X	X
10-14	X	X	X	X	X	X	X

Elaboración propia

Tabla 10. Plaguicidas determinados en orina de escolares residentes en Agua Caliente (octubre 2017)

Edad	Estudiados	%	Con plaguicidas	%	Sin plaguicidas	%
<4 Años	0	0	0	0	0	0.00
5-9 Años	104	55.6	100	96.1	4	3.8
10-14 Años	83	44.4	62	74.6	21	25.4
Total	187	100	162	86.6	25	13.37

Elaboración propia

Tabla 11. Plaguicidas identificados en orina de escolares residentes en Agua Caliente (octubre 2017)

No.	Agroquímico	Años de edad		
		< 4	5 -9	10 – 14
1	Acetoclor	X	X	X
2	Atrazina	X	X	X
3	Carbedazim	X	X	X
4	Carbofurano	X		
5	Diazinon	X	X	X
6	Dimetoato	X	X	X
7	Emamectina	X	X	X
8	Glifosato	X	X	X
9	Imazalil	X	X	X
10	Lcyhalotrina	X	X	X
11	Malathion	X	X	X
12	Metoxuforon	X	X	X
13	2,4D	-	X	X
14	Metomilo	-	X	X
15	Molinato	X	X	X
16	Priraclostrobina	X	X	X
17	Taibendazol	-	X	X

Total		14	16	16
Elaboración propia				

Tabla 12. Plaguicidas determinados en orina de escolares residentes en Agua Caliente (mayo 2018)

Edad	Estudia- dos	%	Con plaguicidas	%	Sin plaguicidas	%
<4 Años	39	11.0	10	25.64	29	74.35
5-9 Años	185	53.5	111	60.0	74	40
10-14 Años	123	35.5	60	48.8	63	51.2
Total	347	100	181	52.2	166	47.8
Elaboración propia						

Tabla 13. Plaguicidas identificados en orina de escolares residentes en Agua Caliente (mayo 2018)

Años de edad				
No.	Agroquímico	< 4	5 -9	10 – 14
1	Meclizina	X	X	X
2	Emamectina	X	X	X
3	Glifosato	X	X	X
4	Malation	-	X	X
5	Lcyhalotrina	X	X	X
6	Paration	X	X	X
7	2,4D	X	X	X
8	Metomilo	X	X	X
9	Picloram	X	X	X
10	Molinato	X	X	X
Total		9	10	10
Elaboración propia				

Tabla 14. Plaguicidas determinados en orina de escolares residentes en Agua Caliente (octubre 2018)

Edad	Estudiados	%	Con plaguicidas	%	Sin plaguicidas	%
<4 Años	25	8.2	16	64.0	9	36.0
5-9 Años	187	54	26	14.0	161	86.0
10-14 Años	135	38.8	0	0	135	100.0
Total	347	100	42	12.0	305	88.0

Elaboración propia

Tabla 15. Tipo de plaguicidas determinados en orina de escolares en Agua Caliente (octubre 2018)

Años de edad				
No.	Agroquími-co	< 4	5 -9	10 – 14
1	Glifosato	X	X	X
2	2,4D		X	X
3	Metomilo		X	X
4	Picloram			X
5	Molinato		X	X
Total		1	4	5

Elaboración propia

Como se puede apreciar en todos los años 2016, 2017 y en las dos determinaciones de 2018, el rango de edad en donde encontramos un número mayor de niños y niñas con trazas de plaguicidas en la orina es el de 5 a 9 años de edad información consistente con lo que identificamos durante el trabajo de campo en el proceso de investigación y lo referido en la literatura especializada, relativo a que, en este grupo de edad,

los niños y las niñas se encuentran más expuestos porque permanecen más tiempo al lado de sus madres. Es significativa también la relación que muestra como la población tiene en su organismo restos de al menos, 17 sustancias tóxicas conocidas como, por ejemplo, Glifosato, Molinato o Picloram, todos ellos plaguicidas persistentes y altamente tóxicos. Llama la atención que en la última medición se redujo plaguicidas identificados en orina, lo que puede deberse a la reducción en el uso de estas sustancias.

Recuperando específicamente la discusión sobre los efectos nocivos a la salud de la exposición a glifosato, la Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer (IARC) de la Organización Mundial de la Salud reclasificó al glifosato como “probablemente cancerígeno para los humanos”; mientras que en estudios con roedores se ha encontrado asociación entre el glifosato y el carcinoma del túbulo renal, hemangiosarcoma, adenoma de células de los islotes pancreáticos y tumores (Myers, Antoniou, Blumberg, & Carroll, 2016). Otros estudios han documentado la relación entre exposición a plaguicidas y diferentes tipos de cáncer (Bassil, 2007). En cuanto a impacto en la salud renal, se han realizado estudios enfocados a caracterizar la Enfermedad Renal Crónica de causa desconocida (ERCd), sobre todo en poblaciones de Asia; los resultados reportan ERCnd y asociación con exposición a glifosato (Romero-Hawley, 2019). Estos estudios resaltan las condiciones de género, en estas comunidades, son los hombres los que muestran mayor exposición y susceptibilidad a padecer enfermedad renal, solamente en uno de los estudios

revisados para este capítulo se encontró que los investigadores determinaron la albuminuria persistente (índice de albumina: creatinina >30 mg/g) en tasa más elevada en las mujeres en tres distrito de Sri Lanka con una elevada prevalencia de ERCd (Jayatilake, Mendis, Maheepala, & Mehta, 2013).

Discusión. Aspectos específicos

Determinar los plaguicidas en la orina, cuantificar y definir qué tipo de químicos agrícolas encontramos en los escolares fue un trabajo que requirió de competencias cognitivas, instrumentales y habilidades en el manejo de los equipos especializados con elevada tecnología. Analizar los resultados de la exposición de los escolares, implicó también ineludiblemente discutir los derechos a la vida, integridad personal a la salud y aun medio ambiente sano de estas comunidades y establecer cómo niños y niñas enfrentan un riesgo de daño irreparable en su salud; reconociendo que es obligación del Estado garantizar en la máxima medida posible, la supervivencia y el desarrollo óptimo de los niños y las niñas de Agua Caliente. Documentar la existencia y ocurrencia, en esta comunidad, de Enfermedad Renal Crónica de etiología desconocida (ERCnd) y señalar que puede considerarse endémica, implica mostrar, para comprender, cómo viven y que hace la población. La prevalencia de albuminuria en niños y niñas de esta zona rural es de 3 a 5 veces mayor que lo informado en la literatura internacional. En cuanto a la tasa de filtración glomerular (TFG) más del 50% de los niños y niñas estudiados tienen menos de 60 mL / min / 1,73m² (Sierra-Diaz, y otros, 2019).

Consideramos que la información expuesta, contribuye a perfilar las causas de la albuminuria y ERCnd en niños y niñas, en esta región mexicana, donde es también endémica y ubicua la presencia de agroquímicos. A los escolares de Agua Caliente se les detectaron plaguicidas que contienen sustancias activas prohibidas o no autorizadas en tratados internacionales debidamente ratificados por el Estado Mexicano; sustancias que ya han sido prohibidas en otros países. La violación sistemática al principio precautorio confirma que se están destruyendo las perspectivas de presente y futuros saludables para muchos niños y niñas en edad escolar en nuestro país. Las niñas, los niños y adolescentes de Agua Caliente tienen derecho a gozar de un medio ambiente adecuado para su desarrollo, salud y bienestar que garantice su sano crecimiento, por tanto, como profesionales consideramos que nuestro trabajo contribuye a fortalecer las prácticas de preservación, conservación y rescate del medio ambiente en el lago de Chapala, promoviendo que las autoridades municipales, establezcan programas encaminados a eliminar la determinación social de la salud y sus determinantes en la comunidad e impulsen el desarrollo regional y local sustentable.

Discusión. Aspectos amplios

Después de los datos e informaciones aportados en este capítulo sobre los modos de vivir y las condiciones materiales de los pobladores de la comunidad de Agua Caliente en Poncitlán, Jalisco; la discusión no puede centrarse solamente en qué tipo de agroquímicos está en el cuerpo de la mujeres

y niños y niñas escolares y que efectos les pueden ocasionar en la salud. La discusión de este capítulo, es una invitación a alejarnos de la típica problematización de los resultados de un proceso de investigación personal al término de una tesis o proyecto de investigación. Más bien aspiró a mostrar como el trabajo colaborativo en Equipos de investigación (multi e interdisciplinarios) con orientación transdisciplinar, permiten mostrar a los profesionales insertos en procesos de formación en Maestrías y Doctorados cómo los resultados que se exponen son producto de varios esfuerzos de investigación y cooperación entre estudiantes, investigadores y la comunidad. Los ejes de todas las informaciones expuestas, se centran en la necesidad de dimensionar y denunciar la exposición crónica de la infancia a los químicos agrícolas en Jalisco. La exposición, en la magnitud observada, nos permite considerar una crisis de conocimiento, de conciencia e intelectual respecto a la salud de la infancia y muestra la crueldad del modelo agroindustrial en el que vivimos. Finalmente, reiterar que este trabajo colectivo sobre la exposición a sustancias tóxicas en madres y escolares en Agua Caliente, muestra que las empresas productoras de agroquímicos no tienen compromiso con la salud de la infancia y que su tecnología solo es para producir más y, que un reducido grupo, gane más y viva mejor.

Referencias Bibliográficas

- Alonso, J. (2008). Mezcala: un espejo y un corazón. Revista Envío, Universidad Centroamericana, número 319 | Octubre, 1-6.
- Alsina, J. (2011:18-22). *Evaluación por competencias en la universidad: las competencias transversales*. Barcelona: Octaedro.
- Bassil, K. V. (2007). Cancer Health effects of pesticides. *Can Fam Physician*, 53 (10) , 04-11. Obtenido de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2231435/>
- Bejarano, F. (2017). *Los Plaguicidas Altamente Peligrosos en México*. Estado de México: Red de Acción sobre Plaguicidas y Alternativas en México, A. C. (RAPAM).
- Borja-Aburto, V. H. (2000). Estudios ecológicos. *Salud Pública de México / vol.42, no.6, noviembre-diciembre , 533 - 538*.
- Castillo, A. S. (2020). *Tesis: Vulnerabilidad y riesgos de las mujeres por la utilización de agroquímicos en el proceso de producción del maíz (tortilla) en una comunidad rural de consumo de subsistencia*. Guadalajara Jalisco: Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Maestría en Ciencias de la Salud Ambiental.

Etzel, R. (2012). *Pediatric Environmental Health*. EUA: Council on Environmental Health American Academy of Pediatrics.

Etzel, R. (2019). *Pediatric Environmental Health, 4th Edition*. USA: American Academy Pediatrics.

Galvez, M., Forman, J., & Landrigan, P. J. (2010). Niños. En H. Frumkin, *Salud Ambiental. De lo global a lo local* (págs. 887- 929). México: Organización Panamericana de la Salud.

Gillezeau, C. M. (2019). La evidencia de la exposición humana al glifosato: una revisión. *Environ Health*, 18(2). doi:<https://doi.org/10.1186/s12940-018-0435-5>

Guzmán, H. (2018). *Tesis: El derecho a un medio ambiente sano de la población infantil de Agua Caliente, Poncitlán, Jalisco*. Guadalajara, Jalisco: Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Centro Univesitario de Ciencias de la Salud, Maestría en Ciencias de la Salud Ambiental.

INTA, I. N. (septiembre de 2020). <https://www.manualfitosanitario.com/>. Obtenido de Aplicación eficiente de fitosanitarios. Capítulo 2. Plaquicidas químicos, composición, formuaciones y etiquetado: <https://www.manualfitosanitario.com/InfoNews/INTA%20Aplicacion%20eficiente%20de%20fitosanitarios%20Cap%202.%20%20Formulaciones.pdf>

- IRET. (2020). *Universidad Nacional de Costa Rica, Instituto Regional de Estudios de Sustancias Tóxicas (IRET)*. Obtenido de Manual de Plaguicidas de Centroamérica, Toxicidad: <http://www.plaguicidasdecentroamerica.una.ac.cr/index.php/toxicidad-salud-humana>
- Jayasumana, C., Gunatilake, S., & Senanayake, P. (2014). Glyphosate, Hard Water and Nephrotoxic Metals: Are They the Culprits Behind the Epidemic of Chronic Kidney Disease of Unknown Etiology in Sri Lanka? *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2014, 11, 2125 -2147.
- Jayatilake, N., Mendis, S., Maheepala, P., & Mehta, F. R. (2013). Chronic kidney disease of uncertain aetiology: prevalence and causative factors in a developing country. *BMC Nephrology* volume 14, Article number: 180, 1-10.
- Krüger, M. P.-W. (2014). *Detection of Glyphosate Residues in Animals and Humans*. *Environ Anal Toxicol*. doi:10.4172/2161-0525.1000210
- Lebel, J. (2005). *Salud Un enfoque ecosistemico*. Ottawa, ON, Canadá: Alfaomega.
- Morales-Borrero, C. (2013). ¿Determinación social o determinantes sociales? Diferencias conceptuales e implicaciones praxiológicas. *Revista de Salud Pública · Volumen 15 (6), Diciembre* , 797- 808.

Myers, J. P., Antoniou, M. N., Blumberg, B., & Carroll, L. (2016). *Concerns over use of glyphosate-based herbicides and risks associated with exposures: a consensus statement*. USA: Environ Health, Feb 17;15:19 <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26883814/>.

New Jersey Department of Health, N. (julio de 2008). <https://web.doh.state.nj.us/rtkhsfs/spindexfs.aspx?lan=spanish>. Obtenido de Hoja Informativa sobre sustancias peligrosas. Fosfato de aluminio. New Jersey Right to Know Hazardous Substance List / Lista de Sustancias Peligrosas del Derecho a Saber de New Jersey: <https://web.doh.state.nj.us/rtkhsfs/search.aspx?lan=spanish>

Nieto, P. A. (2015). *Glosario de Epidemiología*. Colombia: Academia Nacional de Medicina de Colombia. .

OMS. (2006). *Organización Mundial de la Salud*. Obtenido de Guías de calidad del aire de la OMS relativas a material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre: http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/69478/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_spa.pdf;jsessionid=FC27D0CDEDC23511D3A1AEB20293FB?sequence=1

OMS. (10 de diciembre de 2014). *Organización Mundial de la Salud*. Obtenido de Lanzado nuevo programa “Una sola salud” para capacitar y empoderar a los profesionales de los sectores de salud, agricultura y medio ambiente: https://www.paho.org/panaftosa/index.php?option=com_content&view=article&id=969:lan-

zado-nuevo-programa-una-sola-salud-para-capacitar-y-empoderar-a-profesionales-sectores-salud-agricultura-y-medio-ambiente&Itemid=504#:~:text=%22One%20Health%E2%80%9D%20(Una

OMS. (mayo de 2018). *Organización Mundial de la Salud*. Obtenido de Contaminación del aire de interiores y salud: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs292/es/>

OMS. (2020). *Organización Mundial de la Salud. Programa Internacional de Seguridad de las Sustancias Químicas*. Obtenido de Plaguicidas altamente peligrosos: https://www.who.int/ipcs/assessment/public_health/pesticides/es/

Rajapakse, S., Shivanthan, M. C., & Selvarajah, M. (2016). Chronic kidney disease of unknown etiology. *Int J Occup Environ Health*, Julio; 22 (3), 259-264.

Romero-Hawley, R. (2019). Asociación entre la exposición a herbicidas en base a glifosato y la enfermedad renal crónica de causas desconocidas. *Universitat de les Illes Balears* <https://dspace.uib.es/xmlui/handle/11201/150220>, 1-9.

Sánchez, J. B., & Subils, M. J. (1988). *INSST, Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, Ministerio del Trabajo y Asuntos Sociales, España*. Obtenido de NTP 143: Pesticidas: clasificación y riesgos principales: https://www.insst.es/documents/94886/326801/ntp_143.pdf/54a0980e-efd8-4f24-ac14-9471a5409745

- Sierra-Diaz, E., Rosa, A. d., Lozano-Kasten, F., Trasande, L., Peregrina-Lucano, A. A., Sandoval-Pinto, E., & Gonzalez-Chavez, H. (2019). Urinary Pesticide Levels in Children and Adolescents Residing in Two Agricultural Communities in Mexico. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 16, 562.
- Singer, M., Bulled, N., Ostrach, B., & Mendenhall, E. (2017). Syndemics and the biosocial conception of health. *The Lancet*, 389, 941- 949.
- Yassi, A. (2002). Salud Ambiental Básica. En A. Yassi, *Salud Ambiental Básica* (págs. 69-136). México: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.

Sobre los autores



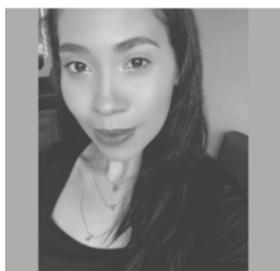
Georgina Vega Fregoso. es doctora en Ciencias Sociales por el Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social (CIESAS Occidente) en la línea de procesos económicos y medio ambiente. Candidata a Investigadora Nacional y participante activa de la Asociación de Estudios Latinoamericanos (LASA). Sus intereses de investigación están centrados, desde la antropología de la salud, en los impactos de la contaminación en la salud ambiental en contextos urbanos y rurales, recuperando una perspectiva de epistemologías de la complejidad y metodologías transdisciplinarias. Ha colaborado en programas y proyectos tanto en el ámbito público como en el sector no gubernamental orientados a la 'intervención social', la educación para adultos y la educación ambiental. Diplomada en Salud Pública por el Instituto Nacional de Salud Pública (INSP). Es Maestra en Ciencias de la Salud Ambiental por la Universidad de Guadalajara.



Felipe de Jesús Lozano Kasten. Doctor en Cooperación y Desarrollo Social por la Universidad de Oviedo, España. Maestría en Salud Pública y Administración de Hospitales en la Escuela de Salud Pública de México. Especialidad en Pediatría Médica y Sub especialidad en Medicina Perinatal Pediátrica. Licenciatura en Medicina por la Universidad de Guadalajara. Actualmente se desempeña como Profesor Investigador Titular B en el Centro Universitario de Ciencias de la Salud de la Universidad de Guadalajara y es Coordinador de la Maestría en Ciencias de la Salud Ambiental por dicho centro. Su proyecto de investigación actual es el estudio de la enfermedad renal en la infancia, en la población que reside en el Lago de Chapala, 2016-2014.



Alejandro Aarón Peregrina Lucano. Químico Farmacobiólogo por la Universidad de Guadalajara con doctorado en Farmacocinética experimental y clínica por la Universidad de Salamanca, España. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores nivel 1, y pertenece al cuerpo académico 500 “Farmacología de productos naturales”, que está Consolidado. Tiene experiencia por 10 años en el uso de la Espectrometría de masas-masas acoplada a Cromatografía líquida, gaseosa y Espectroscopia atómica, en la determinación de fármacos, metabolitos de fármacos, y compuestos exógenos (contaminantes) y metales en sangre, orina, leche humana, cabello alimentos y agua. Con estancias en; el Centro de Control y Prevención de enfermedades (CDC), Atlanta, GA, EUA, en la División de Ciencias de la Salud Ambiental del Departamento de Salud, Wadsworth Center, en Albany, NY, EUA y en el Laboratorio de Análisis de Residuos de Plaguicidas (LARP) de la Universidad Federal de Santa María, Rio Grande del Sur, Brasil.



Andrea Castillo Cuellar. Maestra en Ciencias de la Salud Ambiental por la Universidad de Guadalajara (U de G). Especializada en la línea de epidemiología socioambiental, interesada en estudios transdisciplinarios en comunidades rurales. Haciendo énfasis en el análisis de los modos de vida y en la complejidad del contexto de la cotidianidad de los habitantes de dichas comunidades y sus posibles afectaciones a la salud. Ha colaborado en proyectos multidisciplinarios en salud ambiental, específicamente en la zona del lago de Chapala, Jalisco. Licenciada en Gestión y Economía Ambiental por la U de G.



Horacio Guzmán Torres. Maestro en Ciencias de la Salud Ambiental por la Universidad de Guadalajara. Doctorando en Ciencias de la Salud Pública en la Universidad de Guadalajara. Sus intereses de investigación se enfocan en la salud en comunidades y contaminación ambiental, desde los campos disciplinares de la salud pública y la salud ambiental. Ha colaborado en el sector público como extensionista rural, con organizaciones no gubernamentales como perito ambiental y en proyectos de investigación de salud ambiental infantil comunitaria.

**Análisis de contaminación ambiental y
peligro potencial en salud humana por
neonicotinoides y otros plaguicidas
presentes en miel de abeja
producida en Jalisco.**

Gilda René Ponce Véjar
Silvia Lizette Ramos de Robles

Resumen

El abuso en el uso de plaguicidas para garantizar la producción de alimentos ha sido uno de los principales contaminantes desde la década de los 50 con repercusiones documentadas en la salud ambiental. Actualmente, los más vendidos son los insecticidas neonicotinoides, los cuales son sistémicos, altamente tóxicos y persistentes. El objetivo de este estudio fue determinar su presencia, frecuencia y concentración en los agroambientes de Jalisco a través de la miel de abeja, para conocer el peligro potencial a la salud de las abejas y a la salud humana. Para lograrlo, se recolectaron 30 muestras de miel directamente de apiarios fijos, 14 de ellos ubicados en una zona predominantemente de práctica de agricultura protegida (zona Sur) y 16 apiarios ubicados en zonas de agricultura de temporal (zona Norte). Las muestras fueron analizadas en ppb (ng/g) por el método de LC/ESI-MS/MS. La zona Sur presentó 86% de sus muestras con plaguicidas vs. 44% de la zona Norte. Las muestras en la zona sur presentaron hasta 5 veces mayor concentración de plaguicidas que las de la zona Norte. Las concentraciones encontradas en la miel se encontraron por debajo de los límites máximos residuales (LMR) marcados por la comisión europea. 87.5% de las muestras con imidacloprida estuvieron por arriba de las dosis subletales para las abejas (>0.25 ng/g). Se concluye que, la zona con prácticas tecnificadas en producción de alimentos de tipo agricultura protegida, representa mayor riesgo para la salud de las abejas en comparación con las prácticas de agricultura de temporal, las dosis subletales de imidacloprida (neonicotinoide) encontradas, fueron suficientes para ocasionar daños en la salud de las abejas melíferas, representando a su vez peligro potencial para los ecosistemas y biodiversidad de Jalisco, y por ende a la salud humana.

Introducción

Las estimaciones de crecimiento de la población van en paralelo con la demanda de producción de alimentos agrícolas para cubrir sus necesidades alimentarias, la cual se estima que para el 2050, incremente la producción de alimentos al 50% de lo que es en la actualidad (FAO, 2019). El reto principal que enfrentan los países, es proveer alimentos seguros y nutritivos, básicos para la salud humana. Incluso, es el segundo de los 17 objetivos del desarrollo sustentable, fijados en el 2015: “cero hambre”; lo cual consiste lograr la seguridad alimentaria y mejorar la nutrición, promoviendo la agricultura sustentable para el 2030 (FAO, 2019a).

Generalmente, la mejora en los sistemas de producción alimentaria, van acompañados por pérdidas en la biodiversidad en los ecosistemas agrícolas induciendo a nuevos retos en la salud ambiental. Los impactos asociados a las prácticas de la agricultura moderna, son la pérdida de suelo, la pérdida de hábitats naturales y la pérdida en la salud humana. Ejemplo de sistemas de producción de agricultura moderna, es la denominada agricultura protegida, la cual, es la modificación del entorno natural para lograr un óptimo crecimiento de los cultivos, sin importar el tiempo del año, extendiendo el periodo de producción (Jensen y Malter, 1995) y se realiza bajo diversos tipos de estructuras (invernaderos, macrotúneles, malla sombra) con la finalidad de disminuir las restricciones que impone el medio ambiente, dando así, una garantía a la producción exitosa de los cultivos (SIAP, 2017). Esta necesidad

creciente de incrementar la producción de agroalimentos, genera, entre otras demandas, el uso de plaguicidas, lo cual a su vez, presiona a sus desarrolladores a la búsqueda de compuestos nuevos con mayor versatilidad en su aplicación, de mayor toxicidad a las plagas y sin resistencias generadas por dichos organismos a los plaguicidas. Esta presión ocasiona que los compuestos novedosos sean lanzados al mercado sin estudios y conocimientos suficientes sobre las afectaciones al medio ambiente y a la salud humana. Tal es el caso de los insecticidas de la familia de los neonicotinoides, y es precisamente la presencia de éstos junto con el análisis de los efectos nocivos que pueden representar en los agrosistemas de Jalisco, lo que el presente estudio tuvo como objeto de investigación.

La era de los Neonicotinoides: nuevos riesgos a la salud ecosistémica y humana

En los últimos 40 años, el uso de los carbamatos y organofosforados se había incrementado amenazando a la expuesta vida silvestre por su toxicidad, pero éstos fueron rápidamente superados en su uso a finales de 1990's por unos de mayor toxicidad: los neonicotinoides (Tomizawa y Casida, 2011; Simon-Delso *et al.*, 2015).

Los neonicotinoides, son una clase de insecticidas neuroactivos con propiedades químicas similares a la nicotina; son hasta 10,000 veces más tóxicos que el DDT, además de ser sistémicos y altamente persistentes, pues puede permanecer

más de 1000 días en el suelo (Pisa *et al.*, 2015). Debido a su naturaleza sistémica, los neonicotinoides son absorbidos por las raíces y hojas, a su vez son transportados hacia todos los tejidos de la planta, lo cual, vuelve a planta efectivamente tóxica a insectos herbívoros (Van Der Sluijs *et al.*, 2015), existiendo una exposición crónica tanto para los insectos no diana (como lo es en la *apis mellifera*) (Bonmatin *et al.*, 2015) como para el ser humano al ingerir alimentos con neonicotinoides, puesto que no pueden ser retirados al lavarlos (Taira, 2017).

Hasta ahora, son siete sus moléculas o compuestos activos: acetamiprida, clothianidina, dinotefurán, imidacloprida, nitempyram, thiacloprida y thiametoxam. La imidacloprida, clothianidina y el thiamethoxam, son más tóxicos que la acetamiprida y la thiacloprida (Pisa *et al.*, 2015). Algunos de sus nombres comerciales son: Admire®, Acceleron®, Axcress®, Attendant®, Belay®, Cruiser®, Gaucho®, Nitro Shield®, Poncho® y Trimax Pro® (Johnson y Corn, 2015).

Los neonicotinoides tienen una gran variedad de aplicaciones: agrícolas, ganaderas, uso urbano, doméstico, forestales, veterinarias hasta biocidas como control de plagas en la acuicultura. Se presentan como una opción novedosa y sin la resistencia de plagas, por ser nuevos en el medio ambiente; con diferentes tipos de aplicaciones (revestimiento en semillas, aplicaciones foliares, impregnación de suelo, geles, ampollitas en mascotas, etc.) y dado que inicialmen-

te fueron promovidos como seguros en su manejo y seguros para el consumidor, fueron altamente aceptados. Actualmente son los insecticidas más utilizados alrededor del mundo, junto con el fipronil cuyas características tóxicas son muy similares (Simon-Delso *et al.*, 2015).

El perfil ambiental de este tipo de insecticidas refiere que son altamente persistentes, pues tienen un alto potencial de lixiviación y escorrentía, y son altamente tóxicos para una amplia gama de invertebrados. Por lo tanto, además, los neonicotinoides representan un riesgo significativo para las aguas superficiales y la diversidad de fauna acuática y terrestre que sustentan estos ecosistemas. (Morrisey *et al.*, 2015) así como impactos directos negativos en aves (Addy-Orduna *et al.*, 2018). Además, existe evidencia precisa que este tipo de plaguicidas tiene afectaciones serias en las abejas melíferas pues son los neonicotinoides los causantes de la disminución de abejas en su población a nivel global (Pisa *et al.*, 2017), y en consecuencia del desorden por colapso de colmena (Lu *et al.*, 2012). El impacto negativo de la pérdida de abejas se aprecia más en la biodiversidad agrícola. El rol de los polinizadores es, entre otras cosas, es asegurar la reproducción, mejorar el contenido nutricional de frutas y la dispersión de las plantas, tanto en el ecosistema agrícola como en el ecosistema natural. Otro segundo impacto negativo está en la reducción de la productividad agrícola (Chagnon *et al.*, 2015).

La exposición a neonicotinoides en las abejas es muy ilustrativo, dado que están expuestas desde el inicio y posterior

al temporal de cultivo de manera crónica y aguda: de manera aguda, cuando la abeja está expuesta de forma directa con el uso de los sprays durante el proceso de polinización en las flores, así como el polvo emitido durante la siembra de semillas blindadas (Simon-Delso *et al.*, 2015). (Figura 1)

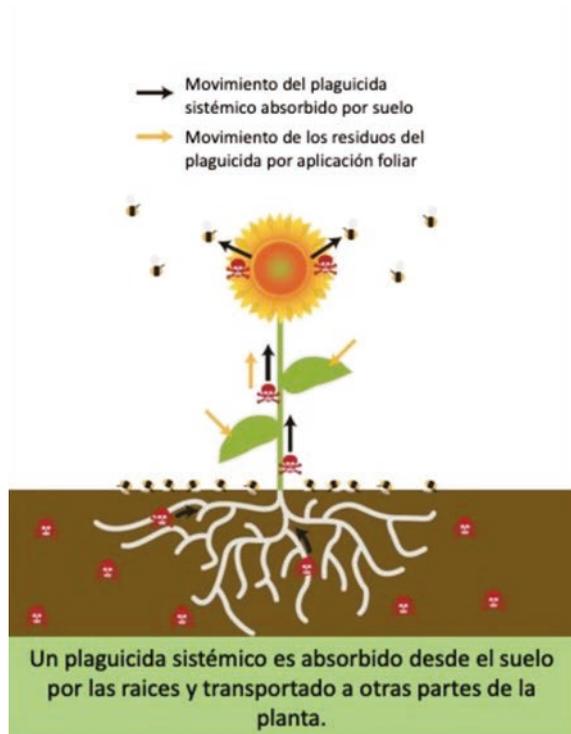


Figura 1. Esquema del funcionamiento de un plaguicida sistémico, como lo son los neonicotinioides.

