

Perspectivas Metodológicas y Métodos en Salud Ambiental

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



Perspectivas Metodológicas y Métodos en Salud Ambiental

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

Con el Apoyo del Programa de Incorporación y Permanencia
de Posgrado en el Programa Nacional de Posgrado de
Calidad (PROINPEP) 2021,
de la Universidad de Guadalajara.

Primera edición, 2021
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. © 2021 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: Felipe de Jesús Lozano Kasten y Silvia Lizette Ramos de Robles.

Autores: Felipe de Jesús Lozano Kasten, Silvia Lizette Ramos de Robles, Martha Georgina Orozco Medina, María Guadalupe Garibay Chávez, Silvia Graciela León Cortés, Arturo Figueroa Montaña, Valentina Davydova Belitskaya, Ariel Ruíz Corral, Rosa de Lourdes Romo Campos, Abril A. Rivera Valerio, Cesar Soria Fregozo, Mario Eduardo Flores Soto, Arturo Curiel Ballesteros, Georgina Vega Fregoso, René Croker Sagastume y Humberto González Chávez.

Comité Editorial del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias:
Dr. Carlos Beas Zárate, Dr. Ramón Rodríguez Macías, Dra. Martha Isabel Torres Morán, Dra. Esther Albarrán Rodríguez, Dra. Georgina Adriana Quiroz Rocha, Dr. Jacinto Bañuelos Pieda.

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

ISBN: 978-607-571-377-9

Impreso en México / Printed in Mexico

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN

Silvia Lizette Ramos de Robles y Felipe de Jesús Lozano
Kasten.....7

CAPÍTULO I

ANÁLISIS CONCEPTUAL DE LA SALUD AMBIENTAL: EVOLUCIÓN DEL CONCEPTO Y CAMPOS DE APLICACIÓN

Martha Georgina Orozco Medina, María Guadalupe Garibay Chávez,
Silvia Graciela León Cortés y Arturo Figueroa Montañón
.....11

CAPÍTULO II

SALUD AMBIENTAL: OBJETOS DE ESTUDIO, METODOLOGÍAS Y MÉTODOS

Silvia Lizette Ramos de Robles, Valentina Davydova Belitskaya,
Ariel Ruíz Corral, Rosa de Lourdes Romo Campos y Abril A. Rivera
Valerio49

CAPÍTULO III

BIOMEDICINA AMBIENTAL

Cesar Soria Fregozo y Mario Eduardo Flores Soto
.....83

CAPÍTULO IV

ECOSISTEMAS Y SALUD

Arturo Curiel Ballesteros 109

CAPÍTULO V

CAMBIOS AMBIENTALES, RIESGO Y SALUD

María Guadalupe Garibay Chávez135



CAPÍTULO VI

EPIDEMIOLOGÍA SOCIOAMBIENTAL

Felipe de Jesús Lozano Kasten, Georgina Vega Fregoso, René Croker
Sagastume y Humberto González Chávez.....**169**

CAPÍTULO VII

PERSPECTIVAS/OPORTUNIDADES: HACIA DONDE VAMOS

Silvia Lizette Ramos de Robles, Felipe de Jesús Lozano Kasten,
Martha Georgina Orozco Medina y Valentina Davydova Belitskaya
..... **235**



INTRODUCCIÓN

En la concepción de este libro de salud ambiental lo que está en juego son las relaciones entre el ambiente, la salud humana, las disciplinas, las perspectivas metodológicas y los métodos para abordar su estudio. En torno a ello, los diversos autores involucrados exponen desde su línea de investigación, el abordaje de distintos objetos de investigación, así como los métodos implementados para su comprensión. La epistemología implementada en la construcción de conocimiento en salud ambiental puede simplificar la relación entre el objeto de estudio y el sujeto, y bajo una perspectiva metodológica positivista analizar relaciones causales entre las variables a estudiar, pero para el caso de objetos de investigación más complejos o que incorporen variables de corte sociocultural será necesario recurrir a enfoques interpretativos que nos permitan adentrarnos en la construcción de conocimientos desde las significaciones de los sujetos participantes.

En este proceso reconocemos que la complejidad está asociada con las múltiples relaciones sistémicas que existen entre la salud y el medio ambiente, así como entre el medio ambiente y la salud, todas ellas manifestándose del mundo real y con posibilidades de ser estudiadas e investigadas a partir de todos los recursos que un investigador de este campo pueda poner en práctica. Lo completo y complejo del campo de la salud ambiental hace que en su estudio existan una gran variedad de visiones, de métodos, de instrumentos y técnicas que se pueden implementar para el desarrollo de investigaciones que nos permitan comprenderlo mejor. Por otra parte, la participación de las distintas disciplinas permite una riqueza inter y transdisciplinaria que se traduce en

conocimientos cada vez más pertinentes para comprender las problemáticas y visualizar perspectivas de investigación.

A través de los capítulos de esta obra, se conceptualiza la salud ambiental, así como metodologías y métodos. Se presentan ejemplos prácticos, situaciones y procesos que permiten describir las formas en que se han abordado los distintos objetos de investigación. Se abordan metodologías que apuntan hacia el análisis de elementos pueden ser separables y estudiados aisladamente bajo una determinada perspectiva, dentro del sistema complejo. En este sentido, la relación entre el ambiente y la salud, es una relación causal recíproca. También se abordan estudios que requieren de un análisis más detallado para integrarse a una estrategia disciplinaria, donde las disciplinas que se involucran en el campo de la salud y el ambiente se integran según los objetos estudiados para formar conjuntos teóricos más coherentes, intentando relacionar el poder de las fronteras entre disciplinas; en el nivel de análisis, campos temáticos, métodos y propuestas teóricas.

La epistemología que surge de las necesidades de objetos de investigación cuyo estudio demanda la interdisciplina, puede considerarse como un campo en construcción continua. Este libro es un ejemplo de ello, dado que en él se exponen objetos de estudio cuyo planteamiento y enfoque metodológico demanda la creación de equipos pluri, inter y transdisciplinarios donde participen además de los investigadores de distintos centros universitarios y de investigación, otros agentes cuyos saberes deben ser considerados en la negociación de significados. Consideramos que aún es escasa la investigación que demuestre la capacidad de integrar diferentes disciplinas, pero desde la Maestría en Ciencias de la Salud Ambiental estamos

gestionando el desarrollo de proyectos inter y trasdisciplinarios que nos permitan comprender las relaciones de la salud y el ambiente interpretados desde su pertenencia a un socioecosistema.

Los problemas ambientales y de salud, son de carácter indisoluble y complejo, tal es el caso de las condiciones insalubres de las grandes ciudades, la contaminación del agua, del aire, del suelo, los pesticidas, la agricultura, el cambio climático, entre otros. Estos y otros temas no pueden ser estudiadas por la simple adición de investigaciones disciplinarias sino por el establecimiento de vínculos complejos entre disciplinas y otros saberes. En el análisis histórico de la ciencia se observa que la que la integración disciplinaria se va integrando a lo largo de su desarrollo, en este sentido la salud ambiental tiene el reto de dicha integración.

En el ejercicio realizado para la elaboración de los textos que integran esta obra podemos identificar como cada autor-investigador desde sus planteamientos refleja y refracta visiones de la ciencia, perspectivas teóricas y metodológicas las cuales en conjunto integran su visión del campo de la salud ambiental y de su línea de investigación.