Fuente: <https://nurturing-nature.co.uk/bumblebees-and-their-ecology/how-friendly-are-bee-friendly-plants-from-garden-centres/>

Su exposición de manera crónica: durante el pecoreo, la abeja al llevar el polen y néctar contaminado lo introducen a su colmena como resultantes en trazas residuales de estos insecticidas, exponiendo e incrementando la toxicidad al resto de individuos que componen la colonia. Sus afectaciones son: perder capacidad de comunicación, aprendizaje, de memoria, reproducción, orientación, movimiento y resiliencia ante enfermedades (Mitchel *et al.*, 2017).

Otros estudios han analizado la presencia de neonicotinoides en alimentos y en agua. Uno de ellos en el periodo 1999-2015 detectó la presencia de estos insecticidas en frutas y verduras, sugiriendo una tendencia en el incremento de acetamiprida, clothianidina y thiamethoxam como reemplazantes a la imidacloprida (Craddock *et al.*, 2019).

Aunado a estas afectaciones del ecosistema es de especial interés analizar el riesgo potencial a la salud humana. Estudios recientes señalan un posible riesgo a la salud humana de exposición a neonicotinoides por ingesta ya que éstos no pueden ser retirados mecánicamente, por ejemplo al lavarse (Taira, 2014). La bioacumulación por el consumo de distintos frutos y vegetales con residuos plaguicidas sistémicos juegan un papel importante en la salud de quien los consumen, siendo los niños la población más vulnerable (Osaka *et al.*, 2016) hay evidencia de que se encuentran presentes en el cuerpo humano (Harada *et al.*, 2016).

En lo que respecta a la imidacloprida, que es el más vendido y utilizado, existen evidencias toxicológicas que comprueban que su genotoxicidad, induce mutagenicidad,

inmunotoxicidad en el neurodesarrollo e inflamación en el sistema nervioso central y en hígado de organismos no blanco. La toxicinética de la imidacloprida muestra que el 13% es excretada en 1.45 días, es afílico, lo cual predice acumulación en el cuerpo, con afinidad moderada a la albúmina y hemoglobina (Ding y Peng, 2015). La alta afinidad a la proteína de la sangre, provoca los efectos agudos, sin embargo, en continua exposición puede verter al órgano receptor nicotínico, donde afecta al sistema nervioso, y daña las uniones neuro-musculares, etc. Adicionalmente, la excreción urinaria podría ser más lenta bajo exposición crónica.

La mayoría de los estudios de los efectos tóxicos potenciales de los neonicotinoides se han realizado en laboratorio de forma *in vitro* e *in vivo*, cuyos resultados muestran toxicología en sistema reproductivo, neurotoxicidad, hepatotoxicidad, inmunotoxicidad, y genotoxicidad, aunque los estudios epidemiológicos sobre la salud humana, aun son limitados (Tiara, 2017, Han, Tian, & Xiaoming, 2018).

Dentro de este contexto y desde el campo de la salud ambiental desarrollamos un estudio exploratorio cuyo objetivo general consistió *determinar la presencia de plaguicidas (neonicotinoides y otros), en la miel de abeja producida en el estado de Jalisco y estimar la posible afectación a la salud humana de manera directa e indirecta así como la posible afectación a la salud de las abejas melíferas.*

Para lo cual fue necesario: a) identificar la presencia, frecuencia y concentración de los siete principales compuestos

de los neonicotinoides y otros plaguicidas en la miel de colonias de colmenas de abejas de 30 municipios de Jalisco ubicados en zonas de agricultura con dos niveles de tecnificación; b) estimar el peligro potencial de los compuestos de los neonicotinoides antes mencionados y los otros plaguicidas en la salud humana.

Metodología

El trabajo se realizó en el estado de Jalisco, localizado en la parte centro – occidente de México, el territorio se extiende en 80.38 kilómetros cuadrados y es la cuarta entidad federativa más desarrollada en cuanto a sus actividades económicas, culturales y comerciales.

El diseño de la investigación fue de tipo descriptivo-transversal. Las muestras de miel se recolectaron de colmenas fijas de apiarios ubicadas en 30 municipios del estado de Jalisco, durante Abril, Mayo y Junio del 2018.

Basado en las toneladas en producción agrícola reportada en cada municipio (SIAP, 2019 e INEGI, 2018) y según los tipos de agricultura practicados en la entidad y a conveniencia del estudio, se hizo una división del estado en dos grandes zonas: zona Norte y zona Sur (Figura 3.4). La zona Norte se caracteriza por contar con mayor superficie en producción de temporal durante el año 2017 (SIAP, 2019a) y La zona Sur, con mayor tonelaje en producción de agricultura protegida, del mismo año (INEGI, 2018).

En la Figura 2 se resumen y esquematizan las actividades realizadas para la obtención de las muestras, de los resultados y la forma en que se determinó analizar el peligro potencial a salud humana y salud de las abejas.

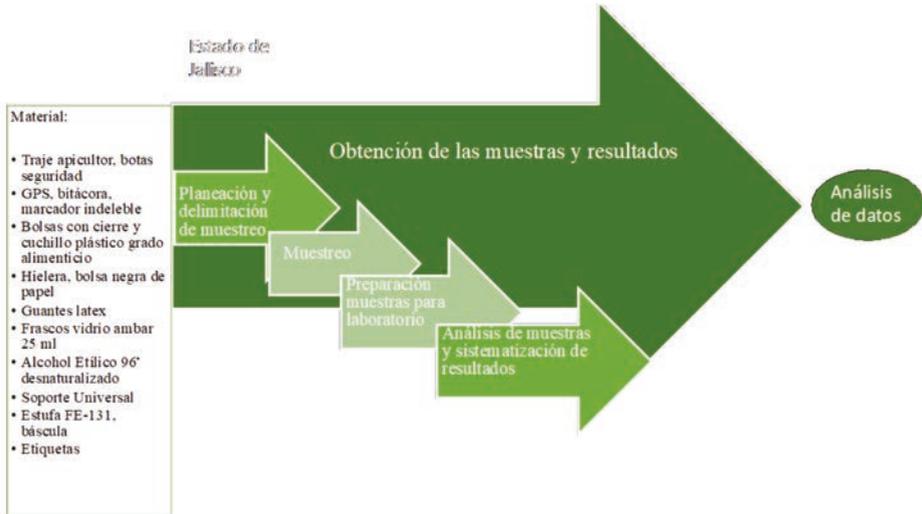


Figura 2. Flujo de actividades para la obtención y análisis de las muestras de miel en 30 municipios de Jalisco, México.

Las muestras se obtuvieron de manera probabilística y aleatoria simple en la elección de la colmena en el momento de la toma, correspondiendo 14 apiarios en la zona Sur (caracterizado por mayor producción con uso de la agricultura protegida) y 16 apiarios en la zona Norte (mayor superficie de agroproducción de temporal). Los municipios elegidos para el presente estudio, con su respectiva zona, y cantidad de miel producida en 2016, se enlistan en la Figura 3.

Zona Norte			Zona Sur		
Municipio	Región	Miel producida 2016 (Ton)	Municipio	Región	Miel producida 2016 (Ton)
Huejúcar	Norte	13.674	Tonaya	Sierra de	44.6
Colotlán		4.65	Autlán	Amula	4.6
Encarnación Díaz	Altos Norte	266.4	Mascota	Sierra Occidental y Costa Norte	48.5
San Juan de los Lagos		59.55	Talpa de Allende		4.821
Teocatiche		5.56	Atenguillo		1.25
Lagos de Moreno		150.3	Tomatlán		0.8
Tepatitlán	Altos Sur	23.32	La Huerta	Costa Sur	2.3
Yahualica		22.6	Zapotitlic	Sur	536.95
Tlajomulco	Centro	15.89	Zapotlán El Grande		384.73
Zapotlanejo		50.8	Tecalitlán		44
Zapopan		0.65	Pihuamo		72
Jamay	Ciénega	835.94	Concepción de Buenos	Sureste	11.06
Atotonilco	Valles	60.8	Tapalpa	Lagunas	0.322
Tequila		6.05	Sayula		31.89
Etzatlán		18.428			
Cocula		19.46			

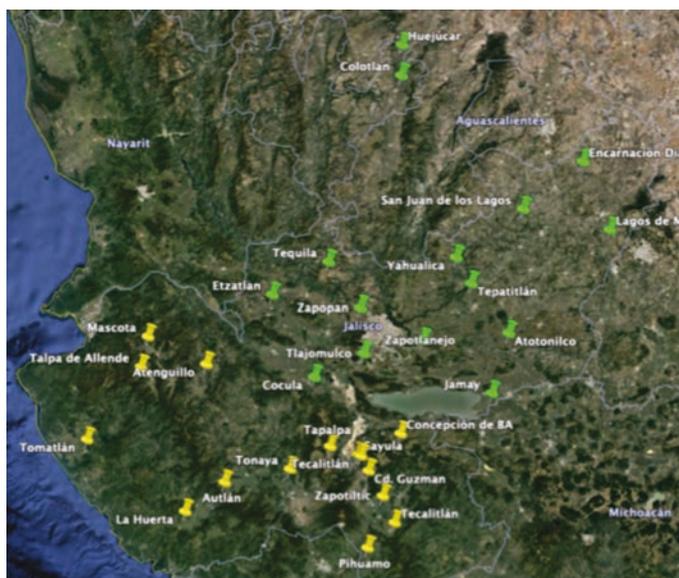


Figura 3. Municipios muestreados y su producción de miel en el año 2016.

Fuente: Elaboración propia con datos del SIAP 2017 y de Secretaría General de Gobierno del Estado de Jalisco

Criterios de inclusión: Miel de las alzas de colmenas fijas en apiarios ubicados en los municipios mostrados en la Figura 3, sin que fueran alimentadas artificialmente. Criterios de exclusión: Miel de apiarios que provengan de 2 o más municipios del Estado de Jalisco o de otra entidad diferente a Jalisco durante su producción y/o miel proveniente de colmenas móviles y/o de colmenas con alimentación artificial.

Toma de muestras y envío a laboratorio

En cada caso, se estableció contacto con el apicultor de cada municipio y se acudió al apiario de su propiedad. Una vez en el apiario, se anotó la georreferenciación y se llevó el registro de los datos. Se obtuvo una sección de miel operculada (10 x 10 cm) aproximadamente, utilizando el cuchillo; el panal cortado se sujetó con la bolsa de plástico rotulada, evitando contaminación por contacto con el guante. La bolsa era cerrada y colocada dentro de bolsa de papel negra; posteriormente se guardó dentro de una hielera de unicel para su transporte.

Las muestras de miel fueron transferidas a 30 viales de vidrio oscuro, identificados y con tapadera de rosca para contener al menos 5 gramos de miel por muestra, suficientes para realizar los análisis de plaguicidas. Con la finalidad de evitar contaminación cruzada, previamente, los frascos se limpiaron con alcohol etílico de 96° y secados a 70°C durante una hora en una estufa FE-131 en el laboratorio de Ciencias de la Salud Ambiental del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, de la Universidad de Guadalajara.

Análisis de muestras

Las muestras de miel fueron enviadas al Laboratorio de Agricultura y Alimentos de la Universidad de Guelph, Ontario, Canadá y analizadas conforme al método de Wang y Leung (2009) denominada “Determinación de 142 plaguicidas por cromatografía líquida/espectrometría de electrospray en masas de ionización-tándem y estimación de de la medida de incertidumbre”. (LC/ESI-MS-MS por sus siglas en inglés).

Sistematización de resultados.

Los resultados se catalogaron según la base de datos de la Red de Acción para Plaguicidas de Norte America (PAN, por sus siglas en inglés) (PAN, 2018). La estadística descriptiva fue utilizada para analizar la frecuencia y concentración de los plaguicidas, y mediante la prueba de χ^2 fueron comparadas dichas frecuencias dentro y entre las zonas de diferentes niveles de tecnificación agrícola. La concentración de los diferentes plaguicidas detectados fueron comparados entre las dos zonas sometiendo los datos a la prueba de Wilcoxon. Todos los datos fueron procesados en el programa R, versión 3.3.1 con un nivel de significancia de < 0.05 .

Método de análisis del peligro potencial a la salud humana por ingesta

Los resultados de las muestras fueron comparadas con los Límites Máximos Residuales (LMR) que establece la Comisión

Europea (CE) como regulación hacia el cuidado y vigilancia en las trazas residuales de plaguicidas que pueden encontrarse y tolerarse en la miel de abeja para el consumo humano (CE, 2018).

Método de análisis sobre peligro potencial a la salud de las abejas melíferas

Dadas las características de toxicidad de los compuestos de los neonicotinoides, las dosis subletales de éstos son las que se consideraron como referencia de peligrosidad, en específico de la imidacloprida, pues según el estudio realizado por Mitchell *et al.*, (2017), donde cita a Williamson y Wright (2013), documentan que una concentración de solo 0.256 ppb es capaz de afectar la memoria de corto y mediano plazo, así como la memoria inmediata de largo plazo de las abejas melíferas.

Resultados

Bajo el método de detección utilizado, en 19 de las 30 muestras se registró la presencia de plaguicidas (63%) y en las 11 muestras restantes (37%), no fue detectado ningún tipo de plaguicida. Se detectaron dos de los siete neonicotinoides en cuestión (acetamiprida e imidacloprida).

Frecuencia de plaguicidas detectados en muestras de miel de abejas en el estado de Jalisco

Se encontraron un total de 14 plaguicidas. Los dos plaguicidas más frecuentemente encontrados fueron la imidacloprida y el cumafós (27% de las muestras), y los menos frecuentes fueron el formetanate, monocrotofos, acefate, boscalid y fenhexamid (3-7%). Imidacloprida y cumafós fueron significativamente más frecuentes que los demás plaguicidas (Tabla 1).

Estado	Tipo	Clasificación	Compuesto	N	N (+)	N (-)	Frecuencia	X ^{2*}
Jalisco	Insecticida	Neonicotinoide	imidacloprida	30	8	22	27%	
	Insecticida	Neonicotinoide	acetamiprida	30	4	26	13%	0.93
	Insecticida	Metil-Carbamato	formetanate	30	1	29	3%	4.79***
	Insecticida	Organofosforado	metamidofos	30	4	26	13%	0.93
	Insecticida	Organofosforado	cumafos	30	8	22	27%	0
	Insecticida	Organofosforado	monocrotofos	30	2	28	7%	4.7**
	Insecticida	Organofosforado	dimethoate	30	6	24	20%	0.09
	Insecticida	Organofosforado	omethoate	30	3	27	10%	1.78
	Insecticida	Organofosforado	acefate	30	1	29	3%	4.79***
	Fungicida	Carbamate	propiconcarb	30	4	26	13%	0.93
	Fungicida	Benzimidazole	carbendazim	30	4	26	13%	0.93
	Fungicida	Anilida	boscalid	30	1	29	3%	4.79***
	Fungicida	Anilida	fenhexamid	30	1	29	3%	4.79***
	Herbicida	Urea	diuron	30	3	27	10%	1.78

* Las comparaciones entre los compuestos se hicieron siempre en relación a la frecuencia de imidacloprida

** Valores significativos ($p < 0.05$)

Tabla 1. Frecuencia de plaguicidas detectados en muestras de miel de colonias de abejas melíferas en el estado de Jalisco, México.

Hubo una diferencia significativa en la frecuencia de plaguicidas detectados entre las dos zonas; en la zona Sur, el 86% de las muestras resultaron con presencia de plaguicidas y en la zona Norte, el 44% de las muestras fueron positivas a plaguicidas (Tabla 2).

Tabla 2. Comparación en frecuencia de presencia de plaguicidas entre la zona Norte y Sur de Jalisco.

Donde N(-) = número de muestras sin detección de plaguicidas; N(+) = número de muestras con presencia de plaguicidas, mediante la prueba estadística de χ^2

	Zona Norte de Jalisco	Zona Sur de Jalisco	χ^2
N (-)	9	2	17.08 p < 0.05
N (+)	7	12	
% con plaguicidas	44%	86%	

De los 14 plaguicidas encontrados, 9 de ellos estuvieron presentes en la zona Norte y 13 en la zona Sur. Los compuestos de los plaguicidas más frecuentemente observados en la zona Norte fueron el dimethoate y cumafós (19%) y los menos frecuentes fueron monocrotofos, acefate, carbendazim y diurón (6%). Se comparó la frecuencia del cumafós contra la frecuencia del resto de los plaguicidas presentes en la zona Norte, sin encontrarse diferencia significativa. En la zona Sur, el plaguicida más frecuentemente observado fue la imidaclo-

prida (43%) y los menos frecuentes fueron formetanate, monocrotofos, omethoate, boscalid y fenhexamid (7%). Estos cinco últimos con diferencia significativamente menor en su frecuencia en comparación con la frecuencia observada para la imidacloprida.

Al comprar las frecuencias de los compuestos de los plaguicidas entre la zona Norte y la zona Sur, se encontró que existe diferencia significativa en la acetamiprida y propamocarb entre las dos Zonas.

Concentraciones de plaguicidas detectados en muestras de miel de abejas en el estado de Jalisco

14 plaguicidas presentes fueron analizados, mostrando concentraciones variables entre ellos. Las concentraciones más altas correspondieron al formetanate y a la acetamiprida. Las más bajas correspondieron al omethoate y al propamocarb. Las medias de los valores fueron determinados entre todos los valores de las muestras (N=30) (*Figura 4*).

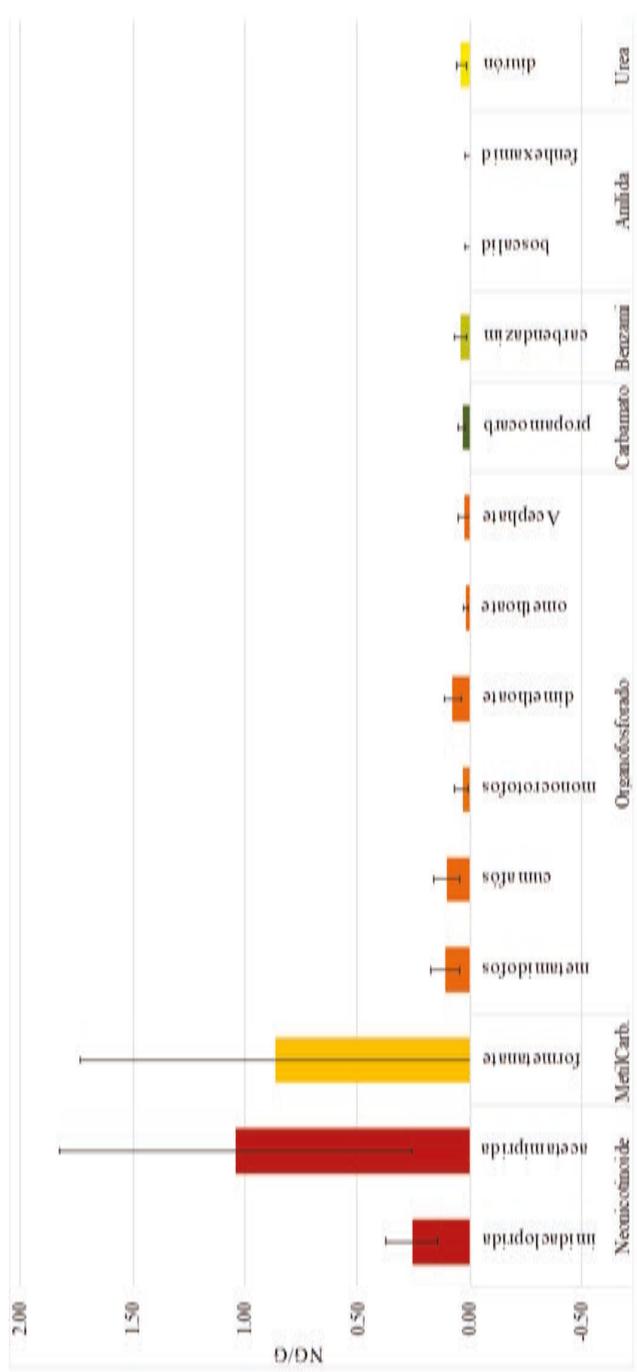


Figura 4. Valores medios y EE de concentraciones de residuos de plaguicidas detectados en muestras de miel colectadas de colonias de abejas melíferas en el estado de Jalisco, México (N=30).

Las concentraciones de los diferentes plaguicidas detectados en las muestras de miel variaron por compuesto y por zona; los compuestos con concentraciones más altas en la zona Norte, fueron la imidacloprida y dimethoate, mientras que, en la zona Sur, los compuestos más altos fueron el formetanate y acetamiprida. En general, las concentraciones de los compuestos fueron mayores en la zona Sur que en la zona Norte. Por ejemplo, la concentración de imidacloprida y del cumafós en la zona Sur, fueron al menos tres veces mayores que en la zona Norte (Figura 5).

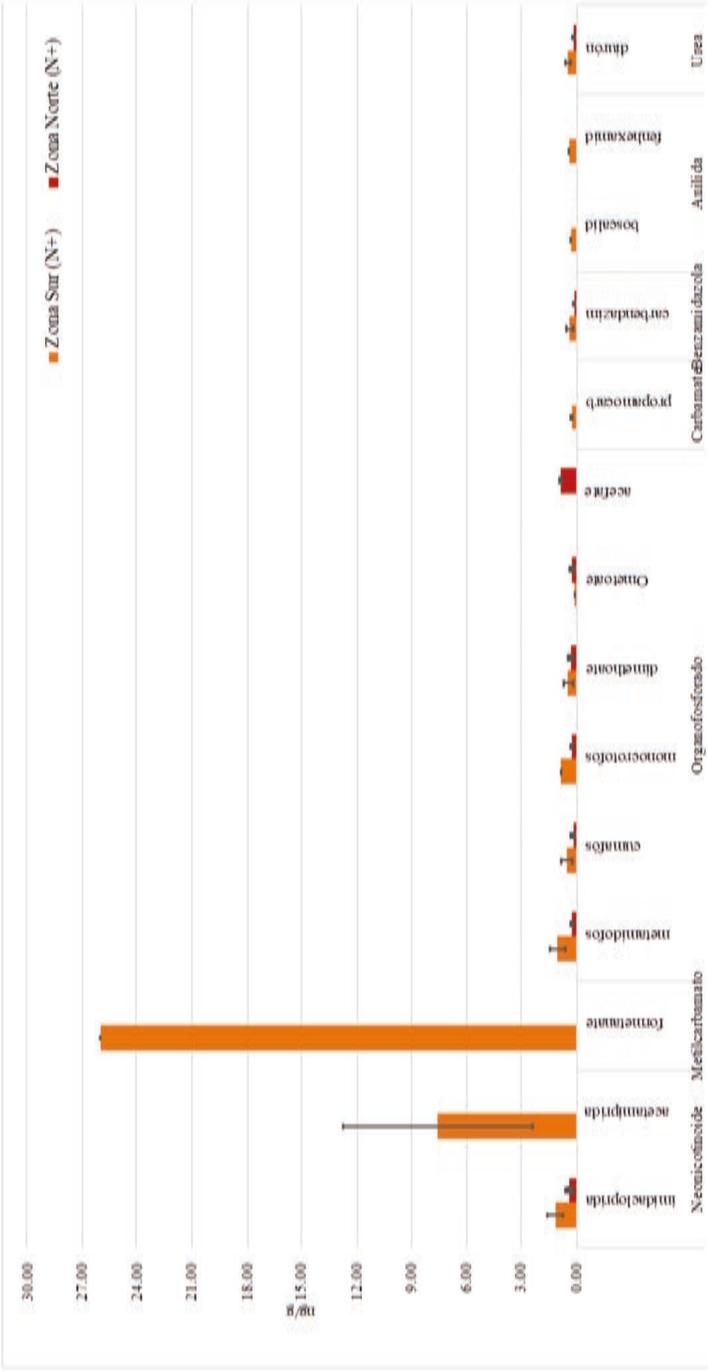


Figura 5. Promedios y EE de las concentraciones de residuos de plaguicidas detectados en muestras de miel de colonias de abejas melíferas en zona Norte y Sur de Jalisco, México.

Estimación del peligro potencial de la presencia de plaguicidas en muestras de miel de abejas del estado de Jalisco a la salud humana

Las concentraciones de todos los compuestos se encontraron por debajo del LMR establecido para cada uno de ellos. Las concentraciones máximas encontradas, de cada compuesto con relación al LMR (línea roja) se muestran en las Figura 6.

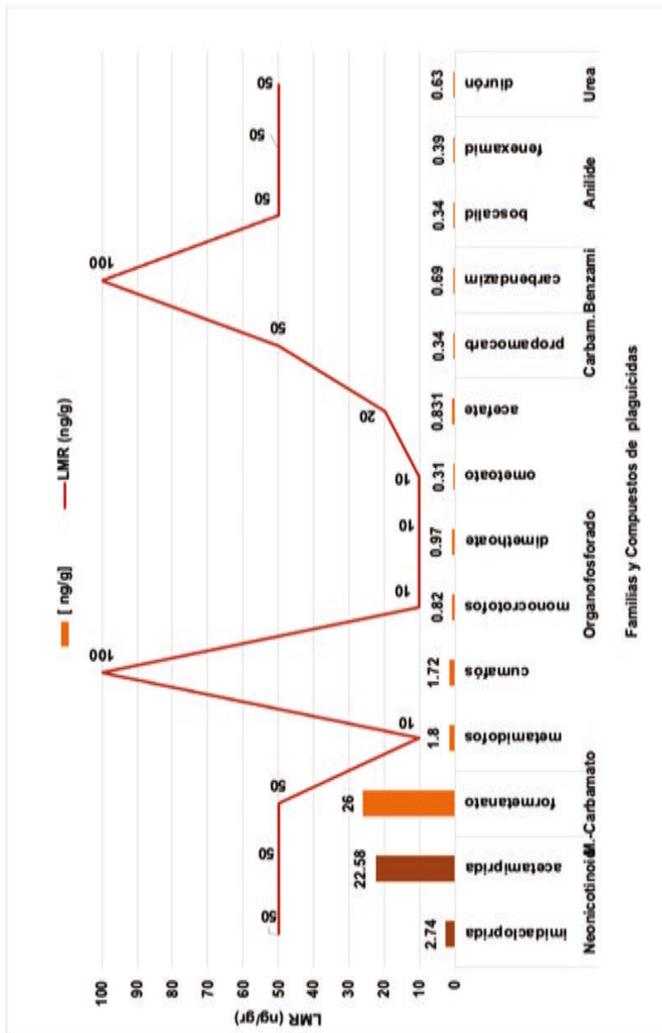


Figura 6. LMR por compuesto según máximo valor presente en cada muestra.

Estimación del peligro potencial de la presencia de plaguicidas en las muestras de miel de abejas de Jalisco a la salud de las abejas melíferas.

El 87.5% de las muestras con imidacloprida, presentaron concentraciones por encima a las dosis sub letales para las abejas (Figura 7).

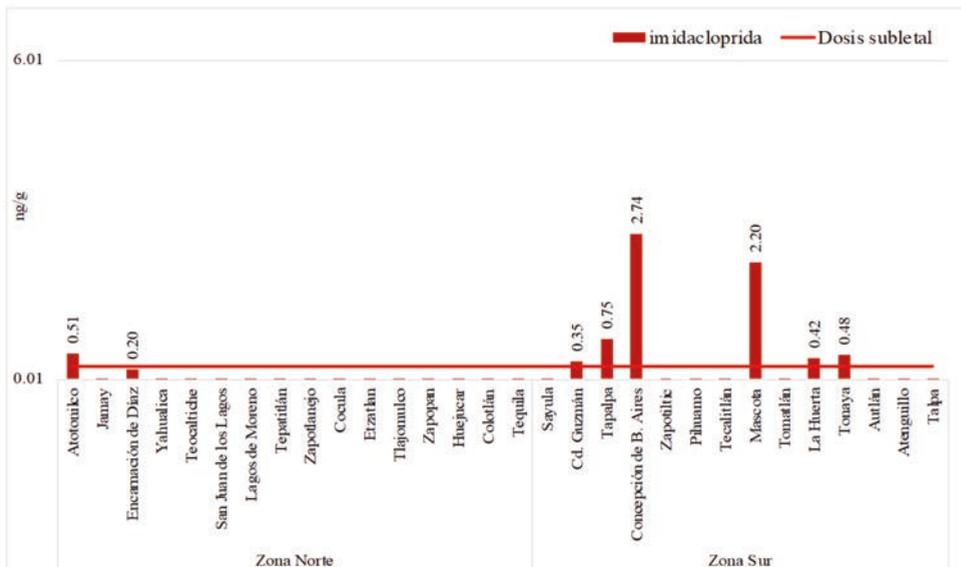


Figura 7. Concentraciones de imidacloprida presentes en muestras de miel colectadas de colonias de abejas melíferas en 30 municipios de Jalisco, México y comparadas a la dosis subletal para las abejas (Williamson y Wright., 2013. Citado en Mitchell *et al.*, 2017).

Discusión

Los plaguicidas más frecuentemente encontrados en las muestras de miel en las 30 muestras del estado de Jalisco fueron los de las familias de neonicotinoides y organofosforados, siendo la imidacloprida, cumafós y el dimethoate los más frecuentes. La acetamiprida fue el otro neonicotinoide detectado y el cuarto en frecuencia. Estos cuatro insecticidas tienen acción neurotóxica (Legocki y Pollec, 2008). Cabe destacar que el cumafós es un acaricida organofosforado utilizado por los apicultores para el control de la varroa, por lo tanto es probable un plaguicida introducido por la misma actividad.

Al comparar las frecuencia de los plaguicidas entre la zona Norte, caracterizada por contar con mayor superficie de agricultura de temporal, contra la zona Sur, predominantemente con producción agrícola protegida e intensiva, se observó que la frecuencia de los plaguicidas en la zona Sur fue significativamente más alta que en la zona Norte (86% vs. 44%), con mayor mezcla de plaguicidas (13 de los 14 encontrados), cuyas concentraciones de plaguicidas fueron de 0.5 a 5 veces mayores que en la zona Norte. Esto se debe muy probablemente a que en la zona Sur hay campos de cultivos de ambientes controlados y de huertos frutales donde se usan más plaguicidas que en ecosistemas agrícolas de temporal. Es decir, la exposición a neonicotinoides y otros plaguicidas en Jalisco obedece principalmente al uso de suelo de ambientes agrícolas tecnificados, cuya producción continúa es de productos tendenciales hacia el consumo en mercado

internacional y nacional, como lo es el aguacate, cítricos y berries (SIAP, 2019).

Peligro potencial de los *neonicotinoides* para la salud humana

De los 14 plaguicidas detectados en las muestras de miel, siete están clasificados como plaguicidas altamente peligrosos, ya sea por su toxicidad aguda o crónica al humano según criterios de Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Agencia estadounidense de protección al ambiente (EPA, por sus siglas en inglés) (PAN, 2015). Los estudios de sobre la imidacloprida, señalan que puede tener efectos reproductivos, mutagénicos, teratogénicos y con afectación en tiroides, es decir, altamente peligrosa si nos apegamos a los criterios seguidos por PAN.

Los resultados no solo demostraron la presencia de imidacloprida y acetamiprida, sino que además estos compuestos se encontraron principalmente combinados con varios plaguicidas organofosforados, situación que pudiera incrementar el riesgo de efectos adversos. Estudios recientes, señalan a estos dos compuestos como los neonicotinoides que presentan los mayores efectos adversos de los 7 neonicotinoides conocidos, principalmente por sus efectos genotóxicos y citotóxicos (Stocker *et al.*, 2004. Citado en White, 2015). Además, se ha demostrado que la imidacloprida y la acetamiprida pueden causar efectos neurotóxicos y hepatotóxicos en ratones y ratas (Han *et al.*, 2018), así como efectos similares a los producidos por la nicotina en células neonatales de ratas, sugiriendo ser causantes de autismo, retraso mental y parálisis cerebral en niños (Kimura-Kuroda *et al.*, 2012). La mayoría de los estudios

concluyen con la necesidad de realizar más estudios globales y epidemiológicos, pues aún no hay estudios contundentes de las afectaciones de los neonicotinoides en la salud humana, pues hasta ahora las pruebas han sido en modelos de laboratorio (como ratones) y pocos los de corte epidemiológico (Taira, 2017). La escases de este corte de estudios, no permite catalogarlos como dañinos (Tennekes *et al.*, 2013. Citado en White, 2015), por lo que es probable que es por esto, en países como Estados Unidos, Canadá y Nueva Zelandia, los neonicotinoides aún no figuran como regulación a los LMR de sus alimentos.

Los LMR son establecidos con la finalidad de proteger a la población, considerando a todos los grupos de consumidores como bebés, niños y vegetarianos, basado en la toxicidad del plaguicida y vigilado por la Autoridad Europea en Seguridad Alimenticia (CE, 2008). Las concentraciones de plaguicidas en las muestras de nuestro estudio se encontraron por debajo del límite de tolerancia, por lo que aparentemente no hay un riesgo inminente a la salud humana por la sola ingesta de la miel.

Por otro lado, al revisar la información toxicológica contenido en una Hoja de Seguridad de Materiales (HDS) de un plaguicida que contiene imidacloprida realizada por una empresa privada (Bayer, 2016), la descripción de los daños toxicológicos a la salud no coinciden con los resultados de las investigaciones recientes, es decir, incluyen leyendas como “la imidacloprida no es mutagénico, ni genotóxico, basado en la evidencia global de una serie de pruebas in vivo e in vitro”. En consecuencia, suponemos que quienes elaboran este tipo de documentos desconocen las evidencias científicas de los estudios recientes o no les conviene reconocerlas por razones

comerciales. En este mismo documento se observa nula información en el apartado de “información ecológica” sobre las toxicidades a las abejas, además de no proveer información de la persistencia natural de la imidacloprida.

Esto genera desconocimiento por parte de los usuarios sobre los impactos reales de estos compuestos, ocasionando un uso negligente, lo cual incrementa la exposición hacia éstos, y si se convierte en una exposición lo suficientemente alta, pudiera generar un peligro químico con la potencialidad de causar un efecto adverso, convirtiéndose en un peligro potencial para dañar la salud de los humanos (Martín-Olmedo *et al.*, 2016).

Peligro potencial a la salud de las abejas melíferas

De los 14 plaguicidas detectados, seis de ellos (imidacloprida, metamidofos, monocrotofos, dimethoate, omethoate y acefate) están clasificados como plaguicidas altamente peligrosos, por ser muy tóxicos a las abejas, según clasificación de EPA, donde la DL_{50} es menor a $2\mu\text{g}/\text{abeja}$ (PAN, 2015), es decir, la DL_{50} es menor a $2000\text{ ng}/\text{abeja}$. La EPA deberá actualizar sus criterios y regulaciones de toxicidad para ajustar DL_{50} a dosis nanométricas, puesto que la clothianidina, fipronil, imidacloprida y thiametoxam, presetan $DL_{50} < 5\text{ ng}/\text{g}$. En el catálogo de plaguicidas de la Comisión Federal de Protección de Riesgos Sanitarios (COFEPRIS), cuatro de los plaguicidas detectados, están clasificados como altamente peligrosos para las abejas (imidacloprida, monocrotofos, acefate, diurón) y tres de ellos como extremadamente peligroso en abejas (metamidofos,

dimethoate y omethoate) (COFEPRIS, 2016).

Las concentraciones de imidacloprida encontradas fueron lo suficientemente altas como para causar afectaciones crónicas en la salud de las abejas de acuerdo con el estudio realizado por Mitchell *et al.*, (2017). Tanto la zona Norte como la Sur presentaron promedios de concentraciones por arriba de los límites subletales para las abejas, lo cual demuestra un peligro potencial dada la sensibilidad de las abejas, aunado a que la mayoría de las muestras con este compuesto de neonicotinoides estuvo mezclado con organofosforados, fungicidas y herbicidas.

Lo anterior sugiere que las abejas se encuentran expuestas a varios compuestos químicos en Jalisco, lo que puede ser un riesgo para los sistemas de biodiversidad agrícola y natural, además de representar un peligro en rubros de seguridad alimenticia, afectando indirectamente a la salud humana a mediano plazo (Chagnon *et al.*, 2015).

Este estudio es de gran aportación para describir los riesgos y amenazas a que la abeja y demás polinizadores están expuestos en el estado de Jalisco, pues al poder tener resultados en concentraciones de ng/g permite identificar la presencia de los neonicotinoides en el ambiente, y catalogarlos como uno de los principales contribuyentes en la disminución de los polinizadores y abejas, tal cual sucede en diversas regiones del mundo (Mitchell *et al.*, 2017), siendo eminente el peligro potencial que representa para los servicios ecosistémicos.

Conclusiones

La presente investigación detectó la presencia de plaguicidas persistentes y sistémicos, (neonicotinoides, organofosforados, carbamatos, benzamidazolas, anílicos y compuestos de urea) en la miel de abeja producida en el estado de Jalisco y estimó la afectación a la salud humana de manera directa e indirecta a través de la afectación a las abejas melíferas, siendo la miel un buen medio para determinar presencia de contaminantes en el ambiente.

A manera de síntesis, se presentan las siguientes conclusiones:

- Se detectó la presencia de 2 compuestos de neonicotinoides, imidacloprida y acetamiprida, así como de otros 12 plaguicidas (formetanate, metamidofos, cumafós, monocrotofos, dimethoate, omethoate, acefate, propamocarb, carbendazim, boscalid, fenhexamid y diurón) en concentraciones de ng/g en las muestras de miel. Lo anterior demuestra que es necesario medir la contaminación en niveles de ppb o ng/g para poder realizar estimaciones de impactos objetivos y sus afectaciones en la salud de los polinizadores en los ecosistemas y sus implicaciones en la salud humana.
- En el análisis comparativo por zonas, la zona Sur del estado de Jalisco resultó con mayor peligro potencial en comparación con la zona Norte. En consecuencia, la zona Sur representa más riesgo por contar con mayor cantidad, frecuencia y concentración de plaguicidas. Esto puede ser debido a que esta zona se caracteriza por contar con mayor producción de alimentos con cultivos tecnificados y

controlados. En este sentido, se plantea que las prácticas modernas de agricultura incrementan los niveles de contaminantes.

- Las muestras de miel de abeja obtenidas para este estudio se consideran aptas para consumo y sin peligro potencial para la salud humana por su ingesta, pues la presencia de acetamiprida e imidacloprida y otros 12 plaguicidas en la miel, no supera los LMR establecidos en los estándares de la Unión Europea. No obstante, si a través de investigaciones, se confirman daños a la salud humana con bajas dosis y exposición, los LMR establecidos hasta el momento pudieran disminuir. Eso implicaría que las concentraciones encontradas en este estudio pudieran representar un riesgo a la salud humana.

- Este estudio da cuenta sobre el estresor químico al que las abejas se encuentran expuestas por la imidacloprida y otros cinco plaguicidas considerados como altamente peligrosos para su salud, representando un riesgo para la actividad apícola, lo cual explica los problemas enfrentados en la producción de miel como en las colonias melíferas, para los servicios de polinización y a su vez, para el mantenimiento del sistema agroalimentario y de la biodiversidad del estado de Jalisco.

- Es necesario que sean aplicados y respetados los criterios de toxicidad de los plaguicidas bajo la denominación de “peligros para los servicios ecosistémicos”, es decir, con base en la toxicidad en abejas. Por lo tanto, los plaguicidas deben tener mayor regulación y restricción en su uso, además de homologar y difundir información sobre las afectaciones que ocasionan a la salud, con criterios desde la perspectiva de “Una sola salud”.

Referencias Bibliográficas

- Addy-Orduna, L., Brodeur, J., y Mateo, R. (2018). Oral acute toxicity of imidacloprid, thiamethoxam and clothianidin in eared doves: A contribution for the risk assesment of neonicotinoids in birds. *Science of the Total Environment*, 650, 1216-1223.
- Bayer. (2016). Hoja de datos de seguridad de Temprid SC. Disponible en: <https://www.environmentalscience.bayer.mx/-/media/prf-mexico/new-images/new-msds/temprid-sc.ashx>
- Bonmatin, JM., Giorio, C., Girolami, V., Goulson, D., et al., (2015). Environmental fate and exposure; neonicotinoids and fipronil. *Environmental Science and Pollution Research*, 2015 (22), 35-67. doi 10.1007/s11356-014-3332-7.
- CE. (2018). Niveles máximos de residuos. Disponible en: https://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/max_residue_levels_en.
- Chagnon, M., Kreutzweiser, DP., Mitchel, EAD., Morrisey, CA., et al., (2015). Risk of large-scale use of systemic insecticides to ecosystem functioning and services. *Environmental Science and Pollution Research*. doi: 10.1007/s11356-014-3277-x.
- COFEPRIS (2016). Catálogo de plaguicidas. Disponible en: <http://www.cofepris.gob.mx/AZ/Paginas/Plaguicidas%20y%20Fertilizantes/CatalogoPlaguicidas.aspx>
- Craddock, H.A., Huang, D., Turner, P., Quirós-Alcalá, L., y Payne-Sturges, D. (2019). Trends in neonicotinoid pesticide residues in food and water in the United States, 1999–2015. *Environmental Health* 18, 7 (2019). <https://doi.org/10.1186/s12940-018-0441-7>
- Ding, F., y Peng, W. (2015). Biological assessment of neonicotinoids imidacloprid and its major metabolites for potentially human health using globular proteins as a model. *Journal of photochemistry and photobiology*, 134: 24-36. <https://doi.org/10.1016/j.jphotochem.2015.05.001>

org/10.1016/j.jphotobiol.2015.03.010

- FAO. (2019). The State of the World's Biodiversity for Food and Agriculture. Belanger, J. y Pilling, D. (eds). Roma, Italia: FAO commission on genetic resources for Food and Agriculture Assessments.
- FAO. (2019a). Objetivo estratégico "cero hambre". Consultado el 18/ Julio/2019. Disponible en: <http://www.fao.org/sustainable-development-goals/goals/goal-2/en/>.
- Han, W., Tian, Y. y Shen, X.. (2018). Human exposure to neonicotinoid insecticide and the evaluation of their potential toxicity: An overview. *Chemosphere*, 192: 59-65.
- Harada KH, Tanaka K, Sakamoto H, Imanaka M, Niisoe T, Hitomi T, et al. (2016). Biological Monitoring of Human Exposure to Neonicotinoids Using Urine Samples, and Neonicotinoid Excretion Kinetics. *PLoS ONE* 11(1): e0146335. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0146335>
- INEGI. (2018). Encuesta Nacional Agropecuaria. Superficie cultivada y producción de cultivos anuales por entidad. Producción de Agricultura protegida por entidad. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/programas/ena/2017/default.html#Tabulados>.
- Jensen, MH., y Malter AJ. (1995). *Protected Agriculture a Global Review*. Disponible en: <https://books.google.com.mx/books?hl=es&lr=&id=FlegHGD6bWc&oi=fnd&pg=PR7&dq=protected+agriculture&ots=upB1CtpdpB&sig=yE474AytGuWFEoWS0AjnVP-gmahM#v=onepage&q=protected%20agriculture&f=false>.
- Johnson, R. y Corn, ML. (2015). Bee Health: the role of pesticides. En Weaver, C. (Ed.), *Bee Health*. (pp.47 - 60). New York, EUA: Nova Science Publishers.

- Kimura-Kuroda, J., Komuta, Y., Kuroda, Y., Hayashi, M. y Kawana, H. (2012) Nicotine Like Effects of the Neonicotinoid Insecticides Acetamiprid and Imidacloprid on Cerebellar Neurons from Neonatal Rats. *PLoS ONE*. 7(2): e32432. doi:10.1371/journal.pone.0032432.
- Legocki, J. y Polec, I. (2008). Contemporary trends in development of active substances possessing the pesticidal properties: neonicotinoids insecticides. *Pestycydy* (1-2), 143-159.
- Lu, C., Warchol, K., y Callahan, R. (2012). In situ replication of honey bee colony collapse disorder. *Bulletin of Insectology*, 65, 99-106.
- Martín-Olmedo, P., Carroquino-Saltó, MJ. y Ordóñez-Iriarte, JM. (2016). *La Evaluación de riesgos en salud. Guía metodológica. Aplicaciones prácticas de la metodología de Evaluación de riesgos en salud por exposición a químicos*. Madrid, España: Sociedad Española de Sanidad Ambiental.
- Mitchell, EAD., Mulhauser, B., Mulot, M., Mutabazi, A., Glauser, G., y Aebi, A. (2017). A worldwide survey of neonicotinoids in honey. *Science*, 358 (6359), 109-111. doi: 10.1126/science.aan3684.
- Morrisey, C., Mineau, P., Devries, J., Sanchez-Bayo, et al.,. (2015). Neonicotinoid contamination of global surface waters and associated risk to aquatic invertebrates: A review. *Environment International*, 74, 291-303.
- Nurturing Nature. (2013) Esquema de funcionamiento de plaguicidas sistémicos en plantas. Disponible en: <https://nurturing-nature.co.uk/bumblebees-and-their-ecology/how-friendly-are-bee-friendly-plants-from-garden-centres/>.
- Osaka, A., Ueyama, J., Kondo, T., Nomura, H., Sugiura, Y., & Saito, I. (2016). Exposure characterization of three major insecticide lines in urine of young children in Japan—neonicotinoids,

organophosphates, and pyrethroids. *Environmental Research*, 147, 89-96.

PAN. (2015). Lista de plaguicidas altamente peligrosos de PAN Internacional. Disponible en: https://www.uccs.mx/images/library/file/externos/HHP_Lista_PAN_2015corr.pdf.

PAN (2018). Disponible en: <http://www.pesticideinfo.org>.

Pisa, L., Amaral-Rogers, V., Belzunces, LP., Bonmatin, JM., Downs, C., et al., (2015). Effects of neonicotinoids and fipronil on non-target invertebrates. *Environmental Science and Pollution Research*. doi:10.1007/s11356-014-3471-x.

Pisa, L., Goulson, D., Yang, E., Gibbons, D., et al., (2017). An update of the Worldwide Integrated Assessment on systemic insecticides. Part 2: impacts on organisms and ecosystem. *Environmental Science and Pollution Research*. doi 10.1007/s11356-017-0341/-3.

SIAP (2017). Agricultura protegida: Presente en 30 estados del país. Disponible en: <https://www.gob.mx/siap/articulos/agricultura-protegida-presente-en-30-estados-del-pais?idiom=es>.

SIAP. (2019). Agricultura de temporal por municipio. Disponible en: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>.

SIAP. (2019a). Anuario estadístico de producción agrícola 2018, por entidad federativa. Disponible en: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>.

Simon-Delso, N., Amaral-Rogers, V., Belzunces, LP., Bonmatin, JM., Chagnon, M., Downs, C. y Wiemers, M. (2015). Systemic insecticides (Neonicotinoids and fipronil): Trends, uses, mode of action and metabolites. *Environmental Science and Pollution Research*, 22(1), 5-34. <https://doi.org/10.1007/s11356-014-3470-y>.

- Taira, K. (2014). Human neonicotinoids exposure in Japan. *Japanese Journal of Clinical Oncology*, 23(1), 14–24.
- Taira, K. (21 de Septiembre de 2017). *Does neonicotinoid insecticide cause neurodevelopmental disorder by environmental exposure?*. En Faisal Moola (Director), *Impacts of and alternatives to systemic pesticide: a science-policy forum*. Simposio en el Stong Dining Hall, Stong College de la Universidad de York Toronto, Ontario, Canadá.
- Tomizawa, M. y Casida, J. (2011). Neonicotinoids Insecticides: Highlights of a Symposium on Strategic Molecular Designs. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2011, 59, 2883-2886.
- Van der Sluijs, JP., Amaral-Rogers, V., Belzunces, LP., Bonmatin, JM, Chagnon, M., et al., (2015). Conclusions of the worldwide integrated assessment on the risks of neonicotinoids and fipronil to biodiversity and ecosystem functioning. *Environmental Science and Pollution Research*. doi:10.1007/s11356-014-3229-5.
- Wang, J. y Leung, D. (2009). Determination of 142 Pesticides in Fruit and Vegetable based Infant foods by Liquid Chromatography/ Electro spray Ionization-Tandem Mass Spectrometry and Estimation of Measurement Uncertainty. *Journal of AOAC International*, 92(1): 279-301.
- White, J. (2015). *A Critical Evaluation of the Use of Neonicotinoid Insecticides on Human Health*. Norderstedt, Alemania: GRIN publishing.
- Williamson, S., Baker, D. y Wright, G. (2013). Acute exposure to sublethal dose of imidacloprid and coumaphos enhances olfactory learning and memory in the honeybee *Apis mellifera*. *Journal of Invertebrate Neuroscience*. 13:63-70. DOI 10.1007/s10158-012-0144-7.

Sobre los autores



Gilda René Ponce Véjar. Maestra en Ciencias de la Salud Ambiental por la Universidad de Guadalajara. Estudiante de doctorado de Ciencias de la Salud Ocupacional en la Universidad de Guadalajara. Experiencia de más de 15 años en área industrial de Seguridad, Salud y Medio Ambiente. Sus líneas de investigación actuales están relacionadas con riesgo ambiental y plaguicidas, específicamente neonicotinoides.



Silvia Lizette Ramos de Robles. Es Doctora en Didáctica de las Matemáticas y las Ciencias Experimentales por la Universitat Autònoma de Barcelona. Actualmente Profesor Investigador Titular "C" del Instituto de Medio Ambiente y Comunidades Humanas en el Departamento de Ciencias Ambientales, CUCBA, Universidad de Guadalajara. Actual Coordinadora de la Maestría en Ciencias de la Salud Ambiental por el CUCBA. Sus áreas de especialidad están relacionadas con la educación en ciencias, educación para la salud y la educación ambiental.

Impacto de la Contaminación del Aire en Salud: Una Visión desde la Salud Ambiental

Juan Gabriel Torres Pasillas

Kenia Marcela Gonzalez Pedraza

Perla Sánchez Torres

Martha Georgina Orozco Medina

Arturo Figueroa Montaña

Resumen

La contaminación del aire es una de las formas más comunes de deterioro de la salud, la exposición a contaminantes del aire afecta la salud respiratoria y cardiovascular, además es una causa frecuente de complicaciones de algunas enfermedades crónicas como el asma y alergias. A nivel de infraestructura deteriora las edificaciones, es causante de la niebla fotoquímica o smog lo cual afecta la visibilidad y por lo tanto el tráfico aéreo; las plantas se ven dañadas por exposición a los contaminantes del aire dificultando su capacidad fotosintética y dañando así la salud foliar. Algunas especies de aves y mamíferos son sensibles a los contaminantes del aire y las secuelas incluyen migración de especies, cambios en patrones de distribución y deterioro de sus funciones vitales. En esta contribución se analizará a nivel teórico algunos aspectos generales de la contaminación del aire, algunas cifras y datos recientes, de forma particular se abordará el impacto en salud desde tres visiones distintas a partir de estudios de caso de un espacio abierto en dos centros universitarios, dos en espacios de interior, correspondientes a viviendas de una zona rural y el otro al interior del transporte público; finalmente a manera de diálogo reflexivo se comentarán aspectos destacados de la información presentada y se discutirán las visiones de los estudios de caso, para pasar después a un análisis en el contexto de la salud ambiental. En ese sentido se planea contar con un documento de consulta para referir cifras y

datos en contaminación del aire, presentar aspectos ligados a los métodos utilizados, los hallazgos y sus interpretaciones, de manera que se vayan articulando las ideas, los resultados y los principales retos a partir de las consultas y análisis de la información.

Contaminación del aire en dos centros universitarios de la Universidad de Guadalajara

Introducción

En México cada vez más jóvenes deciden continuar su formación superior, los cuales buscan adquirir nuevos conocimientos y habilidades que les permitan en un futuro insertarse en el mercado laboral y por tanto aspirar a una buena calidad de vida. Por otra parte, su estancia en la universidad no solo se limita a su formación académica, sino que ven a su centro universitario como un lugar para convivir con sus compañeros y realizar actividades artísticas y deportivas. Por tanto, estas instituciones tienen la responsabilidad de proveer a todos ellos las condiciones óptimas que aseguren su bienestar durante su estancia en este lugar.

Entre los factores del entorno más importantes están las condiciones ambientales, ya que estas pueden incidir en el desempeño académico, salud, confort y bienestar de los estudiantes (Jurado et al., 2014; Merlin y de Almeida., 2014; Stafford et al., 2015). Por lo tanto, es crucial evaluar estas condiciones a fin de generar propuestas para prevenir y

de lo posible controlar aquellos agentes ambientales que pueden afectar la salud de los estudiantes, uno de los cuales es la contaminación del aire, que, entre otros compuestos químicos, puede contener altas concentraciones de Material Particulado ($PM_{10,2.5,1}$), Ozono (O_3), Monóxido de Carbono (CO), Dióxido de nitrógeno (NO_2) y Dióxido de azufre (SO_2). Mismos que tienen efectos perjudiciales en todos los sistemas del cuerpo humano (Guarnieri y Balmes, 2014; Ji et al., 2015).

Teniendo en cuenta que los estudiantes pasan gran parte del tiempo dentro de los salones de clases, se han realizado diversas investigaciones que tienen como objetivo evaluar la calidad del aire al interior de estos lugares (Jurado et al., 2014; Stafford, 2015). No obstante, también pasan largos periodos en el exterior, como en los jardines, principalmente mientras esperan la hora de sus siguientes clases. Por ende, es durante este periodo de tiempo cuando están expuestos a las condiciones ambientales exteriores.

En atención a lo anterior se diseñó este proyecto con el objetivo principal de evaluar los niveles de contaminación del aire en el Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías (CUCEI) y el Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA) de la Universidad de Guadalajara. Cabe destacar que ambos centros universitarios presentan características particulares que los hacen proclives a este tipo de contaminación. CUCEI limita con tres avenidas muy transitadas, que son la Avenida revolución, Calzada Olímpica y el Boulevard General Marcelino García Barragán, mientras que

CUCBA se ubica cerca al Bosque de la Primavera, el cual por varios años ha presentado incendios forestales, y por ende este centro universitario se puede ver afectado por contaminantes atmosféricos generados por la combustión de la vegetación.

Método

Recolección de datos e Instrumentos empleados: Teniendo en cuenta que la contaminación atmosférica en la Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG) varía en función de los patrones de precipitación (Fonseca et al., 2018; Benítez et al., 2014), se establecieron tres periodos de medición en cada centro universitario, que corresponden a las temporadas de antes, durante y después de la época de lluvias. En la tabla 1 se pueden revisar las fechas en las que se monitorearon los contaminantes atmosféricos.

Tabla 1

Fechas de medición de los contaminantes del aire en cada centro universitario

Centro universitario	Temporada 1	Temporada 2	Temporada 3
CUCEI	13/02/19 al 25/03/19	24/08/19 al 23/09/19	18/01/20 al 23/02/20
CUCBA	04/05/19 al 04/06/19	26/09/19 al 26/10/19	27/10/19 al 28/11/19

Fuente: Elaboración propia

El instrumento utilizado fue una estación de monitoreo atmosférico Aeroqual AQM 65, que mide en tiempo real las concentraciones de $PM_{10, 2.5, 1}$, O_3 , CO , NO_2 y SO_2 (Ver **figura 1**).



Figura 1 *Instrumento empleado para la evaluación de la calidad del aire*

Manejo de los datos (Control de calidad): Para evaluar el cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas (NOMs) y recomendaciones de la OMS inicialmente se verificó la completación de los datos, lo cual significa que se requiere como mínimo el 75% de datos para evaluar el lapso de tiempo de interés. Es decir, para la concentración promedio horaria se necesita contar con al menos 45 minutos, para el promedio móvil de 8 horas se necesitan por lo menos las concentraciones de 6 de ellas, para el promedio móvil ponderado de 12 horas se requieren 9, mientras que para los promedios de 24

horas se deben tener como mínimo 18 horas. En este sentido se verificó el cumplimiento de este criterio y a partir de los datos que cumplieron con el mismo se realizaron los análisis estadísticos correspondientes.

Análisis estadísticos

Se comparó la media de cada uno de los contaminantes del aire por temporada utilizando ANOVA de un factor, en la que la variable respuesta es la concentración de partículas, y el factor son las temporadas de medición. Por otra parte, a fin de comparar la media de los contaminantes por centro universitario, considerando las tres temporadas en conjunto, se utilizó la prueba t de Student, en la que la variable dependiente fue la concentración de partículas y el factor los centros universitarios. Se validó que no existen diferencias estadísticamente significativas en las concentraciones de los contaminantes del aire entre las tres temporadas.

Resultados

Mediante ANOVA de un factor se encontró que existen diferencias estadísticamente significativas entre las temporadas de medición tanto en CUCBA, como en CUCEI ($P = 0.000$). En el caso del PM, en ambos centros universitarios fue en la primera temporada cuando se registraron los valores más altos. En cuanto al CO en CUCEI fue la tercera temporada cuando se presentó los niveles más altos, seguida de la primera. Mientras que en CUCBA la primera y temporada estuvieron más altas, y al igual que en CUCEI, la segunda fue

la más baja. El NO_2 en CUCEI, estuvo más alto en la primera y tercera temporada, mientras en CUCBA, la tercera temporada fue cuando se presentaron las mayores concentraciones. Con respecto al SO_2 en CUCEI este contaminante exhibió mayor concentración en la tercera temporada, mientras que CUCBA fue la primera temporada cuando su concentración fue superior. Cabe destacar que el O_3 no se pudo comparar por temporadas de medición, ya que solo se pudo evaluar en la primera en ambos casos.

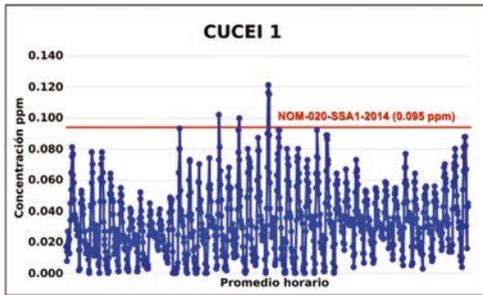
Las diferencias entre las temporadas se pueden deber principalmente a las condiciones meteorológicas del tiempo de medición, ya que, en la ZMG el PM, CO, NO_2 y SO_2 aumentan durante la temporada seca-fría, que es cuando no se presenta mucha precipitación y son comunes las inversiones térmicas (Benítez et al., 2014; Fonseca et al., 2018; García et al., 2012).

Por otra parte, utilizando la prueba t-student para muestras independientes se encontró que existen diferencias estadísticamente significativas en las concentraciones medias de los contaminantes por centro universitario ($P = 0.000$). En todos los casos los contaminantes presentaron mayores concentraciones en CUCEI, excepto por el O_3 , que estuvo más alto en CUCBA. En relación al PM, CO, NO_2 y SO_2 las diferencias se pueden explicar por la ubicación de los mismos, ya que el primero se localiza en un área urbana y donde se presenta un alto flujo vehicular, teniendo cuenta que de acuerdo con el Inventario de emisiones de contaminantes criterio del Estado de Jalisco 2008 una de las principales fuentes emisoras en

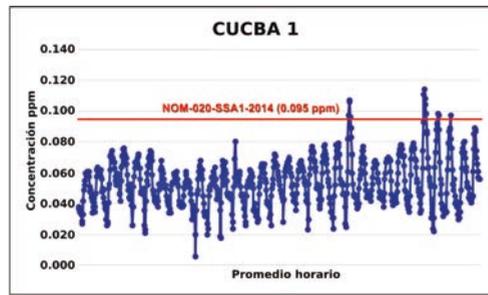
esta área geográfica es el transporte (SEMADET, 2014).

Teniendo en cuenta que la formación del O_3 se da por reacciones fotoquímicas, la razón de que en CUCBA se presentaron mayores concentraciones de este contaminante se puede explicar por los meses en que se realizó la medición, dado que en este centro universitario se monitoreo durante el mes de mayo y principios de junio, que es cuando se presentan mayores niveles de radiación solar en la ZMG (Ulloa et al., 2011).

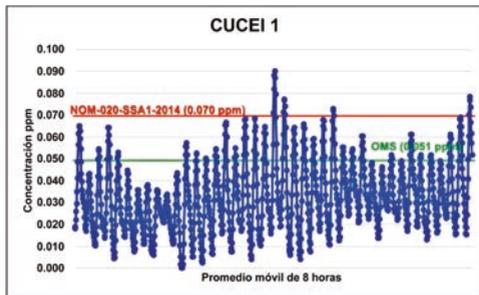
Adicionalmente se verificó el cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas (NOMs) y recomendaciones de la OMS y se encontró que en la primera temporada de medición en CUCEI el O_3 superó la NOM-020-SSA1-2014 para el promedio de una hora (0.095 ppm), en 5 ocasiones y 15 veces el promedio móvil de 8 horas (0.070 ppm). Asimismo, rebasó 147 veces las recomendaciones de la OMS (0.051 ppm) para el promedio de 8 horas. En cuanto a CUCBA este mismo contaminante estuvo por encima de la NOM para el promedio de una hora en 12 ocasiones y 74 veces superó el promedio móvil de 8 horas, además rebasó las recomendaciones de la OMS en 417 ocasiones, lo cual equivale al 54.7% del total del tiempo de medición (Ver figuras 3 y 4). Por otro lado, el $PM_{2.5}$ y PM_{10} superaron las recomendaciones de la OMS en una ocasión durante la primera temporada de medición de CUCBA. En cuanto a los demás contaminantes, todos ellos se mantuvieron en niveles inferiores a los límites de las NOMs correspondientes y recomendaciones de la OMS.