En los primeros dos capítulos se realiza un análisis teórico y metodológico del campo. El capítulo uno presenta un análisis conceptual y temático del campo de la salud ambiental; mientras el segundo, a partir de un análisis histórico, analiza los objetos de investigación y las metodologías y métodos que se implementaron para su estudio. Los capítulos tres, cuatro, cinco y seis presentan un análisis teórico y metodológico desde las cuatro líneas de especialización de la MCSA: Biomedicina

ambiental, Ecosistemas y salud, Cambios ambientales, riesgo y salud y Epidemiología socioambiental. En ellos se problematizan los objetos de estudio y se ejemplifican los enfoques metodológicos, así como los principales métodos implementados. Por último, en el capítulo siete, se exponen una serie de reflexiones en torno a los procesos formativos de los futuros investigadores de la salud ambiental, de los objetos de estudio y de las nuevas demandas a las que nos enfrentamos para comprender, a través de la investigación, nuestra realidad la cual es cada día más compleja.

Finalmente, este libro es un punto de partida que tiene el atrevimiento de expresar lo que un grupo académico comprometido con la salud y el bienestar de los ecosistemas, piensa y hace. Esta contribución se enmarca dentro del diálogo de saberes y no pretende ser un libro terminado, solo tiene el interés de compartir marcos epistémicos, conceptuales y metodológicos, como principios básicos de la investigación en salud ambiental.

Es, por tanto, un objeto de discurso para iniciar el diálogo con investigadores, estudiantes e individuos que estén interesados en el análisis y la evolución del campo 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*

ANÁLISIS CONCEPTUAL DE LA SALUD AMBIENTAL: EVOLUCIÓN DEL CONCEPTO Y CAMPOS DE APLICACIÓN

Martha Georgina Orozco Medina
María Guadalupe Garibay Chávez
Silvia Graciela León Cortés
Arturo Figueroa Montaña

Introducción

El campo de la salud ambiental es un eje integrador de distintos temas y campos del conocimiento, que permite transitar en la comprensión de los factores de riesgo desde el ambiente local hasta campos multidimensionales como el cambio climático, los cuales plasman la condición específica del individuo, su salud personal, así como los diferentes elementos del medio con los que interactúa y se relaciona.

En este contexto vale la pena resaltar que la salud ambiental se ha posicionado con muchos obstáculos y dificultades en el ámbito científico y aún más en el campo de las políticas públicas, a lo largo del tiempo se ha documentado de diversas maneras la importancia

de los factores ambientales como determinantes de la salud personal y colectiva tanto de los humanos como de los elementos de la vida silvestre a sus distintas escalas, lo cual ha permitido avanzar a través de múltiples vertientes y aristas, así en años recientes se ha situado en algunos posicionamientos radicales y firmes. Sin embargo aún queda mucho por avanzar, por lo que se hace necesario fijar posturas desde el ambiente académico-científico para llamar la atención de autoridades y tomadores de decisión y así ser más enfáticos en actuaciones a nivel preventivo y correctivo que permitan contar con mejores condiciones ambientales y de salud, tanto en entornos naturales como donde habitan las comunidades humanas, con tal intención este capítulo busca analizar el campo conceptual de la salud ambiental y su evolución en términos generales, identificando primero una visión histórica y después precisar aspectos de algunos de los principales campos de aplicación o de interés que se relacionan con la salud ambiental.

Adicionalmente es importante identificar de forma general ciertos ámbitos específicos como el cambio climático, la toxicología y riesgo ambiental, el saneamiento, las zoonosis y los contaminantes emergentes, los cuales son campos de interés en salud ambiental que demandarían todo un capítulo especial para su abordaje y atención, puesto que tienen una serie de postulados, ideas, teorías, líneas de investigación y métodos específicos de análisis a través de los cuáles se puede profundizar y generar diferentes postulados y posicionamientos para su estudio y diagnóstico que no se tratarán a detalle en esta disertación. Finalmente se exponen algunos aspectos necesarios a considerar en prioridades para la investigación y las políticas públicas, como elemento transversal y propositivo, en el contexto de las reflexiones finales.