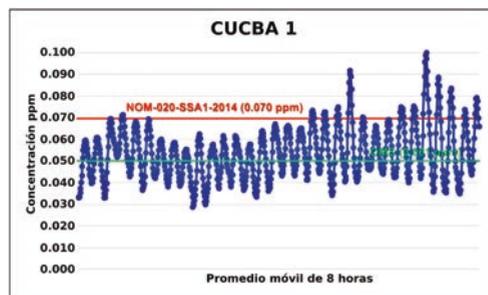
2a



2b



2c



2d

Figura 2. Promedio horario del O_3 en las primeras temporadas de ambos centros universitarios

El O_3 es un contaminante preocupante en la ZMG, ya que, en el estudio de Fonseca et al., (2018) se encontró que de 1996 a 2016 en todos los años se superó la NOM para el promedio móvil de 8 horas. Asimismo, de acuerdo con el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC, 2018, 2019) en 2017 en las 10 estaciones del Sistema de Monitoreo Atmosférico de Jalisco (SIMAJ) que midieron este contaminante también se superaron los límites de la NOM, además en 2018 a nivel de toda la ZMG el O_3 superó dichos límites el 33% de los días del año.

Adicionalmente en el presente estudio se evaluaron los índices de Calidad del Aire y Riesgos a la Salud de acuerdo a la NOM-172-SEMARNAT-2019, la cual tiene como objetivo comunicar a la población de manera más clara y continua el estado de la calidad del aire, los probables daños a la salud que ocasiona y las medidas que se pueden tomar para reducir la exposición (SEMARNAT, 2019). Mediante lo cual se halló que, en la primera temporada de medición de ambos centros universitarios, los valores de los promedios horarios del O_3 estuvieron en su mayoría dentro de las categorías de Buena y Aceptable calidad del aire. Sin embargo, en CUCEI 0.5% de los mismos y en CUCBA el 1.56% estuvieron en la categoría de calidad del aire mala. En cuanto a los promedios móviles de 8 horas, en CUCEI el 1.53% y en CUCBA el 9.19% tuvieron una calidad del aire mala y el 0.52% de este último centro universitario tuvo una calidad del aire muy mala.

En relación al $PM_{2.5}$, al igual que el O_3 en su mayoría presentó concentraciones que se pueden considerar como calidad del aire buena y aceptable, pero en CUCEI en la primera temporada el 0.3% y el 0.1% presentaron una calidad del aire mala y muy mala, respectivamente. Mientras que en CUCBA el 1.63% de los valores estuvieron en la categoría de mala calidad del aire y el 0.13 de ellos entran en la categoría de muy mala. Por otra parte, en relación al PM_{10} en la primera temporada de CUCEI el 0.91% y durante la tercera temporada el 0.81% de los valores estuvieron en la categoría de calidad del aire mala, muy mala e incluso extremadamente mala. En cuanto a CUCBA durante la primera temporada el 3.26% y el

0.13% estuvieron en la categoría de calidad del aire mala y muy mala.

Cabe destacar que la NOM-172-SEMARNAT-2019 señala que cuando se presenta calidad del aire mala, existe la probabilidad de disminución de la función pulmonar en personas sanas y aparición de síntomas respiratorios en personas sensibles, dentro de las que se encuentran personas con deficiencias nutricionales, padecimientos cardiacos o respiratorios, quienes realizan actividades en exteriores, ciclistas y trabajadores. Cuando hay muy mala calidad del aire pueden aparecer síntomas respiratorios en la población general: agravamiento de síntomas respiratorios en personas sensibles e incremento de síntomas cardiovasculares en personas enfermas del corazón. Por otro lado, cuando se presenta una calidad del aire extremadamente mala se incrementa la probabilidad de síntomas severos respiratorios en población general, serios efectos respiratorios en personas sensibles y agravamiento de síntomas cardiovasculares en personas enfermas del corazón.

Conclusión

En esta investigación se encontró que los niveles de O_3 fueron superiores en CUCBA, mientras las de PM, CO, NO_2 y SO_2 estuvieron más altas en CUCEI. Además, en ambos centros universitarios se encontraron concentraciones altas de PM y O_3 que de acuerdo a la NOM-172-SEMARNAT-2019 representan un riesgo a la salud tanto para personas susceptibles como para personas sanas.

Es importante señalar que los estudiantes pueden llegar a pasar gran parte de su tiempo en los centros universitarios, ya que no solo asisten al mismo para tomar clases y realizar tareas académicas, sino que además realizan deporte y algunas actividades de tipo artístico, adicionalmente suelen descansar y convivir con sus compañeros en las áreas exteriores. Por esta razón las instituciones de educación superior tienen el compromiso de ser espacios sustentables que tengan las condiciones ambientales adecuadas para incidir en el confort, bienestar y salud de los estudiantes.

Aunque este tipo de contaminación es difícil de controlar, es imprescindible que se continúe el monitoreo, a fin de que los estudiantes estén al tanto de las condiciones ambientales y de las posibles actividades que pueden realizar al aire libre, así como de algunas medidas que podrían tomar para evitar su exposición. Adicionalmente resulta importante realizar proyectos de investigación sobre la salud ambiental en los

espacios educativos y de esta forma diseñar intervenciones que permitan prevenir problemas de salud en la población estudiantil.

Calidad de aire de interior en viviendas y salud en mujeres de Agua Caliente, Poncitlán, Jalisco (2018)

Introducción

Más de dos mil millones de personas en los países en vías de desarrollo, especialmente en zonas rurales, satisfacen sus necesidades energéticas a partir de fuentes tradicionales de energía como la leña, el carbón vegetal y el estiércol, careciendo de servicios energéticos modernos y eficientes (PNUD: Programa de las naciones unidas para el desarrollo, 2000; PNUD, 2007).

La inequidad en la distribución de bienes y servicios particularmente en mujeres rurales de México, constituye una grave situación, ya que están en condiciones de pobreza extrema; el apoyo al desarrollo rural, debe considerar el acceso limpio, accesible y sustentable de energía como un factor detonante del desarrollo económico y reductor de la pobreza. Una de tantas características que determinan la condición de pobreza extrema es el empleo de leña como combustible para cocinar, son muchas las mujeres de zonas rurales que cocinan con leña, lo cual conlleva una problemática de salud, además del tiempo invertido en la preparación de alimentos (Zarza

et al., 2018). En las mujeres es tres veces más probable sufrir enfermedades pulmonares obstructivas, como la bronquitis crónica y el enfisema de pulmón, lo cual a su vez, duplica el riesgo de sufrir cáncer de pulmón (Dehays y Schuschny, 2018).

Si nos situamos en Agua Caliente, Poncitlán, Jalisco, nos encontramos con una comunidad en la que el uso de leña es común dada la disponibilidad de este material en la naturaleza y la accesibilidad del mismo, puesto que no representa gasto económico alguno, así mismo cuando se realizaron las visitas a los hogares se observó que las mujeres son las encargadas de llevar a cabo las actividades del hogar, dentro de las cuales está la labor de cocinar por lo cual se exponen a los contaminantes del aire y otros riesgos asociados a dicho trabajo a lo largo de toda su vida. Para el caso de la temática energética y los derechos humanos de las mujeres, consideramos que el género condiciona el acceso, el uso y el consumo de energía, lo que tiene consecuencias sobre la calidad de vida y salud de las mujeres (Dehays y Schuschny, 2018).

Por lo anterior, en este proyecto de investigación se planteó como objetivo realizar un estudio de calidad del aire al interior en las viviendas de la población de Agua Caliente y analizar su relación con la salud de las mujeres de la comunidad.

Referencia teórica

La calidad del aire en espacios cerrados es multifactorial dependiendo especialmente de los hábitos de los moradores,

de su nivel socioeconómico, del intercambio de aire con el exterior y de la remoción de los contaminantes. En términos de emisión, los contaminantes pueden diferenciarse en productos de la combustión (material particulado, humo de tabaco, humo de leña, entre otros), agentes biológicos (microorganismos y alérgenos); y misceláneos: radón y compuestos orgánicos volátiles (Oyarzún G, 2010).

La exposición a la contaminación del aire interior en la vivienda debida a la combustión de la leña que se utiliza en la preparación de alimentos está definida por variables que hacen parte del ambiente interior próximo (micro-ambientales) a la persona como lo son la localización de la cocina, características del hogar como ventilación, ubicación y dimensión de las habitaciones, ventilación de la estufa, perfil de actividades o distribución del tiempo de la persona expuesta, tipo y cantidad de combustible utilizado y tipo de estufa y las variables de influencia indirecta (macro-ambientales) como la accesibilidad a diferentes fuentes de energía, ingresos, condiciones climáticas, educación, género, edad, hábitos y costumbres que se tienen al cocinar, tamaño de la familia, etnia y prácticas culturales (Smith et al., 2012). Finalmente se debe considerar que cada una de las variables mencionadas aporta en la exposición de la población e influye en una mayor o menor vulnerabilidad de determinados grupos.

Al respecto Carazo et al. (2013) mencionan como principales factores que afectan la calidad del aire interior la deficiencia en la ventilación, la calidad del aire exterior y la presencia

de fuentes contaminantes en el interior (contaminación química, biológica y física), en su estudio determinan que los contaminantes presentes en el aire interior se han relacionado con múltiples enfermedades respiratorias, en algunas con elevado nivel de evidencia —como en el caso del asma, la EPOC, las infecciones respiratorias, la rinitis o el Cáncer Pulmonar— y en otras con menor evidencia pero con datos que lo sugieren con cierta solidez —como la tuberculosis pulmonar, la neumonitis por hipersensibilidad u otras enfermedades pulmonares intersticiales difusas. Así mismo, Kwas, Rahmouni, Zendah y Ghédira (2017) atribuyen a la contaminación del aire interior durante las actividades tradicionales como un factor de riesgo respiratorio para las mujeres mayores de 30 años que no fuman, pero que están expuestas al humo de biomasa causando síntomas respiratorios crónicos y ventilación obstructiva persistente.

Método

El estudio se abordó desde un diseño descriptivo transversal, la unidad de estudio fue la comunidad de Agua Caliente, Poncitlán Jalisco, la unidad de observación fueron las mujeres que participaron de manera voluntaria en la investigación, por lo tanto, la selección de la muestra fue por conveniencia, debido a que se dependía de la voluntad y disposición de las participantes.

Se analizó la calidad del aire interior (material particulado, monóxido y dióxido de carbono) en 48 hogares y se consolidaron los resultados de 39 mujeres a través de la aplicación de entrevistas sobre su percepción, valores, conocimiento, hábitos, costumbres y síntomas con relación al uso de leña y exposición. Se hizo el reconocimiento y delimitación de la zona de estudio y se identificaron las mujeres que deseaban participar voluntariamente en el proyecto, se caracterizaron las viviendas, observando los materiales de construcción que constituían las cocinas y con el instrumento denominado videocontador de partículas VPC 300 de la marca EXTECH (ver figura 4) se midió en el aire interior de las cocinas el número de partículas/ft³ de partículas con diámetros 0.3 µm, 0.5 µm, 1 µm, 2.5 µm, 5 µm y 10 µm emitidas por las estufas que utilizan leña como combustible (20 con fogón de leña tradicional y 28 con estufas de leña ecológicas) y por último se hicieron recorridos para tomar la presión arterial y su saturación de oxígeno de las mujeres (n=39).



Figura 4. *Instrumento empleado para el monitoreo de material particulado*

En cuanto al tratamiento de los datos para analizar calidad del aire interior, condiciones de salud y las características sociodemográficas se realizaron determinaciones de estadística descriptiva, análisis de factores y análisis de varianza.

Principales resultados

De acuerdo a los resultados, se determina que al interior de las viviendas persisten condiciones de calidad de aire interior asociadas a niveles de material particulado que ponen en riesgo la salud de las mujeres encargadas de la labor de cocinar, para el tamaño 2.5 μ m se reportó un promedio de 9922 partículas por pie cúbico considerado en el rango de peligro según los valores de referencia dados por el equipo videocontador (ver figura 5).

El estudio muestra que tanto las estufas de leña ecológicas como las de fogón tradicional generan emisiones de partículas perjudiciales para la salud, esto probablemente debido al modo de uso, condiciones meteorológicas y características de las estufas y/o viviendas. Las mediciones de calidad de aire llevadas a cabo en cada una de las viviendas que hicieron parte de la muestra evidencian la necesidad de realizar análisis e intervenciones a nivel comunitario para de esta manera poder generar soluciones que realmente satisfagan las condiciones requeridas para tener una adecuada salud ambiental.

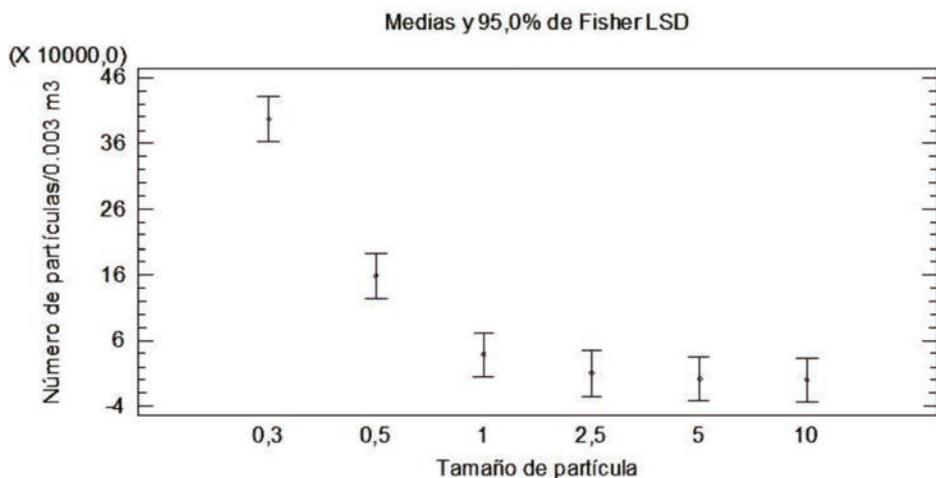


Figura 5. Diferencia de medias globales para cantidad de partículas con relación a los diferentes tamaños de partículas

Además del consumo de leña se suma a esta problemática de contaminación del aire la quema de basura y el encendido del fogón con materiales como plástico, cartón y papel, también se identificó la influencia que tiene el material de construcción de las viviendas, en donde la vivienda con estructura más compacta, construida con materiales como ladrillo, cemento y bloques (vivienda tipo 4) presenta las concentraciones de material particulado más altas, 218372 partículas por pie cúbico (ver figura 6).

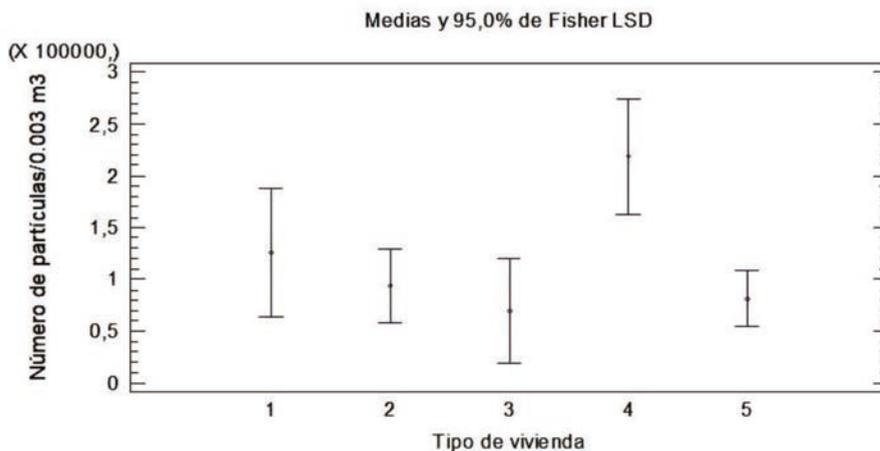
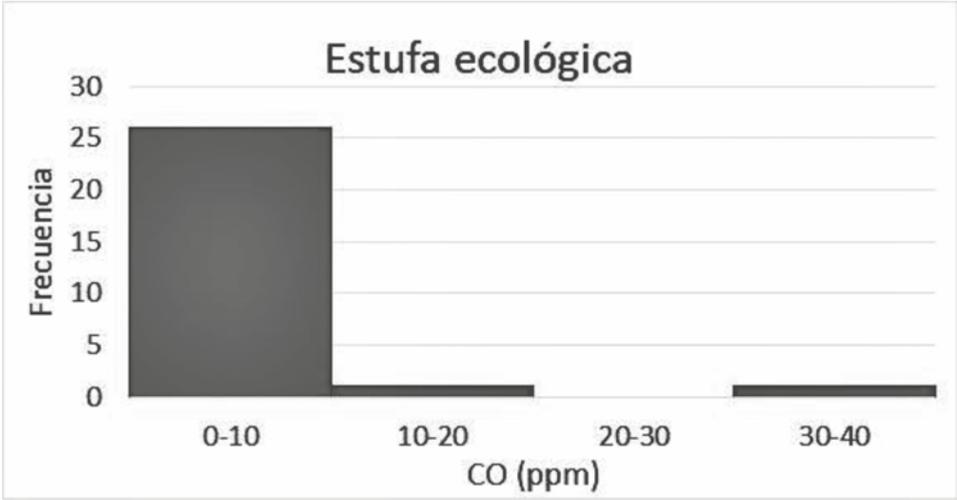
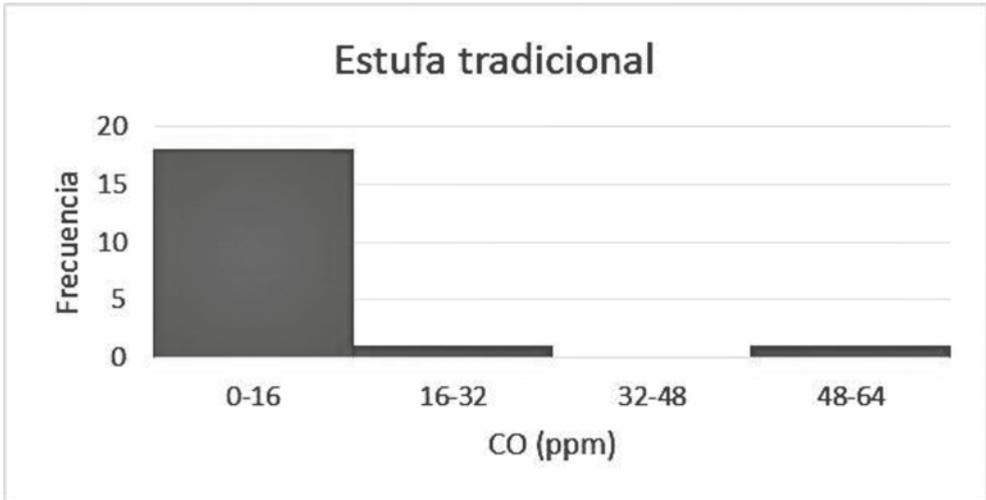


Figura 6. Diferencia de medias entre tipo de vivienda para cantidad de número de partículas

Con relación a las mediciones de monóxido de carbono (CO) y dióxido de carbono (CO₂) se identifica que los valores al interior de los hogares para ambos parámetros están por debajo de los valores considerados como riesgosos para la salud, no obstante, cabe destacar que los mayores valores se presentaron en viviendas en donde las estufas son de tipo tradicional (Ver figura 7).



7a



7b

Figura 7. *Conteo de frecuencias para los valores de monóxido de carbono*

Esta investigación arroja también que la mayoría de mujeres (67%) no perciben la asociación existente entre la calidad del aire al interior de la vivienda por uso de combustibles sólidos y los efectos en la salud, razón por la cual, no reportan las molestias, síntomas y/o enfermedades asociadas a dicha actividad, aunado a ellos gran porcentaje de las encuestadas (47%), consideran que no desearían hacer un cambio de uso de combustible, estas características evidencian la necesidad de sensibilizar a la comunidad acerca de la problemática para así poderle dar identidad y de esta manera generar cambios que mejoren las condiciones actuales, sin embargo, cuando se hizo una medición para valorar la salud de las mujeres se encontró que si hay repercusiones a largo plazo, dado que los menores valores de saturación de oxígeno (media=92.66%) y los mayores valores de presión arterial (media SYS = 125.6 mmHg) se presentan en mujeres mayores a 50 años de edad, mujeres que a su vez son las que tiene la mayor cantidad de años de exposición.

Las condiciones sociales y culturales muestran una estrecha incidencia sobre cuáles son los grupos más vulnerables y expuestos a la contaminación del aire interior por quema de leña, en este caso, se confirmó que son los niños y las mujeres de la población, además se lograron evidenciar hábitos como el encendido de la estufa con plástico, cartón y papel y la quema de basura que acrecientan el riesgo por inhalación de diversos compuestos químicos perjudiciales para la salud.

Conclusión

El contexto de pobreza, marginación y vulnerabilidad de la comunidad de Agua Caliente suscitan el uso de alternativas económicamente viables para poder solventar sus necesidades básicas, ante esta situación el uso de leña es la opción de la que disponen lo que repercute de manera directa sobre la calidad ambiental de sus hogares y la salud de cada una de las personas especialmente de las mujeres quienes desde la niñez son las encargadas de la cocción de alimentos en el hogar.

Es importante reconocer que la comunidad en su conjunto tiene severas limitaciones en cuanto a la presencia de espacio públicos, programas y proyectos que permitan un desarrollo integral de sus integrantes, por lo que resulta prioritario que se implementen y creen espacios, como canchas, parques, centros culturales y deportivos, en los que se ejecuten proyectos para el desarrollo integral de la infancia y de la mujer. También resulta indispensable, que los programas laborales permitan un crecimiento y progreso económico, que traiga como beneficios un mayor fortalecimiento de la economía familiar y por lo tanto el progreso de la localidad.

Caso: Calidad del aire de interior en el transporte público

Introducción

La calidad del aire en las zonas urbanas es un aspecto importante dentro de las investigaciones que se realizan en el campo de la salud ambiental, los índices de contaminación están relacionados con modelos de desarrollo económico. De manera particular las emisiones del tráfico vehicular resultan preocupantes debido a la creciente e intensa movilidad diaria de vehículos, la cual influye directamente en la calidad del aire y provoca efectos adversos a la salud de la población expuesta (Chan *et al.* 2002, Vallero 2008). Del mismo modo esta situación, repercute en la calidad ambiental de microambientes como viviendas, oficinas, escuelas, hospitales, comercios y medios de transporte.

En la actualidad, estudios revelan que los microambientes que tienen que ver con los medios de transporte, representan sitios donde hay mayor persistencia de contaminación de origen vehicular, se destacan las emisiones de material particulado, óxidos de nitrógeno, óxido de azufre, monóxido de carbono y dióxido de carbono, de igual forma se han observado niveles de ruido más altos que los permitidos. (Gulliver y Briggs 2004, Wöhrnschimmel, 2004, Knibbs *et al.* 2011).

Por este motivo, es esencial conocer los sitios en los que ocurren exposiciones significativas a contaminantes, es por ello que los estudios realizados en microambientes, como los medios de transporte público, resultan de gran utilidad para clarificar esta problemática (Adams *et al.* 2001, Knibbs *et al.* 2011).

La presente investigación se emprendió con el propósito de evaluar la calidad del aire interior en unidades de transporte público de la zona metropolitana de Guadalajara, en específico cuatro rutas de transporte que son utilizadas por estudiantes de dos centros universitarios; en donde se midieron algunos parámetros que se consideran contaminantes, para fines prácticos de este trabajo, solo se abordará lo relacionado a material particulado. El objetivo fue realizar un diagnóstico de la calidad del aire interior en unidades de transporte público empleando como parámetro el material particulado.

Referencia Teórica

En este trabajo se abordó la problemática de camiones públicos desde un enfoque microambiental, donde se evaluaron condiciones que pueden afectar de calidad del aire interior de éstos sitios, tomando como referencia factores que se generan por emisiones vehiculares.

Dentro de este enfoque diversos estudios indican que las personas que viajan dentro de microambientes como los medios de transporte pueden estar expuestas a niveles más

altos de contaminación, lo cual comprende un porcentaje significativo de exposición total diaria dentro de un corto período de tiempo, y que estos niveles se elevan durante las horas pico (Gulliver y Briggs 2004, Zuurbier *et al.* 2010).

Un contaminante importante que se genera a partir de las emisiones vehiculares es el material particulado, de manera particular los vehículos de motor son la principal fuente de partículas finas y ultrafinas a lo largo de los corredores viales. La mayoría de las partículas tienen un tamaño que están en el intervalo de 0,02 a 0,13 μm para los motores diésel (Morawska *et al.* 1998) y 0,02-0,06 μm para los motores de gasolina, los vehículos diésel son una de las mayores fuentes de partículas (EPA 1990). Las partículas son un problema grave dentro de salud pública; las altas concentraciones de éste contaminante, sobre todo de las partículas finas ($\text{PM}_{2,5}$) tienen relación con la presencia de enfermedades respiratorias y cardiovasculares (Gee and Raper 1999). La exposición de un individuo a números de partículas ultrafinas y $\text{PM}_{2,5}$ puede variar considerablemente durante 24 h, dependiendo del microambiente del individuo y las fuentes de las partículas que estén presentes (Dennekamp *et al.* 2002).

Estudios realizados en medios de transporte han demostrado la presencia de material particulado en diferentes concentraciones, como los realizados por Geeu y Repers (1999) ellos realizaron comparación de material particulado en específico de PM_{10} en dos modos de transporte uno motorizado y otro no (autobús y bicicleta), determinaron concentraciones

más elevadas en el autobús con rangos de 250 a 350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en comparación con las concentraciones en bicicleta con rangos de 34 a 54 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. De igual forma Chan y colaboradores (2002) determinaron concentraciones con un promedio de 147 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en autobuses públicos sin aire acondicionado, en 2003 Fitz y colaboradores realizaron una evaluación de exposición en autobuses escolares, determinando concentraciones en número de partículas con un promedio 10,000 partículas por cm^3 .

Metodología

La metodología que se utilizó en este estudio tomó como base los diagnósticos que se utilizan para evaluar espacios de interior, de igual forma se tomaron algunos aspectos realizados en otras investigaciones, de esta manera se realizaron las modificaciones correspondientes al tratarse de un ambiente de interior móvil.

Se seleccionaron cuatro rutas de transporte público, que tienen sus recorridos por municipios que conforman el área metropolitana de Guadalajara, particularmente en los municipios de Guadalajara y Zapopan y que son utilizadas por los estudiantes para los traslados hacia los centros universitarios. Éstas rutas corresponden a la 629, 170B, 45 y 605.

El criterio para la selección de los sitios de medición de cada una de las rutas consistió en: ubicación de calles y avenidas

congestionadas por tráfico vehicular, además de presentar diversidad y alta afluencia de vehículos, en diferentes sectores de la vía y en diferentes horas del día (Behrentz 2009). Para la medición de partículas se utilizó un video contador de partículas marca Extech modelo VPC300 (figura 8), el cual realiza conteo de partículas a través de un sonda isocinética y diferencia seis canales de diámetro de partícula o tamaño de partícula siendo éstos de 0.3, 0.5, 1.0, 2.5, 5.0 y 10 μm . Tiene una velocidad de flujo de 2.83 L/min, y cuenta con una eficacia de conteo del 50 % para 0.3 μm y 100 % para partículas > 0.45 μm . Para las mediciones el equipo se configuró para que realizara registros en cinco ciclos, en donde cada ciclo constó de 1 minuto; de esta manera se obtuvieron 5 minutos de medición para cada sitio correspondiente para cada ruta de transporte (Onat y Stakeeva 2013).



Figura 8. Equipo empleado para las mediciones de partículas (Video contador de partículas)

La toma de mediciones se realizó al interior, ubicándose en la parte central de los camiones, ya que se considera que existe

una distribución más representativa de los contaminantes. También se tomaron aspectos como el número de pasajeros, si las ventanas estaban abiertas o cerradas durante la medición.

Para tener una mayor representatividad de temperatura y humedad relativa, factores que intervienen en la presencia de partículas, se realizaron mediciones en diferentes periodos dentro del 2015 y 2016.

Los resultados se analizaron por medio de estadística descriptiva, también se realizó un análisis de varianza utilizando la herramienta computacional STATGRAPHICS.

Resultados

Mediante el análisis ANOVA se obtuvieron algunos datos interesantes respecto a los factores analizados, se determinó que hubo factores que tuvieron un efecto simple y de interacción para la presencia de partículas dentro de las unidades de transporte público, ver tabla 2.

Tabla 2. Análisis de Varianza para factores de cantidad de partículas con valores de $P < 0.05$

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Valor-P
Efectos Simples				
Ruta	1,08647E11	3	3,62158E10	0,0000
Temporada	7,46372E9	2	3,73186E9	0,1064
Sitio	3,22766E9	3	1,07589E9	0,5852
Horario	2,3788E11	1	2,3788E11	0,0000
Vent. abiertas-cerradas	4,23153E10	1	4,23153E10	0,0000
Tamaño	6,75879E12	5	1,35176E12	0,0000
Efectos de Interacción				
Ruta/Temporada	8,33373E10	6	1,38895E10	0,0000
Ruta/Sitio	3,77356E10	9	4,19284E9	0,0071
Ruta/Horario	1,87397E10	3	6,24656E9	0,0105
Ruta/Vent. abiertas-cerradas	3,3153E10	3	1,1051E10	0,0002
Ruta/Tamaño	1,81502E11	15	1,21001E10	0,0000
Temporada/Tamaño	3,43184E10	10	3,43184E9	0,0242
Horario/Tamaño	6,76058E11	5	1,35212E11	0,0000
Vent. Abiertas-cerradas/ Tamaño	1,54375E11	5	3,0875E10	0,0000

Valores significativos en rojo, Gl: grados de libertad $n-1$

Para el efecto simple, el análisis de varianza, reveló diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.05$) en la cantidad de número partículas para los factores de: ruta, el horario en que se realizaron las mediciones, ventanas abiertas o cerradas en el momento de la medición, así como el tamaño del número de partículas encontradas, es decir éstos aspectos contribuyeron a una mayor presencia de partículas dentro de

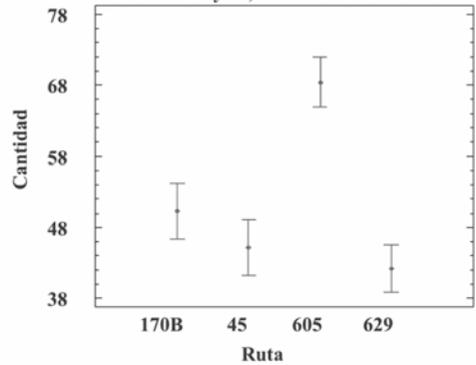
los camiones. La temporada en que se realizaron los muestreos, así como el sitio a lo largo de la ruta, no presentaron efectos estadísticamente significativos para la cantidad de partículas encontradas ($P < 0.05$). En cuanto a los efectos de interacción para la cantidad de partículas, el análisis propone diferencias estadísticamente significativas para los siguientes factores de interacción como: ruta con temporada, ruta con sitio, ruta con horario, ruta con ventanas abiertas o cerradas, ruta con tamaño de partículas, horario con tamaño de partículas y por último ventanas abiertas o cerradas con tamaño de partículas.

A fin de verificar la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre cada uno de los niveles para cada uno de los factores analizados en el modelo, se corrió la prueba de rangos múltiples que con base a la F calculada de Fisher agrupa niveles donde las diferencias estadísticamente significativas son menores, o en otras palabras los valores de las medias analizadas son muy semejantes, para fines prácticos solo se mostraran los factores más significativos, los cuales se observan en la figura 9.

Pruebas de Múltiple Rangos para Cantidad por Ruta

Ruta	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
629	966	42181,0	2384,38	X
45	678	45132,4	2803,77	XX
170B	829	50293,4	2816,33	X
605	792	68443,3	2539,94	X

(X 1000,0) Medias y 95,0% de Fisher LSD

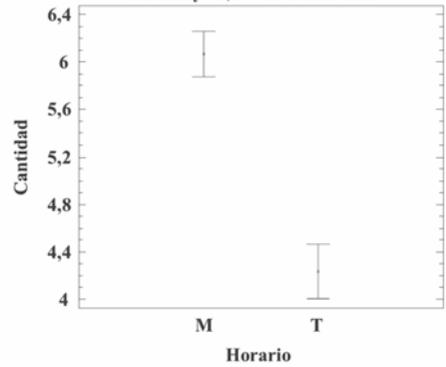


9a

Pruebas de Múltiple Rangos para Cantidad por Horario

Horario	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
T	1680	42344,5	1647,89	X
M	1585	60680,6	1402,26	X

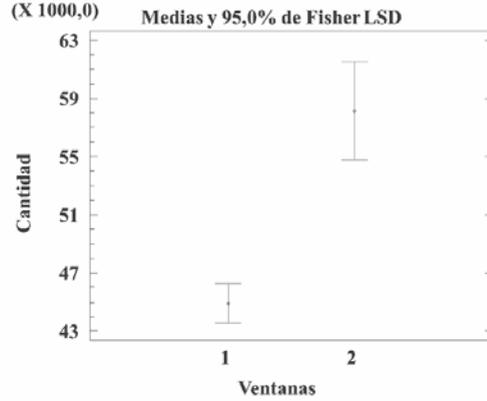
(X 10000,0) Medias y 95,0% de Fisher LSD



9b

Pruebas de Múltiple Rangos para Cantidad por Ventanas: Abiertas / Cerradas

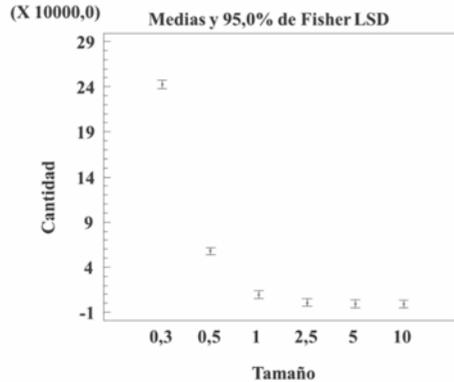
Ventanas Abiertas/ Cerradas	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
1	2864	44899,5	976,456	X
2	401	58125,6	2447,99	X



9c

Pruebas de Múltiple Rangos para Cantidad por Tamaño

Tamaño	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
10	544	-1018,42	3094,49	X
5	544	-7439,26	3094,49	X
2,5	544	485,968	3094,49	X
1	544	9719,25	3094,49	X
0,5	544	57883,1	3094,49	X
0,3	545	242749,	3470,13	X



9d

Figura 9. Diferencia de medias globales para cantidad de partículas con relación a los factores a) ruta de camiones, b) horario, c) ventanas abiertas o cerradas y d) tamaño de partículas.

Conclusión

Dentro de este estudio se logró obtener información importante en cuanto a la calidad del aire interior del transporte público, particularmente para cuatro rutas que pretendieron ser representativas para este medio de transporte, los datos obtenidos mostraron que existen diversos factores que interaccionan o contribuyen con la presencia de contaminantes en este caso material particulado, éstos aspectos corresponden a las diferentes rutas analizadas, el tamaño de partícula, siendo las que tuvieron mayor presencia las de menor tamaño y que representan más riesgo para la población expuesta, sobre todo para los conductores de las unidades que tienen un mayor tiempo de exposición, de igual forma el horario de medición, ya que las mayores concentraciones se encontraron por la mañana, asimismo la temporada de medición con mayor temperatura, mala ventilación y un mayor número de pasajeros influyen en una mala calidad del aire al interior de éste transporte. Se identificó que el número de pasajeros a bordo de las unidades, juega un papel muy importante en la calidad ambiental, se observa que cuando hay más de 55 pasajeros las concentraciones de CO₂ tienden a incrementarse de forma significativa, aún con las ventanas abiertas. Al parecer cuando hay mayor número de pasajeros la circulación de aire fresco es limitada, situación que favorece la permanencia de los contaminantes al interior del camión, además de contribuir al aumento de la temperatura.

Siendo el transporte público un elemento de movilidad para los ciudadanos y que una gran mayoría de la población utiliza, es de suma importancia que en éstos espacios logren condiciones que favorezcan a una mejor calidad del aire. Sabemos de la influencia del aire exterior tiene sobre las condiciones de espacios cerrados, por ello, es fundamental una estrategia integral que apueste a la disminución de contaminantes. Para el caso de las emisiones vehiculares se debería de apostar por el uso de combustibles más limpios, reducir el número vehículos particulares y ampliar la red de transporte público a fin de no saturar las unidades durante las horas pico.

Para la salud ambiental la calidad del aire es un aspecto muy importante ya que repercute en el medio ambiente, así como en la salud de la población, por ello, han surgido diversas investigaciones que han abordado diferentes aspectos de contaminación del aire, ya que solo conociendo dónde y cómo ocurren estas dinámicas, se puede obtener mayor información y comprensión sobre esta problemática, también es importante la divulgación de este conocimiento hacia la ciudadanía y al gobierno con el fin crear posibles estrategias que tengan un impacto en la mitigación de la contaminación del aire.

Análisis integrador

Siempre que se aborda la calidad del aire resulta ineludible imaginar esa capa grisácea que cubre las ciudades,

las chimeneas que emergen de grandes tubos en las industrias, escapes automovilísticos y distintos eventos de niebla fotoquímica; la formación en salud ambiental es un eje integrador de condiciones ambientales que van incorporando eventos críticos y sus determinantes en la salud de las personas, así el aire se convierte en uno de los temas que más influye en la salud de las personas y cuyas dimensiones aún son inciertas, complejas y difíciles de abordar, sobre todo cuando se trata de proponer alternativas y proyectar escenarios.

Estudiar la calidad del aire en dos centros universitarios motiva el análisis comparativo y los datos que arroja la caracterización ambiental, contrario a lo que se esperaba pone de manifiesto situaciones complejas como la necesidad de contar con estaciones que vigilen posibles eventos como incendios forestales que aparte de deteriorar la biodiversidad, afectan la salud de los suelos y dañan los servicios ecosistémicos del bosque. Otro aspecto a destacar en este estudio de caso, son las elevadas concentraciones de Ozono y Material particulado, por el riesgo latente a la salud de las personas, si a esta situación se le añade una población joven expuesta la vulnerabilidad se incrementa puesto que el tiempo que pasan los estudiantes universitarios en su plantel escolar (CUCBA O CUCEI, para este caso), aunado a situaciones como el estrés, la mala alimentación y algunas enfermedades preexistentes representan riesgos que limitan su salud y bienestar.

El siguiente estudio de caso recupera evidencias de como la calidad del aire de interior en viviendas afecta la salud

de mujeres en una zona rural, pone en peligro tanto su salud respiratoria como cardiovascular, la afectación a las mucosas oculares, la situación de desigualdad, marginación y pobreza se hacen presentes y dificultan de manera drástica y significativa su calidad de vida y bienestar. Hablar de salud en el interior de viviendas de esta zona rural, es comprender también una serie de limitantes como las vías de acceso y comunicación restringidas, la falta de oportunidades laborales, las limitadas condiciones de acceso a escolaridad, recreo, descanso, igualdad y progreso son una constante que aunada al humo de la leña que se utiliza para preparar los alimentos a los que se exponen de manera sistemática día tras día durante los 7 días de la semana va deteriorando su esperanza de vida saludable y limitando sus expectativas de progreso y estabilidad física, socioemocional y social. Ante este escenario las posibilidades de incorporar políticas públicas que les auguren una mejor condición deben ser una aspiración real y auténtica no solo para el bienestar de las mujeres sino también de los niños y de la sociedad en su conjunto.

Finalmente el estudio que aborda la calidad ambiental al interior del transporte público, es otro referente de importancia y trascendencia que se asocia a una situación compleja, los largos tiempos de traslado en una megaciudad, que alberga espacios universitarios que recibe jóvenes que pueden invertir hasta 5 horas de transporte diario para acudir a estudiar y que implica el invertir en el pago del pasaje de hasta 6 unidades de transporte público, resistiendo una condición de temperatura, limitada ventilación, saturación de personas,

presencia de malos olores, contaminantes que provienen del exterior sumados al tiempo que pueden permanecer esperando las unidades para sus traslados, resistiendo las condiciones drásticas del intemperie, frío, calor, humedad, lluvia, polvos, inseguridad y riesgo de sufrir accidentes, entre otras condiciones, alternativas de atención hay muchas desde pensar la opción de las residencias universitarias, con opciones laborales, becas y apoyos escolares, hasta la visión de un transporte universitario único para toda la metrópoli que permitiría una expectativa mucho más favorable para la salud de los jóvenes universitarios y reduciría esas condiciones de exposición que merman su atención, salud y rendimiento escolar.

Los retos en salud ambiental y calidad del aire, están en la mejora de la calidad de los combustibles y la búsqueda de alternativas ecológicas, el rediseño de la ciudad, la reorganización del transporte público, la equidad e igualdad de oportunidades cuando de mujeres en zonas rurales se trata y cuya condición de exposición al humo de leña les incrementa el riesgo de enfermedades cardiovasculares y cáncer de pulmón. Hablar de mejorar el aire que se respira, también implica áreas verdes, movilidad no motorizada, desarrollo de ciudades medias y pequeñas, repensar las fuentes de empleo la escolaridad a distancia para reducir traslados, entre otras adecuaciones y e implementación de políticas públicas para la salud y el bienestar.

Referencias bibliográficas

- Behrentz, E. 2009. Impacto del sistema de transporte en los niveles de contaminación percibidos por los usuarios del espacio público. *Dearquitectura*.123-128
- Benítez, S.E., Kanda, I., Wakamatsu, S., Okazaki, Y. y Kawano, M. (2014). Analysis of criteria air pollutant trends in three Mexican Metropolitan Areas. *Atmosphere*, 5(4), 806-829.
- Carazo Fernández, L., Fernández Alvarez, R., González-Barcala, F. J., y Rodríguez Portal, J. A. (2013). Contaminación del aire interior y su impacto en la patología respiratoria. *Archivos de Bronconeumología*, 49(1), 22–27. <https://doi.org/10.1016/j.arbres.2012.04.005>
- Chan, L.Y., Chan, C.Y., and Qin, Y., 2002. The effect of commuting microenvironment on commuter exposures to vehicular emission in Hong Kong. *Atmos. Environ.*, 33 (11): 1777–1787.
- Dehays, J. y Schuschny, A. (2018). Una propuesta de indicadores para medir la pobreza energética en América Latina y el Caribe. ENERLAC. *Revista de energía de Latinoamérica y el Caribe*, 2(2), 106-124.
- Dennekamp, M., Mehenni, O., Cherrie, J., Seaton, A. 2002. Exposure To Ultrafine Particles And Pm2.5 In Different Micro-Environments. *Ann. Occup. Hyg.* 46 (1) 412–414.
- Fitz D. (2003). Characterizing the Range of Children’s Pollutant Exposure during School Bus Commutes. California Air

Resources Board. Department of Environmental Health Sciences. School of Public Health. University of California

Fonseca, M., Tereshchenko, I., Mayor, Y. G., Figueroa, A., Cuesta, O. y Monzón, C. (2018). Atmospheric Pollution by PM10 and O3 in the Guadalajara Metropolitan Area, Mexico. *Atmosphere*, 9 (7), 1-21. <https://doi.org/10.3390/atmos9070243>

García, M. E., Ramírez, H.U, Ulloa, H., Arias, S. y Pérez, S. (2012). Las Inversiones térmicas y la contaminación atmosférica en la Zona Metropolitana de Guadalajara (México). *Investigaciones geográficas*, 58, 09-29. <https://doi.org/10.14198/INGEO2012.58.01>

Gee, I., Raper, D. 1999. Commuter exposure to respirable particles inside buses and by bicycle. *The Science of the Total Environment* 235:403-405.

Guarnieri, M. y Balmes, J.R. (2014). Outdoor air pollution and asthma. *The Lancet*, 383 (9928), 1581– 1592. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(14\)60617-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(14)60617-6)

Gulliver, J., Briggs, D. 2004. Personal exposure to particulate air pollution in transport microenvironments. *Atmospheric Environment*, 38 :1–8

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC, 2018). Informe Nacional de Calidad del Aire 2017, México. <https://sinaica.inecc.gob.mx/archivo/informes/Informe2017.pdf>

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, (INECC,

2019). Informe Nacional de Calidad del Aire 2018, México. Recuperado de <https://sinaica.inecc.gob.mx/archivo/informes/Informe2018.pdf>

Ji, X., Han, M., Yun, Y., Li, G. y Sang, N. (2015). Acute nitrogen dioxide (NO₂) exposure enhances airway inflammation via modulating Th1/Th2 differentiation and activating JAK-STAT pathway. *Chemosphere*, 120, 722–728. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2014.10.039>

Jurado, S.R., Bankoff, A.D.P. y Sánchez, A. (2014). Indoor air quality in Brazilian universities. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 11(7), 7081–7093. <https://doi.org/10.3390/ijerph110707081>

Knibbs, L., Hunter, T., Morawska, L. 2011. A review of commuter exposure to ultrafine particles and its health effects. *Atmospheric Environment*, 45, 2611–2622

Kwas, H., Rahmouni, N., Zendah, I., y Ghédira, H. (2017). Symptômes respiratoires et trouble ventilatoire obstructif chez la femme tunisienne exposée à la biomasse. *Revue de Pneumologie Clinique*, 73(3), 120–126. <https://doi.org/10.1016/j.pneumo.2017.02.004>

Merlin, E.A. y de Almeida, M. (2014). College students' perception of classroom noise and its consequences on learning quality. *Audiology-Communication Research*, 19(2), 138–144. <http://dx.doi.org/10.1590/S2317-64312014000200007>

Morawska, L., Ristovski, Z., Jayaratne, R., Keogh, D., Ling, X. 2008. Ambient nano and ultrafine particles from motor

vehicle emissions: characteristics, ambient processing and implications on human exposure. *Atmospheric Environment* 42(35).8113-8138.

Oyarzún G, M. (2010). Contaminación aérea y sus efectos en la salud. *Revista Chilena de Enfermedades Respiratorias*, 26, 16–25. <https://doi.org/10.4067/S0717-73482010000100004>

PNUD: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2007). Enfoque de equidad de género para iniciativas de energía sostenible (Vol. 1). Recuperado de: http://americatinagenera.org/newsite/images/cdr-documents/Experiencias/pnud_equidad_genero_energia_sostenible1.pdf

Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial, SEMADET, (2014). Inventario de Emisiones de Contaminantes Criterio del Estado de Jalisco 2008. <https://semadet.jalisco.gob.mx/medio-ambiente/calidad-del-aire/inventario-de-emisiones-de-contaminantes-criterio-para-el-estado-de>

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2019). Lineamientos para la obtención y comunicación del Índice de Calidad del Aire y Riesgos a la Salud. (NOM-172-SEMARNAT-2019). Diario Oficial de la Federación. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5579387&fecha=20/11/2019

Smith, K. R., Balakrishnan, K., Butler, C., Chafe, Z., Fairlie, I., Kinney, P. y Jäger, J. (2012). Energy and Health. In J. Jäger (Ed.), *Global Energy Assessment* (GEA). California, Esta-

dos Unidos. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511793677.01>

Stafford, T.M. (2015). Indoor air quality and academic performance. *Journal of Environmental Economics and Management*, 70, 34-50. <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2014.11.002>

Ulloa, H., García, M.E., Pérez, A., Meulenert, A. y Ávila, D. (2011). Clima y radiación solar en las grandes ciudades: Zona Metropolitana de Guadalajara (Estado de Jalisco, México). *Investigaciones Geográficas*, 56, 165-175. <https://doi.org/10.14198/INGEO2011.56.09>

Vallero, D. 2008. *Fundamentals of air pollution*. Academic Press is an imprint of Elsevier.

Wöhrnschimmel, H. 2004. Exposición personal a contaminantes del aire en el transporte público de avenida Insurgentes. Centro de Transporte Sustentable.

Zarza, M. P., Ruiz-serrano, M. y Barquín, C. S. (2018). La pobreza energética en mujeres rurales mexicana: el adobe como tecnología sustentable. *Energy poverty in Mexican rural women: Brick as a sustainable technology*. 7(9), 81–98.

Zuurbier, M., Hoek, G., Oldenwening, M., Lenters, V., Meliefste, K., Hazel, P., Brunekree, Bert. 2010. Commuters Exposure to Particulate Matter Air Pollution is affected by mode of transport, fuel type, and route. *Environmental Health Perspectives* 118 (6).783-789.

Sobre los autores



Juan Gabriel Torres Pasillas. Originario de Valparaíso, Zacatecas, se tituló en 2017 como Psicólogo Clínico con mención honorífica por la Universidad Autónoma de Zacatecas. Posteriormente estudió la Maestría en Ciencias de la Salud Ambiental en la Universidad de Guadalajara con su tesis de investigación sobre contaminación del aire, ruido, análisis de molestia y síntomas auto-reportados en dos centros universitarios de la UDG. Adicionalmente fue voluntario de investigación en el Laboratorio de Psicofisiología del sueño de la Facultad de Psicología en la Universidad Autónoma de Nuevo León, realizó un verano de investigación científica en la Universidad Autónoma de Tlaxcala y una estancia de investigación en Mell & Enid Zuckerman College of Public Health en la Universidad de Arizona.



Kenia Marcela Gonzalez Pedraza. Ingeniero de Petróleos de la Universidad Surcolombiana, especialista en Gerencia de la Seguridad y Salud en el trabajo de la Universidad ECCI y Maestra en Ciencias de la Salud Ambiental de la Universidad de Guadalajara. Actualmente se desempeña como profesor investigador en Gestión de la Seguridad y Salud en el trabajo de la Corporación Universitaria UNITEC de Colombia y profesor del técnico profesional en salud laboral y ambiental de la institución Frankfort Academy de Costa Rica. Ha coordinado el área de investigación del programa de ingeniería en seguridad e higiene ocupacional de la Fundación Universitaria Horizonte, dirigido y asesorado tesis de especialización e impartido cursos de metodología de la investigación y salud ocupacional.



Perla Berenice Sánchez Torres. Licenciada en Biología y Maestra en Ciencias de la Salud Ambiental, parte de sus estudios académicos y experiencia profesional, se desarrolló en entornos académicos e institucionales, colaborando con docentes e investigadores en diferentes proyectos de investigación. Los temas que desarrollé tuvieron que ver con contaminantes ambientales y los riesgos a la salud que conlleva la exposición a éstos, también sobre métodos de monitoreo y tratamiento de muestras en matrices ambientales.



Martha Georgina Orozco Medina. Directora del Instituto de Medio Ambiente y Comunidades Humanas, CUCBA U de G, Profesora de Tiempo Completo de la Maestría en Ciencias de la Salud Ambiental, (PNPC, CONACYT), Profesora Investigadora Titular C, Miembro del Sistema Nacional de Investigadores, Perfil PRODEP, miembro del Cuerpo Académico Consolidado de Salud Ambiental y Desarrollo Sustentable, Directora de la Revista de Divulgación Científica y Tecnológica Sembrando Conciencia del CUCBA U de G. Responsable de la línea de investigación de contaminación del aire, ruido y salud. Coordinadora del área de investigación de Biólogos Colegiados de Jalisco, A. C.



Arturo Figueroa Montañón. Profesor investigador Departamento de Física, CUCEI; Universidad de Guadalajara y profesor de la Maestría en Ciencias de la Salud Ambiental (MCSA) del CUCBA. Ha dirigido y asesorado un total de 12 tesis de maestría, así como algunas tesis de Licenciatura en Biología. Entre sus más recientes productos académicos destacan 4 capítulos de libro enfocados al diagnóstico de la calidad del aire en ambientes urbanos, así como algunos artículos científicos publicados en revistas tanto nacionales como internacionales en relación a la calidad del aire e impacto a la salud, además de la relación entre los tipos de situaciones sinópticas y la calidad del aire.

Efecto de la contaminación ambiental por fluoruros sobre los estados afectivos

Jairo Gabriel Alvarez Ortiz

Mario Eduardo Flores Soto

Ana Raquel Ramos Molina

Abraham Puga Olguín

César Soria Fregozo

Resumen

La contaminación ambiental por fluoruros afecta a diferentes organismos debido a su toxicidad, y puede alterar las interrelaciones ecológicas entre plantas y animales. El agua es el principal componente de los organismos, vehículo de sales y minerales esenciales para el desarrollo de estos. El agua de origen hidrotermal representa la principal vía de exposición a fluoruros. En este sentido, la Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda una concentración de 1.5 mg/L de flúor en el agua para consumo humano, mientras que en México la Secretaría de Salud 0.7 mg/L. Sin embargo, en diferentes partes del mundo la concentración del flúor en aguas subterráneas puede ir desde 0.5 hasta 48 mg/L. En México, se estima que 5 millones de personas están expuestas a diferentes concentraciones de flúor (1.5 - 18.5 mg/L). La toxicidad del flúor afecta a tejidos blandos como el cerebro, modificando la fisiología cerebral y por ende la conducta de los sujetos. En este sentido, la ingesta de flúor a dosis de 5 y 10 ppm en ratas y ratones durante el desarrollo genera alteraciones conductuales, como la ansiedad o desesperanza experimental, que podrían estar asociadas a la disminución de la concentración de serotonina o cambios en la expresión de sus receptores. Por lo tanto, el presente capítulo describe el efecto del flúor sobre los estados afectivos, así como el mecanismo molecular sobre variables conductuales relacionadas con un estado depresivo, por efecto del consumo crónico de agua fluorada desde la perspectiva de la toxicología ambiental a nivel experimental.

Introducción

La contaminación del agua subterránea por fluoruros se debe principalmente al contacto del agua con las rocas que contienen minerales como la fluorita (CaF_2), criolita (Na_3AlF_6) y fluorapatita ($\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$). En México, las concentraciones de flúor varían según la región. Particularmente, en la región Altos de Jalisco se han reportado valores de 5.6 hasta 18.58 ppm (Fawell *et al.*, 2006; Hurtado y Gardea-Torresdey, 2004; Ortiz, *et al.*, 1998). Así, la población que habita regiones endémicas con altas concentraciones de flúor corre el riesgo de desarrollar algún padecimiento asociado a la presencia del flúor, siendo la fluorosis dental y esquelética la forma más evidente (Ghosh y Ghosh. 2019). El flúor ingresa al organismo de forma directa a través del agua potable, y de forma indirecta por productos de higiene como las pastas dentales y fuentes primarias de alimentación (vegetales y animales) (Ranjan y Yasmin. 2015).

En el organismo, el flúor es absorbido en el intestino y cierta cantidad de este se acumula en los tejidos duros y blandos como el cerebro (Kalisinska *et al.*, 2014). Las alteraciones histopatológicas y funcionales ocasionadas por el flúor se deben principalmente a la generación de radicales libres, disminución de la actividad de enzimas antioxidantes y alteraciones en la generación de segundos mensajeros, así como en procesos funcionales que provocan daño y muerte neuronal (Shashi y Kumar. 2016). Estos efectos pueden alterar los procesos cognitivos, conductuales y afectivos (Lui *et al.*, 2014; Li *et al.*, 2019).

Con todo lo antes expuesto, el presente capítulo aborda generalidades del flúor y sus posibles efectos a nivel celular y molecular, que podrían estar modulando variables conductuales indicadoras de un estado de desesperanza, lo cual podría inferir un incremento del estado depresivo, desde una perspectiva de la toxicología ambiental a nivel experimental.

1. Contaminación ambiental

Existen diferentes factores que inciden en la salud de las comunidades que cohabitan un espacio, elementos químicos, físicos, biológicos y socioeconómicos. A partir de estos se determina el bienestar o la enfermedad de los diversos elementos de la comunidad, plantas, microorganismos, hongos, animales y humanos (Moeller, 2005). Para cada elemento que interactúa en el medioambiente, agua, aire, suelo y alimentos; se reconocen diversos contaminantes químicos, físicos y biológicos. En el aire podemos encontrar compuestos orgánicos volátiles, materia particulada y esporas fúngicas. En el suelo se pueden encontrar fungicidas, metales pesados, bacterias, parásitos, entre otros. Por lo tanto, los alimentos pueden contener bacterias patógenas, toxinas, metales pesados y/o compuestos tóxicos (Moeller, D., 2005). Mientras que, en el agua se reporta la presencia varios de los contaminantes antes mencionados, además de algunos elementos químicos que pueden ocasionar daño a la salud, tales como el flúor (Gupta *et al.*, 2005).

2. Salud ambiental y calidad del agua

El agua es un componente fundamental del medio ambiente funciona como vehículo de minerales esenciales para el desarrollo fisiológico y, al mismo tiempo, de diversos contaminantes físicos, químicos y microbiológicos que pueden desencadenar procesos patológicos en aquellos individuos que la consumen. De esta manera, el control de la calidad y seguridad del agua es fundamental para el correcto desarrollo de los seres vivos, aumentando los beneficios que de ella se obtienen y disminuyen los estresores ambientales que puede desencadenar (WHO, 2011).

Diversos estudios han demostrado el efecto nocivo de metales pesados en peces, por ejemplo, cromo (Cr), plomo (Pb), zinc (Zn), níquel (Ni), entre otros; los cuales pueden provocar alteraciones fisiológicas en diversos órganos como el hígado, el corazón y el riñón, entre otros, desencadenando diversas patologías e incluso llevando a la muerte de los individuos. Algunos de estos elementos también originan problemas de reproducción e infertilidad, coadyuvando a la extinción de las especies (Afshan, S., Ali, S., Ameen, U.S., Farid, M., Bharwana, S.A., Hannan, F., et al., 2014; Healey, N., 2009; Wang, J.Z., Peng, S.C., Chen, T.H., Zhang, L., 2016).

De igual forma, los contaminantes presentes en el agua pueden generar daños a las plantas y cultivos. Por ejemplo, metales pesados como Zn y cadmio (Cd) presentes en el agua de riego, originan un crecimiento menor, así como oxidación

en diversos cultivos (Nagajyoti, P.C., Lee, K.D. y Sreekanth, T.V., 2010). El exceso en la concentración de cobre (Cu) en el suelo, genera estrés oxidativo y especies reactivas al oxígeno (ROS, por sus siglas en ingles); por otro lado, altos niveles de Pb inducen morfología anormal en las plantas, mientras que elevadas concentraciones de Ni alteran algunas funciones de la membrana celular (Edelstein, y Ben-Hur, 2017). Estas afectaciones pueden derivar en afectaciones económicas por pérdidas de cultivos, decremento del valor nutricional de las plantas y alteraciones fisiológicas en diversos órganos de los consumidores, generando así, un desbalance de la salud.

En humanos, la exposición a diversos contaminantes puede ser de forma directa o indirecta. Así, la ingesta de productos alimenticios o agua con presencia de algún contaminante físico, químico o biológico puede alterar procesos fisiológicos esenciales para el mantenimiento de la salud. En este sentido, la Organización Mundial de la Salud (OMS) ha establecido lineamientos y recomendaciones para el manejo de riesgos sanitarios que pueden comprometer la seguridad del agua potable tanto en aspectos de calidad, como de acceso y manejo de la misma (WHO, 2011). En estas recomendaciones se encuentran las concentraciones máximas y límites permitidos para los diversos elementos y contaminantes que pudieran encontrarse en el agua de consumo humano.