Análisis del concepto de “salud ambiental”

Considerando la información que se ha escrito en el tema y a la que se tiene acceso, la salud ambiental como un campo de interés científico se remite al siglo XVIII en Gran Bretaña, época y lugar que iniciaron dos transformaciones sociales en el mundo capitalista, la revolución industrial y la revolución agrícola (Garibay y Curiel, 2005), que dieron lugar a grandes transformaciones económicas, sociales, tecnológicas y culturales en la vida de las personas y el desarrollo de las comunidades, Influyeron en las formas de vida, modelos de trabajo que exigían la relación persona-tecnología, mayor cantidad de individuos y horas de trabajo, capacidades para el manejo de procesos industriales y agrícolas y nuevos y problemas de saneamiento y riesgos a la salud y el bienestar. Todo ello, generó la necesidad y el surgimiento de un área del conocimiento que abordara y atendiera los problemas de contaminación e insalubridad ambiental presentes en ambientes laborales y la vivienda y su vínculo con la salud de la población. Los problemas de esa época estaban relacionados con el consumo de agua potable, disposición de excretas y residuos, aire de calidad y ventilación y luminosidad adecuada. Considerando los avances de las concepciones y problemas que se atienden actualmente, es lo que se conoció más tarde como saneamiento básico y que se convirtió en asunto de interés de la salud ambiental, el cual sigue en vigor.

En 1933, se publicó un primer documento de referencia que aborda el origen de la salud ambiental como campo científico, un manual de salud ambiental (Clay´s handbook of environmental health, primera edición) de W.H. Basset (ed.), en él se expone que la salud ambiental estudia los factores ambientales que tienen efectos en la salud humana y animal (Foskett, 1999), se señalan tres espacios de atención prioritaria, en los cuales es necesario garantizar condiciones para mantener la salud de las personas: el ámbito ocupacional, los espacios recreativos y el hogar (McArthur, 1999).

Ya en esa época se planteaba que los seres humanos solo pueden ser saludables en entornos saludables, lo que fue acuñado décadas más tarde en varias Cumbres Mundiales (NU, 1972; NU, 1992), la Agenda 21 para el Desarrollo Sostenible durante el siglo XX (NU, 1992b) y hoy en día, se ha convertido en un movimiento global y principio rector de la agenda internacional en los Objetivos del Desarrollo Sostenible (2015-2030) y nacional de gobiernos en distintos países.

Los planteamientos iniciales en el campo de la salud ambiental siguen vigentes al momento actual, al reconocer que los factores ambientales en forma amplia afectan la salud de las personas, que las interrelaciones entre los factores ambientales y la salud de humana y animal requieren ser investigados, ser objeto de estudio de un campo del conocimiento específico que exige por su complejidad la convergencia de múltiples conocimientos y que lo adquirido en esta área se emplee para resolver problemas sociales que afectan e interesan en un determinado tiempo, contexto y lugar, que de no resolverse adquieren nuevas dimensiones, las cuales se van trasladando en el tiempo e incorporan otros problemas y asuntos de interés, tanto nuevos como emergentes. Sin embargo, la salud animal visibilizada en los inicios de la salud ambiental pareciera que no tuvo el mismo peso e interés a lo largo del tiempo, en su desarrollo y se le dio mayor importancia al estudio de las interacciones entre los factores ambientales y la salud humana. Otro hecho destacable, en los comienzos de la salud ambiental, es solo la mención e interés de los factores ambientales con efectos negativos en la salud de la población.

Más tarde, el desarrollo de la ecología, la toxicología y la epidemiología marcaron también la evolución de la salud ambiental como un campo interdisciplinario. De estas disciplinas ha

tomado marcos teóricos, acuñado conceptos, métodos y técnicas, los cuales han sido de gran relevancia para el avance científico, los objetos de estudio y de interés de la salud ambiental, así se reconoce además que ha tenido contribuciones de muchas disciplinas, y es un área de investigación y campo de aplicación (Frumkin, 2016).

La Organización Mundial de la Salud es un referente importante a nivel internacional para definir la salud ambiental, lo plantea como “Campo del conocimiento teórico práctico que estudia la salud y sus determinantes físicos, químicos, biológicos, socio-culturales y psicológicos. Identifica, evalúa, corrige, controla, previene y evita los factores que potencialmente pueden perjudicar la salud de generaciones actuales y futuras. Se basa en la prevención de las enfermedades y en la creación de ambientes propicios para la salud (OMS, 1993a en Yassi et al., 1998).

En 2001 el Grupo Interdisciplinario en Salud Ambiental de la Universidad de Guadalajara, definió la salud ambiental como un campo interdisciplinario que “estudia a las comunidades humanas y silvestres que interactúan en un territorio, entendidas como sistemas complejos y dinámicos en donde coinciden aspectos sociales, económicos, políticos, educativos, jurídicos, culturales, psicológicos y de desarrollo humano, analiza interacciones entre la salud y el ambiente y crea propuestas para prevenir y controlar las amenazas a la salud humana y dar certidumbre a las comunidades y territorios para hacerlos habitables y sostenibles (Garibay y Curiel, 2005). En esta definición destacan, la inclusión de comunidades humanas y silvestres complejas y dinámicas interactuantes en un territorio, que al momento actual las comunidades silvestres, son lo que se conoce como ecosistemas, y su condición de salud, es decir la salud de los ecosistemas, una condición indispensable para la salud humana. Otro aspecto destacable es la inclusión de un enfoque preventivo y, el reconocimiento de que las comunidades y los territorios, son espacios en donde se requiere mantener sus

condiciones de habitabilidad, certidumbre y sostenibilidad. A dos décadas de distancia de esta definición ahora en el 2021, la salud ambiental, objetos de estudio e intereses, así como sus investigadores y profesionales han evolucionado, sin embargo, se sigue reconociendo a la salud ambiental como un campo interdisciplinario, donde se estudia la salud de las comunidades humanas y la salud de los ecosistemas, en el se identifican, analizan, evalúan y determinan los factores ambientales y sus interacciones en un territorio, entendido este como el espacio físico y sociocultural, y la salud, desde un enfoque holista, considera el bienestar humano y la salud física, mental, emocional y social, enmarcada en un contexto social que la influye y determina positiva y negativamente.

Se puede decir que el campo de la salud ambiental y su desarrollo se ha visto influido por la época, los paradigmas, los contextos, las visiones, los intereses y los problemas objeto de estudio científico, los propios investigadores e instituciones que escriben de ello en esa época. Los conocimientos hasta ahora generados en salud ambiental desde la investigación y la aplicación práctica permiten tener un mejor entendimiento de los problemas en este campo, resultado de las interacciones entre los ambientes, sus componentes y características de variada naturaleza y la salud de la población. También nos proporciona conocimientos, metodologías e instrumentos para resolver y controlar problemas, tomar decisiones e implementar medidas para mantener condiciones que favorezcan la salud de las personas, las comunidades y los ecosistemas.

En las múltiples definiciones que se encuentran sobre Salud Ambiental ya sea por organismos, agencias, instituciones, investigadores y profesionales que trabajan en este campo (OMS, 1993 en Yassi et al., 1998; Frumkin, 2016; Curiel y Garibay, 2005),

independientemente de la procedencia y su definición de ambiente y salud, la salud ambiental es reconocida como un campo científico amplio donde se estudian las interrelaciones del ambiente en que se desenvuelven las personas y como afectan la salud e influyen sobre la presencia de enfermedades y muertes. Recientemente se ha desarrollado un amplio espectro de investigaciones sobre diversos tópicos que contribuyen al estudio de ambientes y factores ambientales que favorecen la salud de la población, particularmente los relacionados con ambientes de naturaleza, paisajes, servicios ecosistémicos culturales y de regulación que brindan los ecosistemas y que benefician la salud (Frumkin et al., 2017), en esto se consideran las múltiples dimensiones de la salud física, mental, emocional, espiritual y social.