3. Naturaleza y toxicidad del flúor

El flúor es un elemento esencial para el crecimiento y desarrollo del ser humano, interviene en la mineralización de los huesos y previenen la formación de caries dental. La ingesta diaria recomendada para llevar a cabo dichas funciones, está en el rango de 0.05 a 0.07 mg/Kg de peso, lo que equivale a 2.5 - 3.5 mg/día en una persona de 50 Kg de peso (Buzalaf y Levy, 2011; O'Mullane, *et al.*, 2016). La ingesta total de flúor está determinada principalmente por la cantidad de agua consumida y la concentración de flúor en ésta, en menor proporción por los alimentos y productos de higiene bucal y en menor medida por inhalación (Buzalaf, y Whitford, 2011). De acuerdo con estos parámetros se han determinado las concentraciones óptimas de flúor en el agua de consumo humano, siendo de 0.7 a 1.5 ppm las concentraciones adecuadas para obtener los beneficios antes mencionados (NOM-201-SSA1, 2015; WHO, 2011). En diversas regiones del mundo, el agua de consumo presenta elevadas concentraciones de flúor de hasta 48 ppm, derivadas de la actividad volcánica de la región (Fawell *et al.*, 2006; Jha, Mishra, Sharma, y Damodaran, 2011). En México, diecisiete estados de la zona centro, noroeste y suroeste presentan contaminación por fluoruros en agua subterránea y su presencia se ha asociado con rocas que presentan cuarzo, feldespatos, fluorita y apatita (Ortega-Guerrero 2009). Las concentraciones reportadas de este elemento oscilan desde 1.5 hasta 2.8 ppm en la mayor parte de los estados, aunque se pueden encontrar valores de 5.6, 7.8 y hasta 18.58 en la región de Los Altos de Jalisco (Fawell

et al., 2006; Hurtado y Gardea-Torresdey, 2004; Ortiz, *et al.*, 1998). Se ha reportado que poblaciones humanas expuestas a dicho elemento, puede ocasionar efectos nocivos para la salud (Choi *et al.*, 2012; Zhang *et al.*, 2015).

Los primeros signos de la ingesta crónica de flúor se pueden observar en la dentadura, como la aparición de manchas, desde blanquecinas hasta marrón oscuro, resultado de la hipodesmineralización del esmalte dental (Piazza, Barteik y Rubén, 2011). Estos cambios se presentan durante el desarrollo dental, por lo que aquellos individuos en dicha etapa son los más susceptibles a desarrollar la fluorosis dental. Si la ingesta de elevadas concentraciones de flúor persiste, se puede desarrollar fluorosis esquelética, un estado avanzado de fluorosis que se manifiesta con un incremento en la masa y densidad ósea de diversas articulaciones (Jha *et al.*, 2011). Además de estos efectos, diversos órganos blandos presentan morfología celular anormal, daño de organelos intracelulares, necrosis, inflamación e inclusive alteraciones funcionales derivadas de la exposición crónica al flúor. Algunos de estos efectos se han observado en hígado, riñones, corazón, pulmones y el tracto gastrointestinal (Perumal *et al.*, 2013).

Por otro lado, estudios clínicos han reportado que población infantil expuesta a elevadas concentraciones de flúor muestran un bajo coeficiente intelectual respecto a niños que habitan en zonas con bajo contenido de flúor (Choi *et al.*, 2012; Zhang *et al.*, 2015). Estos resultados demuestran los efectos adversos del flúor sobre el desarrollo neurológico (Choi *et al.*,

2015). Estudios preclínicos reportan que la exposición crónica a fluoruro de sodio (NaF 20 mg/L) durante 60 días provoca una disminución en el peso cerebral, alteraciones morfológicas, deterioro axonal y edema mitocondrial. Además, induce el incremento de diversos neurotransmisores, tales como: noradrenalina, dopamina y serotonina (5-hidroxitriptamina, 5-HT) en diversas regiones cerebrales (Pereira *et al.*, 2011). Estos resultados muestran que la exposición a elevadas concentraciones de flúor provoca daños estructurales y funcionales del sistema nervioso central, y puede alterar el neurodesarrollo con efectos sobre el aprendizaje, la memoria y los estados emocionales (Bartos *et al.*, 2019).

4. Toxicidad del flúor sobre el metabolismo cerebral

Las neuronas utilizan glucosa como principal fuente de energía para la función cerebral. Se sabe poco acerca de su transporte y metabolismo a nivel cerebral. Se ha reportado que ratas expuestas a 25, 50 y 100 ppm de flúor desde la gestación y edad adulta (60 días), muestran alteraciones en el metabolismo energético cerebral al disminuir la expresión del transportador a glucosa tipo 1 (GLUT1) en la corteza cerebral e hipocampo (Jiang *et al.*, 2014). Sin embargo, en ratas adultas tras la exposición al flúor durante 30 días a concentraciones de 10 o 50 ppm, la expresión de las proteínas transportadoras a glucosa GLUT 1 y GLUT 3 en la corteza frontal y el cuerpo estriado no se modifican, mientras que la recaptura de glucosa incrementa, probablemente como mecanismo compensatorio en la absorción y utilización (Rogalska *et al.*, 2017). Aunado

a esto, la exposición crónica al flúor altera los cofactores para el metabolismo de lípidos (Jiang *et al.*, 2014) y disminuye proteínas totales y la fracción de lípidos en el cerebro. En este sentido, dichas modificaciones podrían inducir la progresión de enfermedades neurodegenerativas (Guan *et al.*, 1998).

Por otro lado, la exposición al flúor durante la gestación y el desarrollo altera la actividad de las enzimas unidas a la membrana neuronal, como la actividad del complejo ATPasa-Na⁺/K⁺, lo cual modifica la excitabilidad neuronal, la homeostasis, la señalización intracelular, la producción de ATP mitocondrial y el metabolismo energético (Waugh, 2019). Además, en ratas expuestas al flúor, enzimas como la succinato deshidrogenasa, lactato deshidrogenasa, alanina aminotransferasa, aspartato aminotransferasa, arginasa, esterasa, isocitrato deshidrogenasa, fosfatasa y aconitasa y creatina fosfoquinasa, disminuyen su actividad en el cerebro (Vani y Reddy, 2000). En este sentido, el flúor tiene efectos sobre el metabolismo de carbohidratos, lípidos y proteínas a nivel cerebral, que puede afectar el metabolismo energético, la excitabilidad neuronal y por ende la comunicación neuronal.

5. Mecanismo celular y molecular del flúor en el cerebro

El flúor puede alterar diversos procesos celulares y las vías de señalización relacionadas con la expresión génica, el ciclo celular, la proliferación y migración celular, el metabolismo, el transporte de iones, necrosis, apoptosis y el estrés oxidativo (Figura 1).

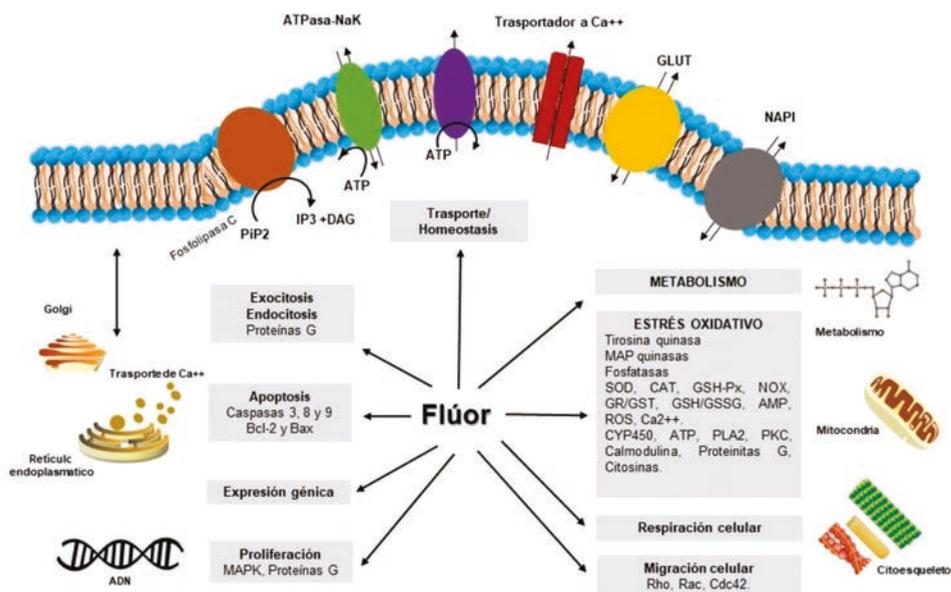


Figura 1. Principales vías de señalización activadas por efecto del flúor en células de mamífero. Abreviaturas: NOX: NADPH oxidasas, enzimas antioxidantes (SOD: superóxido dismutasa, CAT: catalasa y Gpx: glutatión peroxidasa), GSH/GSSG: glutatión reducido/ glutatión oxidado, GLUT: transportador a glucosa, PIP2: fosfatidilinositol bisfosfato, DAG: Diacilglicerol, IP3: inositol 1,4,5-trifosfato, ATP: adenosín trifosfato, GLUT: transportador de glucosa y Rho, Rac y Cdc42: pequeñas GTPasas.

El efecto del flúor a nivel cerebral se le ha relacionado principalmente al estrés oxidativo, neuroinflamación y alteraciones en la liberación de diversos neurotransmisores (Barbier *et al.*, 2010). La exposición al flúor induce incremento en ROS, lipoperoxidación y disminución de la capacidad antioxidante en neuronas y células gliales (Pain, 2017; Zhang *et al.*, 2017). La activación de las células gliales incrementa la producción de citocinas proinflamatorias (Dec *et al.*, 2017; Yan *et al.*, 2016) que promueven el daño neuronal y neuroinflamación. Además, el flúor altera la síntesis de diversos neurotransmisores, la actividad enzimática, expresión de receptores

y la plasticidad neuronal (Scheff *et al.*, 2005; Chirumari *et al.*, 2007). Por otro lado, el daño y muerte neuronal por exposición al flúor ocurre por vía apoptótica mediante la generación de radicales libres y por excitotoxicidad; se reporta un incremento en la producción de ROS, disminución en la síntesis de glutatión, incremento del ascorbato cerebral y disminución en la absorción de glutamato (Shivarajashankara *et al.*, 2002; Inkielewicz y Krechniak, 2004). Se ha reportado que ratas hembra expuestas a 20 ppm de flúor durante 14 días inhiben enzimas mitocondriales responsables del transporte de electrones durante la glucólisis y el ciclo de Krebs (Dousset *et al.*, 1987; Vani y Reddy, 2000).

Asimismo, debido a su capacidad reactiva, el flúor también puede formar complejos con otros iones, por ejemplo, el complejo aluminio/flúor puede activar ciertas proteínas G, y así promover cascadas de señalización mediante la activación de diversos receptores a neurotransmisores, como la 5-HT, dopamina, glucagón, noradrenalina, acetilcolina y algunos opioides. Dicha activación puede conducir a la excitotoxicidad y desencadenar la muerte neuronal y pérdida del potencial sináptico (Lan *et al.*, 2001; Blaylock, 2004). En este sentido, la exposición a 0.5 ppm del complejo flúor/aluminio a ratas macho adultas durante 52 semanas disminuye el volumen de las zonas CA1 y CA4 del hipocampo por la pérdida neuronal (Varner *et al.*, 1998). Kinawy AA. (2019), reportó que la administración del complejo flúor/aluminio (floururo de sodio 150 mg/L y cloruro de aluminio 500 mg/L) en ratas macho del sexto día de gestación hasta el destete, disminuye la actividad

del complejo ATPasa-Na⁺ / K⁺ y superóxido dismutasa en el hipotálamo e hipocampo, mientras que el NO (óxido nítrico) y la peroxidación lipídica incrementa.

Por otro lado, se ha observado un aumento en la actividad de la COX-2 (ciclooxigenasa), así como de la concentración de PGE2 (prostaglandinas) en la corteza prefrontal y el hipocampo; este efecto derivado de la exposición a lo largo del tiempo al flúor a concentraciones de 50 ppm a edades pre y posnatal en ratas Wistar (Dec *et al.*, 2019). Por tanto, el flúor puede alterar el metabolismo cerebral, y generar deterioro de las funciones normales del sistema nervioso y provocar cambios en el estado afectivo del individuo (Liu *et al.*, 2014b; Li *et al.*, 2019).

El flúor al tener la capacidad de atravesar la barrera hematoencefálica mediante transporte activo (Yu-Huan *et al.*, 1998) se acumula dentro de las neuronas y afecta sus características fisiológicas y morfológicas; induciendo el transporte de algunos iones (Dec *et al.*, 2019; Shivarajashankara *et al.*, 2017). Algunas de las alteraciones que se han detectado por efecto de la exposición al flúor en ratas son: cromatólisis en neuronas piramidales, aglutinación de células granulares y distorsión del neuropilo (Shashi *et al.*, 2016). Muy probablemente estas alteraciones se deban a que el flúor activa la cascada de señalización de la vía MAP quinasa, y con ello incrementa la salida de iones de Cl⁻ del espacio intracelular, lo que altera el metabolismo y la propagación del impulso nervioso neuronal (Mittal *et al.*, 1996). Otro de los efectos del

flúor reportado, es el incremento en el número de neuronas positivas para NADPH-d (nicotinamida adenin dinucleotido fosfatasa reducida; las cuales son células capaces de producir especies de reactivas de nitrógeno), aumento de ramificaciones e intersecciones dendríticas en la amígdala y el putamen. Fenómenos fisiológicos que probablemente inducen la muerte neuronal (Bhatnagar et al., 2011).

6. Neurobiología de los trastornos depresivos

Los trastornos depresivos son un conjunto de alteraciones psiquiátricas que generan una alta discapacidad en las personas que los padecen, afectando aspectos personales, laborales, la realización de actividades cotidianas y la resolución de problemas; por lo tanto, se ha reconocido como un problema de salud pública (Molina-Jiménez *et al.*, 2020; Puga-Olguín *et al.*, 2020). Dentro de los trastornos depresivos, el trastorno de depresión mayor tiene una alta prevalencia y se estima que afecta aproximadamente a más de 300 millones de personas en todo el mundo (WHO, 2007); algunos de sus síntomas principales son la tristeza, alteraciones del sueño, baja movilidad, anhedonia (incapacidad de experimentar placer), sentimientos de inutilidad o de culpa e ideación suicida; los cuales deben estar presentes durante un periodo mínimo de dos semanas, generando así, un deterioro de la calidad de vida.

La causa de la depresión mayor sigue sin entenderse completamente, esta es de origen multifactorial, donde

la predisposición innata (genética) y factores externos son determinantes (Nestler *et al.*, 2002). El riesgo de padecer depresión vinculado a aspectos genéticos es de aproximadamente 40% - 50%, donde algunos autores hablan de una arquitectura genética compleja que abarcan diferentes vías de neurotransmisión y plasticidad sináptica (Howard *et al.*, 2019); sin embargo, aunque exista esta vulnerabilidad en algunas personas, los factores no genéticos (estrés, infecciones virales, entre otras) y medioambientales siempre son determinantes en su desarrollo.

Por otro lado, la desregulación del eje hipotalámico-hipofisario-adrenal (HHA) también se ha vinculado con el trastorno depresivo mayor. Se ha reportado, que el estrés crónico altera el funcionamiento de este eje, donde la hiperactividad del eje HHA va acompañada de un incremento de la liberación de glucocorticoides, principalmente cortisol (Mayer, Lopez-Duran, Sen, y Abelson, 2018). En este sentido, muchas estructuras cerebrales relacionadas con las emociones y el componente afectivo tienen una gran cantidad de receptores a glucocorticoides (cortisol, cortisona y corticosterona), donde una sobre activación del sistema genera alteraciones en el funcionamiento de estructuras tales como el hipocampo, el núcleo paraventricular del hipotálamo, la corteza prefrontal y la amígdala, principalmente, las cuales son regiones blanco para las hormonas del estrés, donde estas alteraciones generan así cierta vulnerabilidad a desarrollar ansiedad y depresión como su correlato, generalmente en personas que se encuentran ante situaciones de estrés crónico (McEwen, 2005; Puga *et al.*, 2020).

Los circuitos subyacentes involucrados en la depresión son dinámicos y es probable que muchas estructuras cerebrales participen. Estudios de resonancia magnética funcional han demostrado que alteraciones en el funcionamiento de estructuras como la corteza prefrontal, hipocampo y amígdala, suelen aparecer en pacientes con depresión (Kraus, Castren, Kasper, y Lanzenberger, 2017). El hipocampo y la corteza prefrontal participan principalmente en la toma de decisiones y aspectos cognitivos de la depresión; como deterioro de la memoria, sentimientos de inutilidad, desesperanza, culpa e ideación suicida. Por otro lado, la amígdala, el núcleo accumbens y el núcleo septal lateral; son de importancia en la memoria emocional, y su disfuncionalidad se relaciona con estados de anhedonia, ansiedad y reducción de la motivación (Nestler *et al.*, 2002; Thomas, Burock, Knudsen, Deterding, y Yadin, 2013); lo cual explicaría algunos síntomas de la depresión como alteraciones del sueño, disminución de la energía, apetito y disminución del deseo sexual (Nestler *et al.*, 2002).

Por otro lado, se ha demostrado la participación de factores neurotróficos en la depresión mayor, afectando procesos de neuroplasticidad cerebral y neurogénesis, donde el factor de crecimiento nervioso y el factor neurotrófico derivado del cerebro (NGF y BDNF, por sus siglas en inglés) son los más estudiados en investigación preclínica y clínica; donde la disfuncionalidad de plasticidad cerebral se ha relacionado con alteraciones de estas neurotrofinas, las cuales juegan un papel importante en la fisiopatología de la depresión, así como en las funciones emocionales y cognitivas (Kraus *et al.*, 2017).

En pacientes deprimidos y en animales sometidos a modelos experimentales de depresión se ha observado una reducción de BDNF en el hipocampo, la corteza prefrontal y amígdala, entre otras estructuras (Kraus *et al.*, 2017; Liu *et al.*, 2014a), las cuales participan en la regulación del estado de ánimo. En este sentido, tomando en conjunto, podemos ver que el trastorno de depresión mayor es un trastorno psiquiátrico complejo, en el cual están implicados múltiples estructuras cerebrales y factores subyacentes a la enfermedad.

Efecto del flúor sobre variables indicadoras de la conducta depresiva

Parte de la neurobiología que subyace a la depresión ha sido identificada en animales expuestos a manipulaciones que reproducen algunos síntomas de este trastorno (Rodríguez-Landa *et al.*, 2012). Existen diversas pruebas especializadas al estudio de este comportamiento. Entre las mayormente utilizadas se encuentra, la prueba de nado forzado. La cual ha sido empleada para determinar si una sustancia tiene la capacidad de modificar variables asociadas a conductas tipo depresivas (Bartos *et al.*, 2019; Liu *et al.* 2014b).

Este modelo fue propuesto por Porsolt, Le Pichon y Jalfre en 1977. El cual consiste en colocar una rata o ratón en un cilindro con suficiente agua para que no pueda tocar el fondo con sus patas traseras. Al colocar el animal en el estanque, este manifiesta acciones sugerentes de búsqueda de una salida, se desplaza vigorosamente de un lado al otro del estanque,

realiza inmersiones, saltos y trata de escalar las paredes. Al cabo de unos minutos adopta por lo menos dos tipos de actitudes. En una de ellas, simplemente se mantienen a flote, con por lo menos un tercio del lomo por fuera de la superficie del agua en una actitud sugerente de conservación de energía. En la segunda, hacen los mínimos movimientos para mantener la nariz por fuera de la superficie del agua e incluso estiran las extremidades posteriores o el rabo, manteniendo el cuerpo en un ángulo entre 30 y 45 grados (Figura 2A). En este segundo caso se asume que el animal ha encontrado una forma de resolver el conflicto, mediante la adopción de la inmovilidad, pero que ha abandonado la motivación por escapar de la situación de apremio. Se trata de una prueba que no tiene solución, por ello se le ha considerado que remeda la desesperanza que caracteriza uno de los síntomas de la depresión (Contreras et al., 2003; Duman, 2010; Rodríguez-Landa et al., 2012).

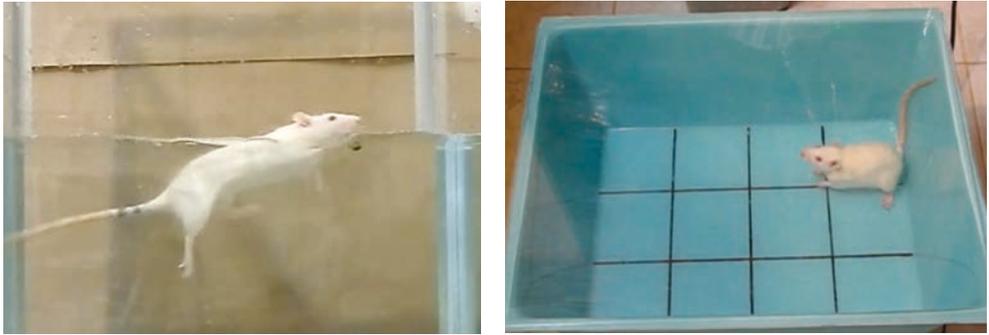


Figura 2. A) Estanque rectangular de vidrio (60 x 30 x 50 cm) utilizado para la prueba de nado forzado. B) Caja de acrílico (44 x 33 x 20 cm) con el piso delineado en cuadros de 11 x 11cm empleada para evaluar la actividad locomotora durante 5 minutos de prueba.

Algunas de las variables que se registran en esta prueba son: latencia al primer periodo de inmovilidad, tiempo total de inmovilidad y el número total de inmovilidades, las cuales permiten identificar el grado de desesperanza conductual que los sujetos experimentan (Contreras et al., 2001). La prueba consiste en sesión pre-prueba con duración de 15 min y al siguiente día una segunda sesión de prueba con duración de 5 min, para evaluar el estado de desesperanza, dado que, ya se produjeron todos los cambios neuroquímicos a nivel cerebral (Porsolt et al., 1977).

Por otro lado, el empleo del modelo de nado forzado ha demostrado que la ingesta crónica de agua fluorada (0.7, 1.5, 5 y 10 ppm) durante la gestación y edad posnatal modifica las variables indicadoras de desesperanza conductual en la rata macho adulta. Particularmente, ratas expuestas a 5 ppm incrementan el tiempo total de inmovilidad en la prueba de nado forzado (Tabla 1). Dicho incremento refleja un estado

de desesperanza conductual en los sujetos experimentales expuestos al consumo de agua fluorada, es decir el flúor parece tener un efecto de tipo “depresivo”. Sin cambios en la actividad locomotriz. Cabe mencionar que aunado a la prueba de nado forzado se realiza una prueba de actividad locomotriz (Figura 2B) para descartar cualquier tipo de efecto de sedación o cambio en la locomoción de los animales descartando así, algún efecto que pueda interferir en los resultados (Hernández et al., 2017).

Tabla 1. Variables evaluadas en la prueba de nado forzado indicadoras de la conducta depresiva

Grupo	Latencia	Frecuencia	Tiempo
Control	4.74±0.67	43.10±5.18	76.37±15.02
0.7 ppm	3.75±0.46	50.50±3.42	96.17±5.67
1.5 ppm	2.94±0.42	62.70±6.62	85.17±10.28
5 ppm	4.02±0.68	51.00±6.83	140.92±16.83 *
10 ppm	5.07±0.64	49.30±4.35	88.18±18.85
	[F (4, 45) = 2.068, p= 0.100]	[F (4, 45) = 1.706, p= 0.165]	[F (4, 42) = 2.696, p= 0.043] * vs control

*Datos analizados mediante análisis de varianza (ANOVA) de una vía para muestras repetidas y representan la media ± desviación estándar de cada variable. Diferencias significativas de $p \leq 0.05$; prueba post hoc de Tukey.

Conclusión

El flúor presente en el agua de consumo, es un componente fundamental para la preservación de la salud, sin embargo, también es un elemento potencialmente tóxico que, bajo ciertas condiciones, altera la morfología y fisiología celular, modifica el metabolismo y funciones de órganos blandos como el cerebro, e induce conductas tipo depresivas.

El estrés oxidativo representa la patogénesis de las alteraciones fisiológicas y conductuales por efecto del flúor. Lo anterior probablemente se debe a la activación de células de la microglía que incrementan las ROS y el estrés oxidativo inducido por especies reactivas de nitrógeno, generando procesos neuroinflamatorios. Estos hallazgos confirman que estresores ambientales (flúor) influyen en la salud de los individuos, específicamente por contaminantes presentes en el agua de beber. Sin embargo, el efecto dependerá de la concentración, tiempo de exposición y edad de los sujetos.

Por lo tanto, la contaminación del agua por fluoruros debe de considerarse como un problema de salud pública debido a su potente efecto tóxico en diversos órganos y sistemas de los organismos. Por lo cual, se debe regular el consumo crónico de agua fluorada a concentraciones mayores de lo establecido en las normas nacionales e internacionales.

Referencias Bibliográficas

- Afshan, S., Ali, S., Ameen, U.S., Farid, M., Bharwana, S.A., Hanan, F., et al. (2014). Effect of different heavy metal pollution on fish. *Research journal of chemical and environmental sciences*, 2(1):74-9
- Barbier, O., Arreola-Mendoza, L., y del Razo, L. M. (2010). Molecular mechanisms of fluoride toxicity. *Chemico-Biological Interactions*, 188(2), 319–333.
- Bartos, M., Gumilar, F., Gallegos, C. E., Bras, C., Dominguez, S., Cancela, L. M., & Minetti, A. (2019). Effects of Perinatal Fluoride Exposure on Short- and Long-Term Memory, Brain Antioxidant Status, and Glutamate Metabolism of Young Rat Pups. *International Journal of Toxicology*, 38(5), 405–414.
- Bhatnagar, M., Rao, P., Jain, S and Bhatnagar R. (2011). Neurotoxicity of fluoride: Neurodegeneration in hippocampus of female mice. *IJEB 2*, 40(05): 546-54.
- Blaylock, R.L. (2004). Excitotoxicity: A possible central mechanism in fluoride neurotoxicity. *Fluoride* 37(4), 301-314.
- Buzalaf, M., y Levy, S. (2011). Fluoride Intake of Children: Considerations for Dental Caries and Dental Fluorosis. En M. Buzalaf. (Ed.), *Fluoride and the Oral Environment* (pp. 1-19). Basel, Suiza: Karger.
- Buzalaf, M., y Whitford, G. (2011). Fluoride Metabolism. En M.

Buzalaf. (Ed.), *Fluoride and the Oral Environment* (pp. 1-19). Basel, Suiza: Karger.

Chirumari, K., y Reddy P.K. (2007). Dosedependent effects of fluoride on neurochemical milieu in the hippocampus and neocortex of rat brain. *Fluoride*. 40:101-110

Choi, A.L., Sun, G., Zhang, Y., y Grandjean, P. (2012). Developmental fluoride neurotoxicity: A systematic review and meta-analysis. *Environmental Health Perspectives*.120:1362-1368.

Choi, A.L., Zhang, Y., Sun, G., Bellinger, D.C., Wang, K., Yang, X.J., et al. (2015). Association of lifetime exposure to fluoride and cognitive functions in Chinese children: A pilot study. *Neurotoxicology and Teratology* 47:96-101.

Contreras, C. M., Rodríguez-Landa, J. F., Gutiérrez-García, A. G., Morales, B. B., y Saavedra, M. (2003, April). El estudio experimental de la ansiedad y la depresión. *Ciencia*, 54(2), 29–39.

Contreras, C. M., Rodríguez-landa, J. F., Gutiérrez-garcía, A. G., Bernal-morales, B., y Bernal-morales, B. (2001). The lowest effective dose of fluoxetine in the forced swim test significantly affects the firing rate of lateral septal nucleus neurons in the rat. *Journal of Psychopharmacology*, 15(4), 231–236.

Dec, K., Lukomska, A., Maciejewska, D., Jakubczyk, K., Baranowska-Bosiacka, I., Chlubek, D., et al. (2017). The influence of fluorine on the disturbances of homeostasis

in the central nervous system. *Biological Trace Element Research*. 177:224-234.

Dec, K., Lukomska, A., Skonieczna-Żydecka, K., Kolasa-Wołoskiuk, A., Tarnowski, M., Baranowska-Bosiacka, I., & Gutowska, I. (2019). Long-term exposure to fluoride as a factor promoting changes in the expression and activity of cyclooxygenases (COX1 and COX2) in various rat brain structures. *NeuroToxicology*.

Dousset, J.C., Rioufol, C., Philibert, C., Bourbon, P. (1987). Effects of inhaled HF on cholesterol, carbohydrate and trioxycarboxylic acid metabolism in guinea pigs. *Fluoride* 20:137-41.

Duman, C. H. (2010). Models of depression. En G. Litwack (Ed.), *Vitamins and hormones* (1st ed., Vol. 82, pp. 1-21). Academic Press.

Edelstein, M., y Ben-Hur, M. (2017). Heavy metals and metalloids: Sources, risks and strategies to reduce their accumulation in horticultural crops. *Scientia Horticulturae*, 234, 431-444.

Fawell, J., Bailey, K., Chilton, J., Dahi, E., Fewtrell, L., y Magara, Y. (2006). *Fluoride in drinking-water*. (WHO, Ed.). IWA Pub.

Ghosh, S y Ghosh D. (2019). Impact of fluoride toxicity on fresh water fishes: a mini-review. *International Journal of Advance & Innovative Research*, 6(2): 11.

- Guan, Z.Z, Wang, Y.N, Xiao, K.Q., Dai, D.Y., Chen, Y.H., Liu, J.L., Sindelar, P., y Dallner, G. (1998). Influence of chronic fluorosis on membrane lipids in rat brain. *Neurotoxicol Teratol*, 20(5): 537-42.
- Gupta, S., Deshpande, R. y Agarwal, M. (2005). Origin of high fluoride in roundwater in the North Gujarat-Cambay region, India. *Hydrogeol. J.* 13, 596-605
- Healey, N. (2009). Lead toxicity, vulnerable subpopulations and emergency preparedness. *Radiation protection dosimetry*, 134(3-4):143-51.
- Hernández, F., Rodriguez, J., Puga, A., Germán, L., Rivadeneyra, E., Bernal, B. (2017). Analysis of Activity and Motor Coordination on Rats Undergoing Stereotactic Surgery and Implantation of a Cannula Into the Dorsal Hippocampus. *Neurología*. 32(9): 579-586.
- Howard, D. M., Adams, M. J., Clarke, T. K., Hafferty, J. D., Gibson, J., Shirali, M., . . . McIntosh, A. M. (2019). Genome-wide meta-analysis of depression identifies 102 independent variants and highlights the importance of the prefrontal brain regions. *Nat Neurosci*, 22(3), 343-352.
- Hurtado, R., y Gardea-Torresdey, J. (2004). Environmental evaluation of fluoride in drinking water at “Los Altos de Jalisco,” in the Central Mexico Region. *Journal of Toxicology and Environmental Health - Part A*, 67(20-22), 1741-1753.
- Inkielewicz, I., y Krechniak, J. (2004). Fluoride effects on glutathione peroxidase and lipid peroxidation in rats. *Fluoride* 37:7-12.

- Jha, S. K., Mishra, V. K., Sharma, D. K., y Damodaran, T. (2011). Fluoride in the Environment and Its Metabolism in Humans. En D. M. Whitacre (Ed.), *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology* (Vol. 211, pp. 121-142). Springer Netherlands.
- Jiang, C., Zhang, S., Liu, H., Guan, Z., Zeng., Q, Zhang, C., Lei, R., Xia, T., et al., (2014). A: Low glucose utilization and neurodegenerative changes caused by sodium fluoride exposure in rat's developmental brain. *Neruomol Med*, 16(1): 94-105.
- Kalisinska, E., Bosiacka-Baranowska, I., y Lanocha, N. (2014). Fluoride concentrations in the pineal gland, brain and bone of goosander (*M. merganser*) and its prey in Odra River estuary in Poland. *Env Geo Health*, 36(6): 1063-77.
- Kinawy, A. A. (2019). Synergistic oxidative impact of aluminum chloride and sodium fluoride exposure during early stages of brain development in the rat. *Environmental Science and Pollution Research*. 26(11), 10951-10960.
- Kraus, C., Castren, E., Kasper, S., y Lanzenberger, R. (2017). Serotonin and neuroplasticity - Links between molecular, functional and structural pathophysiology in depression. *Neurosci Biobehav Rev*, 77, 317-326.
- Lan, J.Y., Skeberdis, V.A., Jover, T., Zheng, X., Bennett, M.V., y Zukin, RS. (2001). Activation of metabotropic glutamate receptor 1 accelerates NMDA receptor trafficking. *J Neurosci* 21:6058-68.

- Li, X., Zhang, J., Niu, R., Manthari, R. K., Yang, K., y Wang, J. (2019). Effect of fluoride exposure on anxiety- and depression-like behavior in mouse. *Chemosphere*, 215, 454–460.
- Liu, D., Xie, K., Yang, X., Gu, J., Ge, L., Wang, X., y Wang, Z. (2014a). Resveratrol reverses the effects of chronic unpredictable mild stress on behavior, serum corticosterone levels and BDNF expression in rats. *Behav Brain Res*, 264, 9-16.
- Liu, F., Ma, J., Zhang, H., Liu, P., Liu, Y. P., Xing, B., y Dang, Y. H. (2014a). Fluoride exposure during development affects both cognition and emotion in mice. *Physiology and Behavior*, 124, 1–7.
- Mayer, S. E., Lopez-Duran, N. L., Sen, S., y Abelson, J. L. (2018). Chronic stress, hair cortisol and depression: A prospective and longitudinal study of medical internship. *Psychoneuroendocrinology*, 92, 57-65.
- McEwen, B. S. (2005). Glucocorticoids, depression, and mood disorders: structural remodeling in the brain. *Metabolism*, 54(5 Suppl 1), 20-23.
- Mittal R, Ahmadian M.R, Goody R.S y Wittinghofer A. (1996). Formation of a transition-state analog of the Ras GT-Pase reaction by Ras-GDP, tetrafluoroaluminate, and GTPase-activating proteins. *Science*, 273(5271): 115-17.
- Moeller, D. W. (2005). Environmental Health (Third). Cambridge: Harvard University Press.
- Molina-Jiménez, T., Juárez-Portilla, C. J., Cortés-Sol, A., Flores-

Muñoz, M., & Limón-Morales O. Trastornos depresivos. En: Herrera-Meza G, Molina-Jiménez T, Tamariz Rodríguez A, Puga-Olguín A (eds.). Trastornos Nuerofuncionales: Perspectivas Neurobiológicas y de Atención. Xalapa: Universidad de Xalapa A.C., 2020; pp. 85-115.

Nagajyoti, P.C., Lee, K.D. y Sreekanth, T.V.M. (2010). Heavy metals, occurrence and toxicity for plants: a review. *Environ Chem Lett* 8, 199–216.

Nestler, E. J., Barrot, M., DiLeone, R. J., Eisch, A. J., Gold, S. J., & Monteggia, L. M. (2002). Neurobiology of depression. *Neuron*, 34(1), 13-25.

Norma Oficial Mexicana de la Secretaría de Salud. (2015). Productos y servicios. Agua y hielo para consumo humano, envasados y a granel. Especificaciones sanitarias. NOM-201-SSA1-2015. Diario Oficial de la Federación, 22 de diciembre de 2015.

O'Mullane, D., Baez, R., Jones, S., Lennon, M., Petersen, P., Rugg-Gunn, A., ... Whitford, G. (2016). Fluoride and Oral Health. *Community Dental Health*, 33, 69–99.

Ortega-Guerrero M.A. (2009). Presencia, distribución, hidrogeoquímica y origen de arsénico, fluoruro y otros elementos traza disueltos en agua subterránea, a escala de cuenca hidrológica tributaria de Lerma-Chapala, México. *Rev. Mex. Cienc. Geo.* 26, 143-161.

Ortiz, D., Castro, L., Turrubiartes, F., Milan, J. y Díaz-Barriga, F. (1998). Assessment of the exposure to fluoride from

drinking water in Durango, México, using a geographic information system. *Fluoride*, 31(4), 183-187

Pain G. Mechanisms of fluoride neurotoxicity-a quick guide to the literature. 2017. Available from: https://www.researchgate.net/publication/312057754_Mechanisms_of_Fluoride_Neurotoxicity_A_quick_guide_to_the_literature

Pereira, M., Dombrowski, P. A., Losso, E. M., Chioca, L. R., Da Cunha, C., y Andreatini, R. (2011). Memory impairment induced by sodium fluoride is associated with changes in brain monoamine levels. *Neurotoxicity Research*, 19(1), 55-62.

Perumal, E., Paul, V., Govindarajan, V., y Panneerselvam, L. (2013). A brief review on experimental fluorosis. *Toxicology Letters*, 223(2), 236-251.

Piazza, L. A., Barteik, E., y Rubén, H. (2011). Fluorosis endémica en zonas rurales del norte y noroeste de la provincia de Córdoba, Argentina. *Revista de Salud Pública*, XV(1), 40-48.

Porsolt, R. D., Le Pichon, M., y Jalfre, M. (1977). Depression: a new animal model sensitive to antidepressant treatments. *Nature*, 266, 730

Puga-Olguín, A., Rodríguez-Landa, J. F., Morales-Arias, A., Soria-Fregozo, C., y Barrientos-Bonilla, A. A. Trastornos de ansiedad. En: Herrera-Meza G, Molina-Jiménez T, Tamariz Rodríguez A, Puga-Olguín A (eds.). Trastornos Neurofuncionales: Perspectivas Neurobiológicas y de

Atención. Xalapa: Universidad de Xalapa A.C., 2020; pp. 139-164.

Ranjan, S., y Yasmin S. (2015). Assessment of fluoride intake through food chain and mapping of endemic areas of Gaya district, Bihar, India. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 94(2): 220-4.

Rodriguez-Landa, J. F., Bernal Morales, B., y Gutierrez García, A. G. (2012). Estrés, miedo, ansiedad y depresión. En G. Coria Avila (Ed.), *Neurofisiología de la Conducta, cerebro y comportamiento* (pp. 135-165). Veracruz, México: Universidad Veracruzana.

Rogalska, A., Kuter, K., Żelazko, A., Głogowska-Gruszka, A., Świętochowska, y Nowak, P. (2017). Fluoride Alteration of [3H]Glucose Uptake in Wistar Rat Brain and Peripheral Tissues *Neurotox Res*; 31(3): 436-43.

Scheff, S.W., Price, D.A., Hicks, R.R., Baldwin, S.A., Robinson, S., Brackney, C. (2005). Synaptogenesis in the hippocampal CA1 field following traumatic brain injury. *Journal of Neurotrauma*, 22:719-732.

Shashi, A., y Kumar, J. (2016). Neuropathological changes in hippocampus in Albino rat in fluoride toxicity. *International Journal of Basic and Applied Medical Sciences*, 6(3): 17-25.

Shivarajashankara, Y.M., y Shivashankara, A.R. (2012). Neurotoxic effects of fluoride in endemic skeletal fluorosis and in experimental chronic fluoride toxicity. *JCDR*, 6(4): 740-

44.

Shivarajashankara, Y.M., Shivashankara, A.R., Bhat, G.P., Rao, SH. (2002). Brain lipid peroxidation and antioxidant systems of young rats in chronic fluoride intoxication. *Fluoride* 35:197-203.

Thomas, E., Burock, D., Knudsen, K., Deterding, E., y Yadin, E. (2013). Single unit activity in the lateral septum and central nucleus of the amygdala in the elevated plus-maze: a model of exposure therapy? *Neurosci Lett*, 548, 269-274.

Vani, L.M., y Reddy, K.P. (2000). Effects of fluoride accumulation on some enzymes of brain and gastrocnemius muscle of mice. *Fluoride* 33:17-26.

Varner, J. A., Jensen, K. F., Horvath, W., y Isaacson, R. L. (1998). Chronic administration of aluminum-fluoride or sodium-fluoride to rats in drinking water: alterations in neuronal and cerebrovascular integrity. *Brain Research*, 784(1-2), 284–298.

Wang, J.Z., Peng, S.C., Chen, T.H., Zhang, L. (2016). Occurrence, source identification and ecological risk evaluation of metal elements in surface sediment: toward a comprehensive understanding of heavy metal pollution in Chaohu Lake, Eastern China. *Environmental Science and Pollution Research*, 23(1):307-14.

Waugh, D.T. (2019). Fluoride Exposure Induces Inhibition of Sodium-and Potassium-Activated Adenosine Triphos-pha-

tase (Na⁺, K⁺-ATPase) Enzyme Activity: Molecular Mechanisms and Implications for Public Health. *Int J Environ Res Public Health*; 16(8):1427.

World Health Organization. (2011). Guidelines for drinking-water quality, third edition, incorporating first addendum. Geneva. World Health Organization.

World Health Organization. (2007). Atlas: global resources for persons with intellectual disabilities. Geneva: World Health Organization.

Yan, N., Liu, Y., Liu, S., Cao, S., Wang, F., Wang, Z., et al. (2016). Fluoride-induced neuron apoptosis and expressions of inflammatory factors by activating microglia in rat brain. *Molecular Neurobiology*. 53:4449-4460.

Yu-Huan, H.U., y Si-Shung, W.U (1998). Fluoride in cerebrospinal fluid of patients with fluorosis. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, 51: 1591-93.

Zhang, K.L., Lou, D.D., Guan, Z.Z. (2015). Activation of the AGE/RAGE system in the brains of rats and in SH-SY5Y cells exposed to high level of fluoride might connect to oxidative stress. *Neurotoxicology and Teratology*. 2015; 48:49-55.

Zhang, S., Zhang, X., Liu, H., Qu, W., Guan, Z., Zeng, Q., et al.(2015). Modifying effect of COMT gene polymorphism and a predictive role for proteomics analysis in children's intelligence in endemic fluorosis area in Tianjin, China. *Toxicological Sciences*, 144: 238-245.

Sobre los autores



Jairo Gabriel Alvarez Ortiz. Químico Farmacobiólogo, Maestro en Ciencias de la Salud Ambiental por la Universidad de Guadalajara (U de G). Ha participado en proyectos de investigación sobre efectos nocivos de contaminantes ambientales, específicamente aquellos con efectos a nivel conductual.



Mario Eduardo Flores Soto. Doctor en Ciencias Biomédicas con Orientación en Neurociencias por la Universidad de Guadalajara. Investigador Asociado en el Centro de Investigación Biomédica de Occidente del Instituto Mexicano del Seguro Social. Línea de investigación: Neurodegeneración; estrés oxidativo en el Sistema Nervioso Central, excitotoxicidad, plasticidad neuronal y envejecimiento. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores nivel II.



Ana Raquel Ramos Molina. Ingeniero Bioquímico por la Universidad de Guadalajara, Maestra en Ciencia y Tecnología. Estudiante del Doctorado en Ciencia y Tecnología con orientación en Biomédica, Universidad de Guadalajara (UdG) sede CULagos. Líneas de investigación: Neurobiología Molecular y plasticidad cerebral: plantas medicinales con efectos ansiolíticos y/o antidepresivos y su relación con concentraciones hormonales. Docente en el área de ciencias experimentales (biología, química, ecología) a nivel preparatoria, en el CBTIS 262 de Lagos de Moreno, Jalisco. Correo electrónico ana.ramos3858@alumnos.udg.mx



Abraham Puga Olguín. Licenciado en Química Farmacéutica Biológica, Maestría y Doctorado en Neuroetología con orientación en Neurofarmacología por la Universidad Veracruzana. Línea de investigación: “Neuroendocrinología de la Ansiedad y la Depresión”. Adscripción: Unidad de Salud Integrativa, Centro de EcoAlfabetización y Diálogo de Saberes, Universidad Veracruzana; Xalapa, Veracruz, México. Correo electrónico: abpuga@uv.mx. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores como Candidato a Investigador Nacional.



Cesar Soria Fregozo. Licenciado en Biología, Doctor en Ciencias Biomédicas con Orientación en Neurociencias por la Universidad de Guadalajara (UdeG). Líneas de investigación: “Neurobiología molecular y toxicología ambiental: correlación morfo-funcional de procesos cognitivos relacionados con los elementos tóxicos que modifican la estructura neuronal”. Adscripción: Laboratorio de Ciencias Biomédicas, Área de Histología y Psicobiología, Centro Universitario de los Lagos de la UdeG, Lagos de Moreno, Jalisco, México. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores nivel I. Correo electrónico: csoria@culagos.udg.mx

**Los parques como un espacio de
oportunidades socio-culturales
para la salud y bienestar de las
personas en las ciudades**

Christiane Jeglitzka

María Guadalupe Garibay-Chávez

Resumen

En los parques se mantienen procesos ecosistémicos básicos para la vida. Cuando estos entornos son salubres y seguros generan oportunidades de uso y actividades con altas contribuciones para la salud. Sin embargo, los vínculos de la experiencia con diferentes grupos de usuarios que integran los procesos psicológicos basada en los espacios del parque y sus atributos, rara vez se analizan para explicar los beneficios en la salud y bienestar humano.

Se demuestran los servicios culturales relacionados con las características y atributos naturales de un parque y la diversidad de actividades humanas que se expresan, y su contribución a la salud en forma holista -física, mental, emocional, espiritual y colectiva a través de diferentes vías y resultados.

Se evaluaron los servicios culturales y cinco componentes del bienestar en un parque urbano >100 ha. en el Área Metropolitana de Guadalajara, con metodología mixta, se aplicaron 100 encuestas y 33 entrevistas semiestructuradas a usuarios del parque entre 15 y 59 años de edad, distribuidos equitativamente por edad y género.

Las personas realizaron actividades y generaron beneficios para la salud individuales y en interacción con otros, que se relacionan con las características y atributos del parque y con diferentes beneficios terapéuticos y sociales. Se

provee un sistema de enlaces entre la base física del parque y beneficios en la salud, seguridad e buenas relaciones sociales. Además, se propone una vía interpretativa sobre la contribución en la salud del usuario por la experiencia en el parque, que favorece la generación de recursos como la regulación de emociones, mejora física y procesos cognitivos atribuidos a comportamientos saludables que se desarrollan en la infraestructura del parque. A partir de estos resultados, las oportunidades socioculturales que ofrecen los parques se pueden diferenciar por grupos de beneficiarios para potenciar las contribuciones en la salud humana.

Introducción

“En general todo, todo te ayuda, hasta pintar o estar simplemente sentado, te da tranquilidad o paz. Entonces creo que todo, todo aquí [en el parque] te da esa salud para ti”.

Juan, estudiante, 18 años, secundaria, visita semanal, vive a 6 km del parque.

Desde el campo de la salud ambiental, la salud de las personas está íntimamente relacionada con la calidad del ambiente donde las personas viven, trabajan y se recrean (MacArthur, 1999). Si los entornos son saludables, -esto es que cuentan con indicadores de calidad del aire, agua, suelos, áreas verdes, servicios e infraestructura básicos, ofertas para la recreación y para el tiempo libre, y seguridad, por señalar solo algunos-, las personas gozarán de una mejor salud que aquellos que viven en espacios con altos niveles de contamina-

ción ambiental, deterioro de su territorio, escasas áreas verdes, pérdida de biodiversidad y eliminados los servicios de los ecosistemas.

El ser humano tiene un vínculo interdependiente con la naturaleza, y ésta es fundamental para la vida, la salud y el bienestar. Desde la hipótesis de la Biofilia, se plantea que los seres humanos han evolucionado en la naturaleza, y tienen una necesidad de estar en contacto con ella. En este sentido mantener la conexión de las personas con la naturaleza es primordial ya que satisface una serie de necesidades humanas. Sin embargo, esta interconexión no siempre es evidente ni se comprende, y muchas veces se ignora. De ahí que es necesario visibilizar esta interdependencia humano-naturaleza, documentarla y tenerla presente al ser los seres humanos parte de un ecosistema, para generar y fortalecer entendimientos de ese vínculo en forma positiva y bidireccional.

En las ciudades, los parques urbanos son muchas veces los únicos espacios en donde las personas pueden entrar en contacto con el ambiente natural, por lo que se habría de promover en beneficiarios potenciales pasar tiempo en ellos, mejorar sus condiciones en cuanto a una mayor superficie de área verde, biodiversidad, infraestructura, mantenimiento, seguridad y oferta y opciones para los usuarios, generando con ello oportunidades para pasar mayor tiempo en contacto con la naturaleza.

La pregunta que guía este trabajo es ¿cómo los beneficios en el bienestar, incluida la salud se manifiestan a través de las oportunidades socioculturales de los usuarios en relación con los sitios y atributos del parque?

Objetivo

El objetivo propuesto fue determinar las oportunidades que ofrece el parque a sus usuarios, relacionar los atributos de este, con los beneficios en el bienestar humano en los usuarios del parque, y hallar diferencias entre los grupos beneficiados por el parque.

Marco teórico

Los parques urbanos, se agrupan en las áreas verdes o infraestructura verde dentro del perímetro urbano de las ciudades. Estas áreas se reconocen como estratégicas para mantener y promover la salud, así como para incrementar la resiliencia de los habitantes de los asentamientos humanos ante una diversidad de peligros o amenazas para la salud en un entorno cambiante, con altos niveles de deterioro ambiental y estilos de vida demandantes donde las personas presentan altos niveles de estrés, el cual constituye un factor de riesgo de pérdida de la salud.

Los parques son espacios de vida, donde habitan diferentes especies vegetales, animales, hongos y microbios, se generan ciclos, funciones y procesos ecosistémicos y sociocul-

turales, y exposiciones benéficas para la subsistencia, la salud y el bienestar humano, relacionados con las características del ambiente físico natural, la biodiversidad presente, las actividades y las experiencias que ahí se generan.

Los beneficios que brindan los ecosistemas son amplios. De acuerdo con la Evaluación de Ecosistemas del Milenio (EM), los ecosistemas están íntimamente relacionados con el bienestar humano, donde se incluye a la salud, a partir de los servicios ecosistémicos que brindan, estos se pueden agrupar en servicios de base, de regulación, aprovisionamiento y culturales. Los parques brindan *Servicios de base*: el ciclo del agua, ciclo de nutrientes, habitats, producción de oxígeno, fotosíntesis, formación de suelos, *Servicios de regulación*: control de la temperatura y humedad, captación de contaminantes, infiltración de agua de lluvia, control de erosión y degradación, control de plagas y vectores, habitat y reproducción de especies, y prevención de enfermedades, *Servicios de aprovisionamiento*: agua, microbiomas, oxígeno, paisaje, recursos genéticos, *Servicios culturales*: recreación y convivencia, inspiración, espiritualidad, historia e identidad, ecoturismo y educación.

Por qué los parques son imprescindibles para la salud y el bienestar humano

Hay una serie de vías a través de las cuales se explica que los parques y sus servicios ecosistémicos protegen, promueven, restauran la salud, y generan beneficios con impacto en el bienestar de las personas. Shanahan y cols. (2015) proponen

la existencia de vías directas como el efecto en la salud por la función ecosistémica por ejemplo, la vegetación y mejor calidad del aire e indirectas por ejemplo, a través de la oportunidad de realizar actividad física en la naturaleza. Factores físicos, sociales, culturales y actividades humanas influyen en los efectos en la salud y pueden ser claves para obtener un beneficio. La psicología positiva propone vías que explican como la experiencia de emociones positivas contribuye a la generación de recursos personales en los espacios naturales (Barragán y Morales, 2014). Según el modelo de ampliación y construcción de emociones positivas se crea un espiral ascendente que incluye repertorios de acciones y pensamientos y resulta en la transformación de la persona. Recientemente, vías psicológicas como la práctica de la atención plena (mindfulness) llamaron la atención como concepto prometedor para explicar los beneficios de la naturaleza (Raymond y Raymond, 2019).

Existen cada vez más estudios que prueban que la existencia y exposición a las áreas verdes contribuye a la salud y a una amplia gama de beneficios de tipo psicológico, cognitivo, fisiológico, social y mayor resiliencia de las personas (Sandifer, Sutton-Gier y Ward, 2015). Estudios epidemiológicos comprobaron la importancia que estos espacios tienen para la reducción del calor (van den Bosch y Sang, 2017), y mantener en zona de confort a sus visitantes, las altas temperaturas por arriba de 36 grados, que son consideradas como “temperatura de disparo” de hospitalizaciones (Estrella, 2017) se consideran un detonante de cuadros críticos, agravamien-

to de enfermedades y muertes en personas con padecimientos crónicos, entre ellos las de tipo circulatorio (de acuerdo a la Clasificación Internacional de Enfermedades -CIE 10: I00-199, se incluyen entre otras las muertes por enfermedades cardíacas, isquémicas, cerebrovasculares, de vena y arterias). El efecto terapéutico fue demostrado en los centros de terapia forestal en Japón. La práctica de baños de bosque registra importantes beneficios en las personas, como la reducción de la presión arterial, aumento de la relajación, disminución de los niveles de estrés, mejoras en el sistema inmune y un efecto tranquilizador (Miyazaki, 2018). Adicionalmente, se ha reportado en algunos estudios que una exposición semanal de 10 a 30 minutos a espacios verdes podría reducir la prevalencia de casos de depresión e hipertensión (Cox et al., 2017). Se identificó que los árboles grandes, longevos y abundantes generaban fitoncidas - aceites naturales antimicrobianos que emiten los árboles para defenderse de los patógenos- y que exponerse a ellos tenían un efecto positivo en el sistema inmune, aumentando las células NK, que combaten las células perjudiciales que causan enfermedades, como las cancerígenas. Además, reportaron mejoras en la concentración, memoria, energía y sueño (Li, 2018). Recientemente, vías sociales y económico-ecológicas fueron consideradas como valores intangibles (Díaz et al., 2018). En los parques se experimentan la tranquilidad, la paz, la felicidad (Cedillo-Camarena, 2017); las cuales contribuyen a la salud de las personas, y tienen un impacto social, al influir en la condición de bienestar subjetivo, y comunidades más resilientes frente al estrés cotidiano, las demandas de una vida apresurada y

sobre estimulada, y ante los cambios y problemas sociales (Garibay-Chávez, Curiel-Ballesteros y Cedillo-Camarena, 2018).

Los parques urbanos son una solución basada en la naturaleza considerada menos costosa para la atención de la salud pública (Frumkin, 2010). De acuerdo con la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN, 2020) las soluciones basadas en la naturaleza se sustentan en los ecosistemas y los servicios ecosistémicos que estos proveen, son parte de la historia de la humanidad.

Resulta, que hay una variedad de vías directas e indirectas desde donde se generan los beneficios que van desde la exposición e interacción con la naturaleza hasta los efectos sobre el bienestar; sin embargo, los estudios apenas vinculan estas vías con la experiencia en la naturaleza en lo que respecta a conceptualizaciones psicológicas. Esbozar la naturaleza de la experiencia de los usuarios del parque mediante una integración cruzada de conceptos de psicología positiva con la literatura sobre sostenibilidad y espacio contribuye a atender esta brecha.

Los parques son áreas de oportunidades socio-culturales

La demanda y oferta de las experiencias en la naturaleza depende de la existencia de una infraestructura verde (Hegetschweiler et al., 2017). Los parques se convierten en áreas de oportunidad, por ejemplo, para la convivencia, recreación y actividad física. Asimismo, el contexto geográfi-

co y sociocultural se asocia con diferentes actividades físicas y sociales con respecto a la naturaleza (Fischer et al., 2018) y consecuentemente con diferente demanda y oferta. Byrne y Wolch (2009) señalan que los parques se establecen más en función de las características del usuario, que en función del espacio y su contexto histórico y sociocultural.

Algunas características que hacen que un lugar contribuya a la salud y al bienestar y que las personas quieran pasar tiempo en él son, entre otras, la calidad ambiental, por ejemplo, las instalaciones del parque para la recreación y la socialización (Ribeiro y Cezar, 2016) y las comodidades del parque, por ejemplo, su tamaño, instalaciones y atractivo (Xu, Xin, Su, Weng y Cai, 2017). Bullock, Joyce y Collier (2018) señalan que las comodidades del lugar y los factores sociales, a menudo se ven frenados por una provisión inadecuada de infraestructura, y Krellenberg et al. (2014) refiere que las instalaciones, la ubicación y el entorno social influyen en el uso del parque. La facilidad geográfica y socioeconómica para el acceso (García y Strongin, 2011) y la percepción de seguridad y calidad de los espacios verdes están moderando los beneficios para la salud que se relacionan positivamente con la historia cultural del barrio (Weimann et al, 2017).

Las evidencias científicas señalan diferencias en las perspectivas de los grupos de usuarios de un parque. Por ejemplo, los habitantes más jóvenes buscan más interacciones sociales, mientras que los usuarios mayores del parque aprecian las experiencias en la naturaleza (Riechers, Barkmann

& Tschardt, 2018). Se identifican también diferencias en las preferencias de los usuarios: aquellos que son entusiastas del bosque y la naturaleza, los tradicionalistas, los buscadores de recreación y los multifuncionalistas (Schmidt, Walz, Martín-López y Sachse). Las características del usuario también están asociadas con la extensión de los lazos sociales y la calidad del parque (Kázmierczak, 2013). Es más probable que los hombres realicen actividades físicas intensas y visiten los parques con mayor frecuencia que las mujeres (Cohen et al., 2007). Kabisch et al., (2015) y Perevochtchikova et al., (2019) señalan la existencia de un desequilibrio de los estudios entre regiones y países por lo que se requiere tener mayores evidencias científicas de naciones en desarrollo. Aún así, dada una realidad de inequidades sociales y diversidad cultural de la cosmovisión hacia las relaciones humano-naturaleza en América Latina (Perevochtchikova et al., 2019) se requiere una mirada diferenciada de los grupos de beneficiarios y la contextualización social de las experiencias obtenidas.

Con base a lo anterior, se identifica un amplio espectro de beneficios que la exposición a áreas verdes tiene sobre la salud y el bienestar, las desigualdades en la generación de conocimientos y su difusión a nivel global, así como las carencias de información aún existentes en este campo, entre otros abordar los atributos particulares del parque y los diferentes perfiles de usuarios que integran los procesos psicológicos que rara vez se abordan de manera conjunta para explicar los resultados en la salud y el bienestar.

En este contexto, es necesario replantearse el valor no solo natural sino social que tienen los parques en relación con la salud y el bienestar humano. Por lo que es de suma relevancia establecer una política pública en México que reconozca los hallazgos sobre los diversos beneficios de los parques e incluyan programas dirigidos a la población y profesionales, para sensibilizar y alfabetizar sobre el tema. Una política de protección de parques desde la base de la salud y el bienestar de la población, consigue la protección de los parques y mejora de las condiciones de salud física y mental de las personas y su bienestar.

Métodos

El estudio realizado fue enmarcado en un paradigma interpretativo, desde una metodología mixta, donde se aplicó una encuesta con 100 cuestionarios, y 33 entrevistas semiestructuradas durante julio y agosto del año 2018, distribuidos equitativamente a usuarios jóvenes de 15 a 29 años y adultos de 30 a 59 años, con una edad media de 29 años, del parque Bosque Colomos (figura 1). Los participantes del estudio fueron residentes con un mínimo 6 meses en uno de los municipios del Área Metropolitana de Guadalajara, y se consideraron beneficiarios potenciales por el radio de influencia del parque de los municipios El Salto, Tlajomulco de Zúñiga, Tlaquepaque, Tonalá, Zapopan y Guadalajara, y turistas regionales y nacionales en la encuesta cualitativa para ampliar la perspectiva.

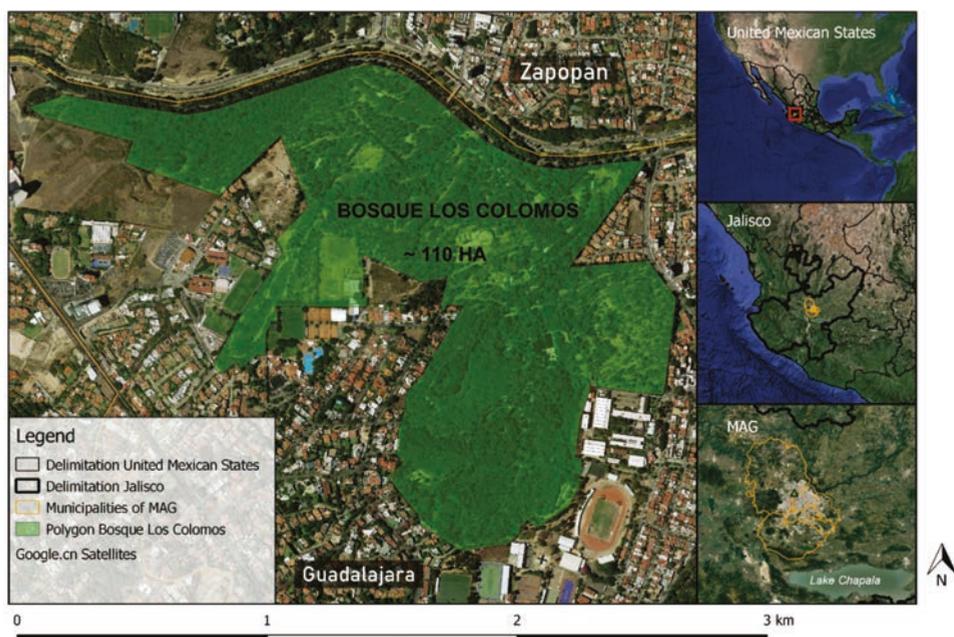


Figura 1. Área de estudio parque Bosque Los Colomos, ubicada en el área metropolitana de Guadalajara (AMG), México.