Aproximación al análisis de la salud ambiental y algunas de sus principales áreas de interés o campos de aplicación

Los problemas ambientales que ocurren a nivel local frecuentemente tienen un referente regional e internacional ya sea de alguna necesidad de intervención o la falta de interacción entre los sectores que atienden dicha situación. En el ambiente están comprendidos factores físicos, químicos, biológicos, psicosociales y las relaciones que se dan entre estos pasa a ser un factor fundamental en la conservación de los recursos naturales, en la incidencia de riesgos, en la contaminación ambiental e incluso en la recurrencia de enfermedades, todo ello en el contexto de la salud ambiental como eje transversal que incorpora factores políticos, económicos y culturales (valores, creencias, hábitos, tradiciones, usos y costumbres). (Pérez, et al., 2011. Orozco, et al., 2021).

Los factores físicos presentes en el ambiente incluyen el agua, el aire, el suelo, los elementos topográficos, geomorfológicos y climáticos

que son característicos de las regiones, los cuales enfrentan sus propias condiciones de degradación, varios de estos se asocian al deterioro y desgaste mismo, tanto por la interacción de los elementos naturales, como por muchas otras causas que lo aceleran a partir de la condición de contaminación, extracción y mal manejo provocado principalmente por la acción antrópica. La interacción que se ha ido dando entre los elementos que componen el ambiente va suponiendo distintos escenarios los cuáles se expresan frecuentemente como un sitio que requiere de acciones de restauración, de rehabilitación, o de intervención inmediata para evitar que se sigan dañando o agotando los elementos que lo componen. (Romero, et al., 2007, Muñoz, et al., 2018).

Así en los espacios se presentan históricamente paulatinas transformaciones que se pueden observar, desde el tipo de actividades que se realizan en los entornos urbanos, rurales, productivos y naturales, y cuya apariencia pone en evidencia el manejo, el cuidado y el estado de conservación que se le ha procurado o la ausencia de estos. (Orozco, et al., 2021. Riojas, et al., 2013).

Como se señaló en la introducción se hace un análisis general y disertación de aspectos generales de la contaminación ambiental en sus distintos ambientes: agua, aire y suelo. Y en un siguiente apartado se exponen generalidades de cambio climático, zoonosis, toxicología ambiental, y saneamiento, que demandan una atención específica pero que para efectos de la presente disertación solo se comentarán generalidades.

Contaminación Ambiental

Comprender la contaminación ambiental en el ámbito de la salud ambiental es muy complejo, porque representa por un lado

identificar aquellos aspectos que afectan los elementos del medio, su caracterización, su análisis, los métodos para su identificación, aspectos legales normativos y estándares locales e internacionales, la contaminación ambiental se puede clasificar atendiendo a su origen: natural o antropogénico, a los elementos del medio que afecta: agua, aire, suelo o bien por el tipo de contaminantes si son físicos, químicos o biológicos, para efectos de este análisis se describirán aspectos generales de la contaminación del agua, del aire y del suelo y algunas de sus características con relación a la salud ambiental.

Otro término muy importante es el de contaminantes emergentes, que se refiere a compuestos de distinto origen y naturaleza química, cuya presencia en el medio ambiente no se considera significativa en términos de distribución y/o concentración, por lo que pasan inadvertidos; no obstante, ahora están siendo ampliamente detectados y tienen el potencial de acarrear un impacto ecológico negativo, así como efectos adversos sobre la salud.

La Comisión Europea los define como contaminantes previamente desconocidos o no reconocidos como tales cuya presencia en el medio no es necesariamente nueva, pero sí la preocupación por las posibles consecuencias de estos en el medio ambiente. Estos compuestos entran al medio ambiente a través de algunas fuentes y vías, tales como aguas residuales de tipo doméstico e industrial, las actividades agrícolas y ganaderas, los efluentes hospitalarios, los tanques sépticos, los residuos de las plantas de tratamiento y también por descargas directas al medio (Pachés, 2020).

Otra definición los cita como sustancias químicas de reciente interés que se encuentran en aguas de desecho, en biosólidos, en sedimentos de río y en agua potable, en esta última se han centrado

varios estudios sobre dichas sustancias ya que no están reguladas por la legislación (Becerril, 2009).