Los instrumentos fueron desarrollados ex profeso para esta investigación y probados en un estudio piloto. La encuesta consistió en preguntas abiertas y cerradas (opción múltiple) para determinar los atributos y características del parque y las actividades desarrolladas en el mismo, la identificación de los beneficios en el bienestar y la relación entre ambos. Se hizo mediante entrevistas semiestructuradas y cuestionarios. Los indicadores se desarrollaron a partir de los servicios ecosistémicos culturales y el referente teórico del bienestar de la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio y

bienestar humano (Corvalan et al., 2005). La relación entre las características de los sitios y beneficios en el bienestar fue generada tras un análisis de contenido y frecuencias de las respuestas siguiendo el método fenomenológico, el cual se centra en el significado de las experiencias y realidades vividas acerca de un fenómeno (Creswell y Creswell, 2017). Adicionalmente, se realizaron pruebas estadísticas de inferencia para analizar diferencias entre grupos de edad y género. Se usaron fotografías y fragmentos narrativos para evidenciar y relacionar los beneficios en el bienestar.

Resultados

Características y atributos del parque

El parque ofreció una amplia variedad de oportunidades socioculturales para sus usuarios, diferenciadas por las actividades desarrolladas en los espacios del parque y las características de los sitios. Complementariamente se identificaron oportunidades de uso deseables no reconocidas por los usuarios.

Las características que atrajeron a los usuarios fueron el ambiente natural donde destacaron los árboles y otras plantas, animales, la calidad del aire, presencia de agua. Además el entorno para la interacción con la naturaleza y la biodiversidad fueron apreciados por los encuestados. Otra categoría encontrada fue la infraestructura para actividades recreativas como la contemplación, la convivencia social, el deporte,

Actividades que se realizan en el parque

Las actividades que se desarrollaron en el parque fueron de distinto orden (figura 2), en primer lugar, convivir con otros, mencionado por más del 40 por ciento de las personas, estas actividades no se remitieron a un solo sitio, sino a una variedad de sitios atractivos del parque para tal fin. Le siguió el deporte y actividad física, la contemplación del paisaje - con sus elementos naturales y arquitectura - e interactuar con animales. Destacó el desarrollo relativamente bajo de actividades educativas y artísticas. Este resultado se confirmó con las propuestas que los usuarios hicieron de otras oportunidades de uso del parque. El 62,8% propuso ofertas educativas como recorridos e información, cursos y talleres de baile, música, manualidades y de relajación. El 14% propuso ofertas artísticas; teatro, conciertos y exposiciones. Además, un 14% fueron relacionadas con la infraestructura deportiva y de aventura, espacios para acampar y áreas para mascotas. El resto de los encuestados no hizo propuestas.

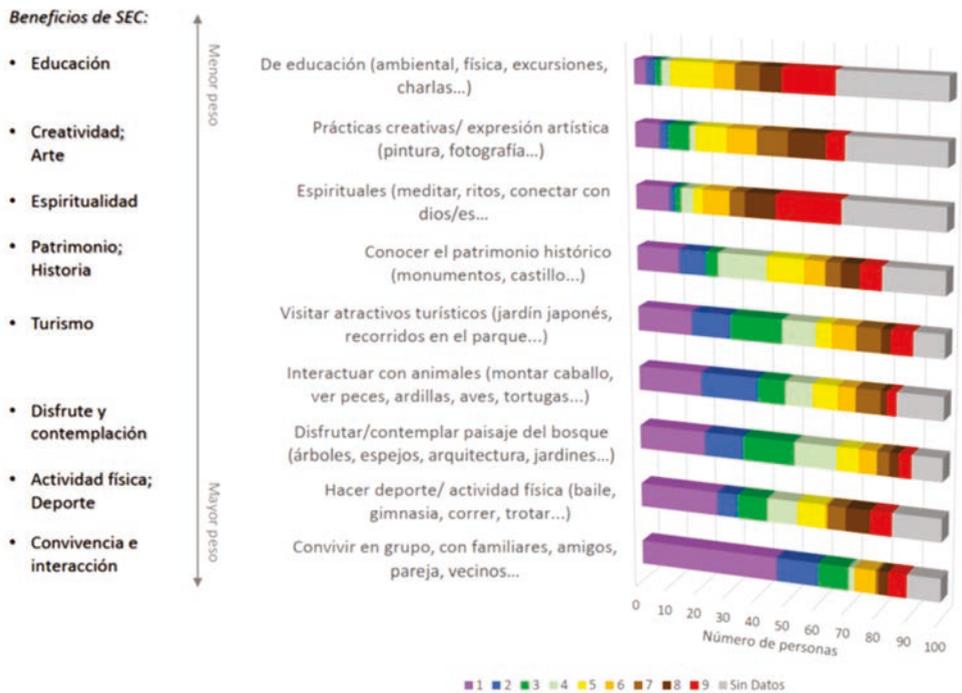


Figura 3. Actividades que se realizan en el parque, en una secuencia del 1 al 10, reportadas por los usuarios. La respuesta en color morado (1) fue seleccionada en primer lugar, la respuesta en color azul en segundo lugar (2) y así sucesivamente. Las respuestas no seleccionadas están en color gris (sin datos).

Beneficios del parque al bienestar de los usuarios

Los usuarios reportaron beneficios en la salud, las buenas relaciones sociales y la seguridad relacionados con el ambiente natural, los atractivos turísticos, la infraestructura de convivencia y la tranquilidad del espacio, entre otros atributos. En este apartado se presentan fragmentos narrativos expresados por las personas que evidencian los beneficios experimentados de su visita al

parque, por ejemplo:

“La sana convivencia, el estar contigo mismo, el hacer ejercicio, dormir bien, el desconectarte [de] la tecnología... Es el único lugar donde yo bajo mi teléfono [volumen]. Me desconecto y ya no me importa el trabajo, los hijos, no importan, yo me desconecto cuando entro al parque”.

Sebastián (de Uruguay), negocio propio, 47 años, licenciatura, visita diaria, vive a 5 km del parque.

Los beneficios en la salud percibidos por la visita del parque fueron: salud física (31,3%), la salud afectiva (27,6%), el bienestar general (7,1%) y beneficios cognitivos (3%). El 31% de los encuestados mencionaron funciones ecosistémicas por contar con un entorno saludable en el parque respecto a la calidad del aire (13%), y factores como la convivencia y encuentros sociales (6%), el ambiente calmado (5,2%), la interacción con la naturaleza (4,5%), y la presencia de baños, servicios médicos, la limpieza y seguridad que influyen en el beneficio (2,2%). Los beneficios en las buenas relaciones sociales se vincularon con beneficios en la salud, por ejemplo, la regulación emocional. La visita del parque fue favorable para fortalecer relaciones, derivado de una mejor comunicación, comprensión y empatía. La valoración de la unión familiar, la integración y socialización fueron

otros beneficios percibidos. Se distinguieron beneficios individuales como el desarrollo personal y beneficios al nivel comunitario como la cohesión social. La tabla 1 resume las categorías encontradas en la salud y las buenas relaciones sociales. La autenticidad y el desarrollo personal por ejemplo se reportó de la siguiente manera:

*“Cuando estas conviviendo en sociedad medio aparentas de ser alguien [...] y en la naturaleza no, **nadie te está pidiendo como debes de ser** ni nada, la hoja es hoja, el pájaro es pájaro y tú puedes ser como eres”.* Alberto, empleado, 25 años, preparatoria, visita trimestral, vive a 5 km del parque.

Tabla 1. Beneficios en las Buenas Relaciones Sociales (BRS) y en la Salud en el parque urbano Los Colomos.

Beneficios en las BRS	Beneficio directo en la salud
<p>Regulación emocional</p> <ul style="list-style-type: none"> - Calma, tranquilidad, pensar mejor - Cambio de perspectiva - Motivación - Disfrute, alegría - Estabilidad emocional <p>Cohesión social</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sentido de comunidad, cooperación y ayuda mutua - Compartir intereses, espacio y tiempo - Respeto mutuo <p>Establecer nuevas relaciones</p> <ul style="list-style-type: none"> - Amistades del parque y encuentros - Salir del círculo familiar, apertura <p>Consolidar relaciones</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fortalecer la comunicación - Comprensión y empatía, conocerse <p>Valoración de la unión familiar</p> <ul style="list-style-type: none"> - Convivencia familiar - Unión familiar e inter-generacional - Convivencia marital <p>Integración y socialización</p> <ul style="list-style-type: none"> - Integración - Socialización <p>Salir de la rutina (experiencias nuevas)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Salir de la rutina <p>Autenticidad y desarrollo personal</p> <ul style="list-style-type: none"> - Autenticidad - Desarrollo personal - Aceptar críticas 	<p>Física</p> <ul style="list-style-type: none"> - Vía respiratoria, asma - Condición física - Cardiovascular/ circulación - Reducción de peso - Activación, vitalidad - Rendimiento - Estiramiento muscular - Esquelética - Estética - Desintoxicación <p>Afectiva</p> <ul style="list-style-type: none"> - Relajación - Desestres - Tranquilidad - Armonía/ Paz - Control de estrés, ansiedad - Felicidad - Duermo mejor - Sentirse mejor - Establecer emociones <p>Salud/ bienestar general</p> <ul style="list-style-type: none"> - Salud mental/psicológica - Salud/bienestar física - Salud/bienestar <p>Cognitiva</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fluyen las ideas - Buenos recuerdos - Salir del estrés rutinario

Nota: Respuestas a preguntas abiertas de la encuesta categorizadas.

El 57.5% de los encuestados respondieron que se sentían muy seguros, el 38.5% dijeron que se sentían seguros y el 4% personas más o menos seguras. Ningún usuario respondió haberse sentido inseguro en el parque. La concordancia positiva sobre la sensación de seguridad fue percibida por la presencia de guardabosques (29%), la presencia de otras personas de mantenimiento (18%) y la limpieza y cuidado de instalaciones (16.9%). La iluminación en pistas (12%), la canalización del agua (6.5%), la seguridad de la colonia (6.1%), podas de árboles e instalaciones para combate de incendios (5.8%), entre otras.

Vínculos entre los sitios y atributos del parque y los beneficios reportados

La contribución en la salud del usuario consiste en un círculo favorable que abarca las actividades desarrolladas en el parque (artísticas, deportivas, de relajación y convivencia), que favorece la generación de recursos como la regulación de emociones, mejora física y procesos cognitivos. Estos comportamientos saludables que se desarrollan en la infraestructura del parque están relacionados con las características que atraen a los usuarios y fomentan los usos socioculturales del parque (p.ej. la biodiversidad, el aire limpio, sonidos, olores, infraestructura, etc.). La figura 4 muestra el círculo favorable para la salud. Un ejemplo se expresa de la siguiente manera:

“La gente se vuelve muy agresiva con el calor y aquí al menos hay sombra entonces están un poco más tranquilos”.

Aní, hogar, 34 años, posgrado, visita semestral, vive a 7 km del parque.

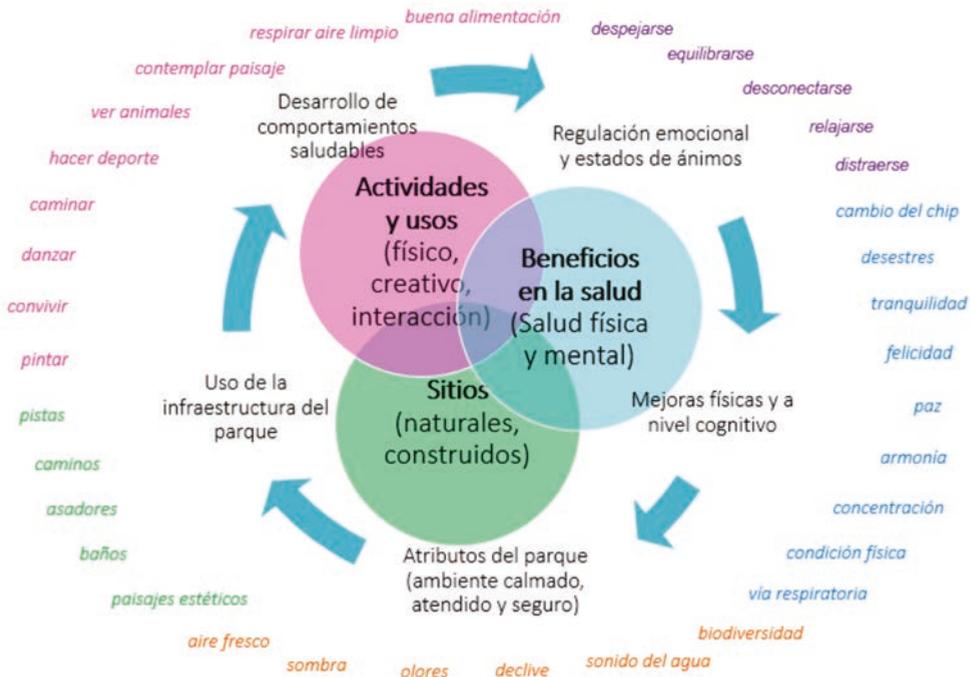


Figura 4. Relación entre sitios, actividades y beneficios en la salud señalados por los usuarios del parque. Las palabras en colores se relacionan con los sitios, actividades y usos y beneficios en la salud (representados en los círculos del centro).

La figura 4 presenta una síntesis de los resultados que relacionan los sitios y atributos del parque y los beneficios obtenidos por los usuarios. El parque contribuyó a la salud través de la construcción de recursos personales y comunitarios en sitios con atributos naturales y la infraestructura para la actividad física. La cohesión social y consolidación de relaciones sociales en el parque fueron percibidas benéficas para las buenas relaciones sociales y se atribuyeron al

ambiente natural, turístico, familiar y calmado. Por último, la alta percepción de seguridad y el estado de tranquilidad de los usuarios fueron asociados con el ambiente atendido del parque y sus servicios de vigilancia.

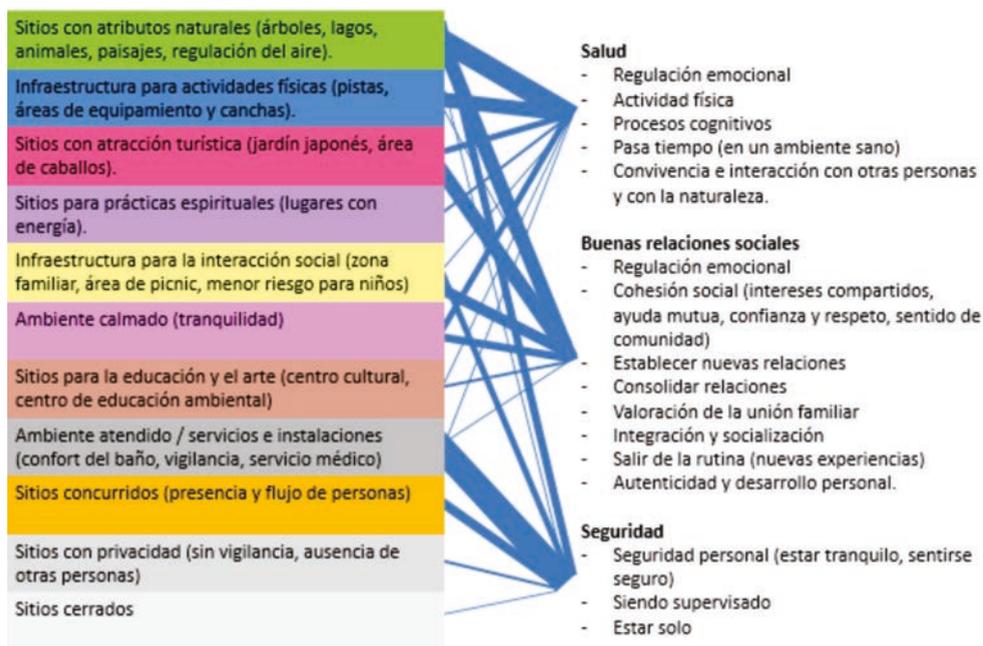


Figura 5. Sitios y atributos del parque vinculados con beneficios en salud, buenas relaciones sociales y seguridad. El ancho de las líneas es proporcional a la importancia que los usuarios le asignaron a los componentes del bienestar.

Los fragmentos narrativos y las imágenes destacan los beneficios en la salud, las buenas relaciones sociales y la seguridad, a través de la regulación emocional, actividad física y procesos cognitivos, y la interrelación entre ellos. Además se señalaron diferencias de los beneficios entre grupos.

Salud



Salud afectiva y cognitiva.

*“Y aquí [taller de pintura], también, he venido a **relajarme, la creatividad, no sé, te distraes, es como que [te], despejas los fines de semana para venir a buscarte y a volver a encontrar el equilibrio** para otra vez empezar la rutina”.*
Laura, arquitecta, 36 años, licenciatura, visita semanal, vive a 7 km del parque.

Buenas relaciones sociales



Convivencia familiar

“A mí me gusta mucho el jardín. Llevarse los niños y les decías “¡Mira, este pez! ¡Mira las ardillas, mira este animal, mira las flores! ¡Mira el agua!” Es algo que les gusta mucho, y a mí también, jaja”. Alicia, músico, 25 años, licenciatura, visita anual, vive a 25 km del parque.

Seguridad



Seguridad personal

*“Prácticamente, en todo el parque he sentido seguridad, porque he visto muchos guardabosques dando vueltas como debe de ser. Eso da pues **más confianza** en uno mismo... Me gusta mucho que den vueltas para que **la gente esté tranquila** y conforme y disfrute, es el caso a que vienen, el disfrutar”. Marc, negocio propio, 28 años, secundaria, primera visita, vive a 15 km del parque.*

Diferencias entre los grupos de beneficiados del parque

Respecto al género y la edad, se destacaron las diferencias reportadas en el acceso al parque, la frecuencia de visitas y la percepción de seguridad, que pueden limitar los beneficios en el bienestar de los grupos de beneficiarios. Los jóvenes permanecieron más tiempo en el parque que los adultos ($X^2 = 4.425$, $p = .035$, $w = .45$). Las mujeres tuvieron en el último año un número de visitas más bajo con respecto a los hombres ($X^2 = 4.709$, $p = .030$, $w = .47$). Personas que vivieron más cerca del parque ($r = .46^{**}$) y que duraron menos en el trayecto ($r = .57^{**}$), tuvieron un mayor número (*en total*) y frecuencia de visitas. Además, se observó una relación inversa en hombres: entre más visitas tuvieron, menos tiempo quedaron en el parque, que se explicó por el grupo de deportistas con dominancia en hombres, mientras que las mujeres fueron responsables del cuidado de niños. Se subraya con las palabras de una mujer visita el parque desde joven en compañía de su esposo y sus familiares:

“Realmente, ya con niños no te puedes relajar tanto... ellos vienen felices y salen felices siempre de aquí, pero no así como mamá, sobre todo, si vienes con el estrés de cuidar a los niños...” María, hogar y sector informal, 51 años, secundaria, visita mensual, vive a 4 km del parque.

Conclusión

Los parques urbanos brindan múltiples oportunidades para construir recursos y estrategias para el bienestar humano. La calidad del parque, su cuidado y seguridad influyen en la promoción del parque y son condicionantes para diversificar sus servicios culturales y ampliar el bienestar de las personas en las ciudades. Además del acceso libre al parque, un acceso equitativo por la distribución de áreas verdes puede contribuir a la inclusión de un amplio espectro de beneficiarios. En futuras investigaciones, la seguridad percibida, entre otros beneficios en el bienestar, deben ser distinguidos por grupos de usuarios y por el contexto social del parque para formular demandas específicas en la administración y planificación de áreas verdes urbanas.

Visitar los parques y realizar actividades en ellos genera beneficios terapéuticos y mejora el bienestar de la población en sus múltiples dimensiones, a partir de los resultados en diversos indicadores, entre otros, convivir y fortalecer relaciones sociales, experimentar tranquilidad y reducir estrés, diversión y tranquilidad en un espacio cómodo y cuidado. Se sustenta que la calidad ambiental y la seguridad en los parques se vinculan con las oportunidades de uso y la provisión de servicios ecosistémicos, e incrementan las vías para proteger, promover y recuperar la salud y el bienestar humano.

Más allá de los beneficios terapéuticos y sociales que el parque urbano ofrece a escala local por sus características y atributos específicos a las personas y comunidades, y lo que en ellos se gesta, se encontraron vínculos entre las dimensiones del bienestar humano y una clasificación de sitios en base de sus atributos y oportunidades de uso. Se requiere un mapeo de los enlaces entre los servicios ecosistémicos culturales y el bienestar humano para otros parques urbanos con estudios a diferentes escalas. Eso implica enfrentar el reto de esbozar conceptos, nociones y formas de pensar transdisciplinarios, desarrollar indicadores para complementar y priorizar el catálogo de oportunidades socio-culturales en los parques. La evidencia de la diversidad de usos y su vínculo con el bienestar humano son base para la discusión y la gestión pública, sobre cómo las características y atributos del parque pueden responder a las necesidades de múltiples grupos de beneficiados.

Referencias Bibliográficas

- Barragán Estrada, A.R. y Morales Martínez, C.I. (2014). Psicología de las emociones positivas: generalidades y beneficios. *Psychology of the positive emotions: generalities and benefits. Enseñanza e Investigación en Psicología*, 19(1), 103–118.
- Bullock, C., Joyce, D., y Collier, M. (2018). An exploration of the relationships between cultural ecosystem services, socio-cultural values and well-being. *Ecosystem Services*, 31, 142-152. doi: 10.1016/j.ecoser.2018.02.020
- Byrne, J., y Wolch, J. (2009). Nature, race, and parks: past research and future directions for geographic research. *Progress in Human Geography*, 33(6), 743–765. Recuperado de <https://doi.org/10.1177/0309132509103156>
- Cedillo Camarena, ME. (2017). Beneficios y efectos protectores de los parques en la salud mental de los usuarios, ZMG 2015-2016. (Tesis Maestría).Universidad de Guadalajara. Zapopan, Jalisco.
- Cohen, D.A., Mckenzie, T.L., Sehgal, A., y Williamson, S., Golinelli, D., y Lurie, N. (2007). Contribution of Public Parks to Physical Activity Contribution of Public Parks to Physical Activity. *American Journal of Public Health*, 97(3), 509–514. doi: 10.2105/AJPH.2005.072447

- Corvalan, C., Hales, S., y McMichael, A. J. (2005). *Ecosistemas y Bienestar Humano: Síntesis sobre Salud*. Ginebra, Suiza: Organización Mundial de la Salud.
- Cox, D.T.C., Shanahan, D.F., Hudson, H.L., Fuller, R.A., Anderson, K., Hancock, S., y Gaston, K. J. (2017). Doses of nearby nature simultaneously associated with multiple health benefits. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 14, 2–13. <https://doi.org/10.3390/ijerph14020172>
- Creswell, J. W. y Creswell, J. D. (2017). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (4a Ed). Los Angeles, London, New Delhi, Singapore, Washington DC: Sage publications.
- Díaz, S., Pascual, U., Stenseke, M., Martín-López, B., Watson, R.T., Molnár, Z., ... y Polasky, S. (2018). Assessing nature's contributions to people. *Science*, 359(6373), 270-272.
- Estrella, L.E. (2017). *Variabilidad climática y extremos de temperatura y su efecto en la mortalidad por enfermedades del sistema circulatorio en Guadalajara, Jalisco de 2000-2014*. (Tesis Maestría). Universidad de Guadalajara. Zapopan, Jalisco.
- Fischer, L. K., Honold, J., Botzat, A., Brinkmeyer, D., Cvejić, R., Delshammar, T., ... y Laforteza, R. (2018). Recreational ecosystem services in European cities: Sociocultural and geographical contexts matter for park use. *Ecosystem Services*, 31, 455-467.

- Frumkin, H. (2010). Contacto con la naturaleza: ¿Un beneficio para la salud? En Frumkin, H. (Ed.), *Salud ambiental: de lo global a lo local*, pp. 862–879). Washington, D.C.: Organización Panamericana de la Salud.
- García, R. y Strongin, S. (2011). *Healthy Parks, Schools and Communities: Mapping Green Access and Equity for Southern California*. Policy Report: Los Angeles. Recuperado de <https://www.cityprojectca.org/projectpublications>
- Garibay-Chávez, M.G., Curiel-Ballesteros, A. Cedillo-Camarena, M E. (Agosto de 2018). *Exposure to Green Areas as a way of Enhancing Health and Resilience in Cities: Metropolitan Area of Guadalajara, Mexico*. Universidad de Guadalajara. En: J.S. LaKind, (presidencia). ISES-ISEE 2018 Annual Meeting International Environmental Epidemiology Society Ottawa, Canada.
- Hegetschweiler, K.T., de Vries, S., Arnberger, A., Bell, S., Brennan, M., Siter, N., ... y Hunziker, M. (2017). Linking demand and supply factors in identifying cultural ecosystem services of urban green infrastructures: A review of European studies. *Urban Forestry & Urban Greening*, 21, 48-59.
- Kabisch, N., Qureshi, S., y Haase, D. (2015). Human-environment interactions in urban green spaces - A systematic review of contemporary issues and prospects for future research. *Environmental Impact Assessment Review*. 50, 25-34. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2014.08.007a>

- Kázmierczak, A. (2013). The contribution of local parks to neighbourhood social ties. *Landscape and Urban Planning*, 109(1), 31–44. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2012.05.007>
- Krellenberg, K., Welz, J., y Reyes-Päcke, S. (2014). Urban green areas and their potential for social interaction. A case study of a socio-economically mixed neighbourhood in Santiago de Chile. *Habitat International*, 44, 11–21. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/262569601_
- Li, Q.(2018). *El poder del bosque*. Shinrin-yoku. Roca Editorial.
- MacArthur, I.D. (1999). Introduction to environmental health. W.H. Basset, ed. *Clay´s handbook of environmental health*. Londres: E&FN Spon, pp. 1-23.
- Miyazaki, Y. (2018). *Shinrin yoku baños curativos de bosque*. Barcelona: Naturart, S.A. Editado por Blume.
- Perevochtchikova, M., Flores, J.Á.H., Marín, W., Flores, A.L., Bueno, A.R., y Negrete, I.A.R. (2019). Systematic review of integrated studies on functional and thematic ecosystem services in Latin America, 1992–2017. *Ecosystem Services*, 36, 100900.
- Raymond, I.J., y Raymond, C.M.(2019). Positive psychology perspectives on social values and their application to intentionally delivered sustainability interventions. *Sustainability Science*, 1-13.
- Ribeiro, P., y Cezar, P. (2016). Qualidade ambiental das áreas verdes urbanas na promoção da saúde: o caso do parque

municipal do mocambo em patos de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Geografia Médica E Da Saúde - Hygeia*, 12(22), 1980-1726. Recuperado de <http://www.seer.ufu.br/index.php/hygeia>

Riechers, M., Barkmann, J., y Tschardt, T. (2018). Diverging perceptions by social groups on cultural ecosystem services provided by urban green. *Landscape and Urban Planning*, 175, 161-168. doi: 10.1016/j.landurbplan.2018.03.017

Sandifer, P.A., Sutton-Grier, A.E., y Ward, B.P. (2015). Exploring connections among nature, biodiversity, ecosystem services, and human health and well-being: Opportunities to enhance health and biodiversity conservation. *Ecosystem Services*, 12, 1-15.

Schmidt, K., Walz, A., Martín-López, B., y Sachse, R. (2017). Testing socio-cultural valuation methods of ecosystem services to explain land use preferences. *Ecosystem Services*, 26, 270-288.

Shanahan, D. F., Lin, B. B., Bush, R., Gaston, K. J., Dean, J. H., Barber, E., y Fuller, R. A. (2015). Toward Improved Public Health Outcomes From Urban Nature. *Am J Public Health*, 105(10), 470-477.

Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (2020). ¿Qué son las Soluciones Basadas en la Naturaleza?. Recuperado de <https://www.iucn.org>.

- van den Bosch, M., & Sang, Å. O. (2017). Urban natural environments as nature-based solutions for improved public health—a systematic review of reviews. *Environmental Research*, 158, 373-384.
- Weimann, H., Rylander, L., van den Bosch, M. A., Albin, M., Skärbäck, E., Grahn, P., & Björk, J. (2017). Perception of safety is a prerequisite for the association between neighbourhood green qualities and physical activity: Results from a cross-sectional study in Sweden. *Health & Place*, 45, 124-130. doi: 10.1016/j.healthplace.2017.03.011
- Xu, M., Xin, J., Su, S., Weng, M., y Cai, Z. (2017). Social inequalities of park accessibility in Shenzhen, China: The role of park quality, transport modes, and hierarchical socio-economic characteristics. *Journal of Transport Geography*, 62, 38–50. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2017.05.010>

Sobre los autores



Christiane Jeglitzka. Maestra de Psicología por la Johannes Gutenberg Universidad de Mainz, Alemania con enfoque en la psicología de la Salud. Maestra de Ciencias de la Salud Ambiental por la Universidad de Guadalajara con especialización en Salud y Ecosistemas y sus servicios culturales en áreas urbanas. Formación en conversaciones centradas en soluciones. Actualmente entrenadora autónoma en educación básica de adultos y directora de seminarios en temas de la salud ambiental y psicología positiva para la universidad popular en el conurbano de Berlín, Alemania.



María Guadalupe Garibay Chávez. Es Doctora en Psicología de la Salud por la Universidad de Guadalajara. Profesora Investigadora Titular adscrita al Instituto de Medio Ambiente y Comunidades Humanas en la Universidad de Guadalajara. Coordinó la Maestría en Ciencias de la Salud Ambiental y, el Programa de Divulgación Científica, Universidad de Guadalajara. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT). Representante del Instituto de Medio Ambiente y Comunidades Humanas de la Universidad de Guadalajara en la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). Entre sus áreas de conocimiento e investigación están a) Parques y beneficios para la salud física y mental, b) Salud ambiental, y c) Evaluación y gestión de riesgos y vulnerabilidad de comunidades. Cuenta con más de 50 publicaciones en el tema de ambiental. Posee diversos premios y distinciones entre los que destacan, como el Premio Jalisco (2015), el Premio Nacional al Mérito Ecológico en la Categoría al Sector Educativo (2008) y el Reconocimiento como Fundadora de la Maestría en Ciencias de la Salud Ambiental, a 20 años de su creación (2015), otorgado por la Universidad de Guadalajara.

Impreso el mes de Diciembre de 2020
en los talleres de Soporte Integral Hera S. A de C. V,
Calle Gustavo Pena 1394, colonia Paseos del Sol, CP 45079
El tiraje fue de 300 ejemplares