En el ámbito de la Salud ambiental estos representan todo un panorama de necesidades para avanzar en materia de diagnóstico, caracterización y estrategias para su detección, neutralización o saneamiento en los cuerpos de agua o suelos en donde se encuentran, las afectaciones que están teniendo en la vida silvestre son una incógnita que difícilmente se pueden cuantificar o dimensionar y las acciones que se deben implementar ya son tardías, por lo que este campo disciplinar representa una necesidad inminente y un reto en sus vínculos con la salud ambiental.

Contaminación del Agua

Para identificar los aspectos que pueden ser característicos de los ambientes locales y regionales, se puede partir de los elementos que componen el entorno, así al hablar del recurso agua con relación a la salud ambiental se tendrán en consideración al menos algunos de los siguientes aspectos que se relacionan con la presencia de contaminantes biológicos, químicos y físicos, tanto en las fuentes de abastecimiento como en las tomas domiciliarias o en las redes de distribución. Comprender la importancia del agua es valorarla en su justa dimensión, cuando el líquido escasea, cuando se contamina por descargas industriales, municipales o fuentes naturales o cuando el costo del saneamiento y distribución no se considera adecuadamente en los planes y programas estatales y municipales. (García, 2018).

El agua es un recurso vital que sabemos que forma parte importante de nuestros procesos biológicos, el 75% de casi todas las formas de vida en el planeta está compuesto por agua, y además esta se requiere en diferentes actividades y procesos tanto en la

actividad primaria de producción de alimentos como lo es el riego, como en la pesca tanto de aguas marinas como continentales, el agua también está presente en la actividad industrial, en el procesamiento de alimentos, en la fabricación de textiles, en la actividad de la construcción y de la transformación en general, así también en las comunidades humanas como parte de la actividad cotidiana. La contaminación del agua y sus vínculos con la salud ambiental, representan todo un escenario a través del cual se deben orientar esfuerzos para mantener en tanto sea posible su calidad y que los servicios ecosistémicos que se ligan a este recurso se preserven.

La prevención y la reducción de la contaminación biológica, física y química exige una aproximación multidisciplinaria, y la acción responsable de las autoridades. Ha de asumirse la necesidad de proteger las fuentes naturales de abastecimiento de agua contra la contaminación industrial y de tratar las aguas contaminadas antes de que estas se viertan en las corrientes de agua.

Datos y cifras a nivel internacional constatan la reducción de enfermedades y muertes de origen infeccioso a los abastecimientos de agua potable, al alcantarillado y al tratamiento de las aguas residuales, sin embargo, distintos informes locales e internacionales siguen poniendo en evidencia que la dotación de sistemas de abastecimiento de agua en zonas rurales está muy por debajo de la destinada a las urbes y que sigue habiendo un severo déficit de redes de suministro en países en desarrollo, así como sistemas eficientes de depuración y tratamiento de aguas residuales.

En el año de 1980, la Asamblea General de las Naciones Unidas proclama la década de 1981-90 como el “Decenio internacional del Abastecimiento de Agua Potable y del Saneamiento Ambiental”, con el objetivo principal de alcanzar para el año 1990,” que todas las

poblaciones deberían disponer de cantidades suficientes de agua potable y que la contaminación de los ríos, lagos y mares no debería ser una amenaza para la salud humana". A pesar de todos los esfuerzos e inversiones invertidas, a finales de la década de los 80 se estimaba que, a nivel mundial, el 32% de la población carecía de agua potable y que el 25% no disponía de saneamiento. En cifras absolutas, aproximadamente 1300 millones de habitantes no tenían acceso al agua potable y 2300 millones vivían en malas condiciones higiénicas (ausencia de servicio de alcantarillado, falta de retirada de residuos sólidos, etc.). El rebrote de cólera en el año en diversos países del continente americano ha puesto de manifiesto el largo camino que queda por recorrer, pues una epidemia de cólera sólo estalla cuando son deficientes las condiciones de saneamiento del medio y las prácticas higiénicas.

Este problema se agudiza en el medio rural. En 1988 ya se habían alcanzado, e incluso sobrepasado, las metas de cobertura urbana de abastecimiento de aguas y saneamiento. Sin embargo, éste no fue el caso para el medio rural, y se estimó que en 1990 la falta de cobertura en relación con los objetivos marcados sería del 5 y 3% respectivamente. En los países desarrollados, aunque teóricamente existen los recursos y las infraestructuras suficientes para garantizar el abastecimiento de agua potable y la evacuación y tratamiento de aguas residuales, la situación continúa presentando importantes deficiencias, estimándose que no llega al 30% la proporción de aguas que se depuran. Cada día se suman más problemas previamente desconocidos y como son la contaminación de los recursos hídricos por plomo, fluoruros y desechos industriales, que sólo consumen el 10% de los recursos hídricos a nivel mundial, dan lugar a la mayor parte de las sustancias peligrosas que contaminan las aguas superficiales y subterráneas. Igualmente, el desmesurado crecimiento que sufren las grandes urbes, con la aparición de

barrios marginales e importantes bolsas de pobreza, sobrepasa la capacidad de las instituciones para hacer frente a sus necesidades, entre ellas el abastecimiento de agua potable y los sistemas de evacuación de excretas. (OPS, 2000).

Con una superficie de casi 2 millones de Km², México tiene una precipitación media anual de 777 mm, lo que equivale a 1,522 Km³. El 67% del territorio de México se ubica en torno al Trópico de Cáncer, al igual que las zonas de los grandes desiertos del hemisferio norte. La mayor parte de los asentamientos humanos, de las instalaciones industriales y de las áreas agrícolas de riego, presentan condiciones de aridez o semiaridez, ya que reciben únicamente 1/3 del escurrimiento superficial. En contraparte, el restante 33% es húmedo o subhúmedo, en las cuencas de los ríos Pánuco, Lerma, San Juan y Balsas se recibe el 50% de las descargas de aguas residuales del país. Los acuíferos más contaminados se localizan en la Comarca Lagunera, el Valle de México, la región del Bajío y el Valle del Mezquital, como resultado de los lixiviados de los agroquímicos. Los procesos de deforestación también contribuyen ampliamente a la degradación de la calidad del agua en las cuencas. (Arreguín, et al., 1996). Datos textuales de la Comisión Nacional del Agua (2018), informan que: "Anualmente México recibe aproximadamente 1 449 471 millones de metros cúbicos de agua en forma de precipitación. De esta agua, se estima que el 72.1% se evapotranspira y regresa a la atmósfera, el 21.4% escurre por los ríos o arroyos, y el 6.4% restante se infiltra al subsuelo de forma natural y recarga los acuíferos. Tomando en cuenta los flujos de salida (exportaciones) y de entrada (importaciones) de agua con los países vecinos, el país anualmente cuenta con 451, 585 millones de metros cúbicos de agua dulce renovable".

La situación del agua en México corresponde a un panorama contrastante: mientras diversas regiones del centro y norte del país presentan condiciones de escasez, sobreexplotación y contaminación del recurso, a tal punto que su disponibilidad se convierte paulatinamente en un factor limitante del desarrollo; en el sur del país, los excedentes de agua, ligados a otros factores físicos y socioeconómicos, también lo limitan. El balance nacional de agua, aunque registra un superávit, no refleja los problemas más graves que afectan a un gran número de los acuíferos y cuencas del país, como lo expresan los balances regionales que muestran un déficit considerable en casi la mitad del territorio (Aldama, 1994).

En el Plan Estatal de Desarrollo (2013-2033), se menciona que la presión hídrica sobre abastecimientos va en aumento tanto en países de América Latina como en México, parte de la causa se relaciona con el aumento a la población, lo que incrementa la demanda de abasto, distribución y calidad del agua. En Jalisco como en el resto del país la distribución del agua es desigual, cerca del 51% del territorio se ubica la zona árida con las regiones Norte, Altos y Centro. El resto 49% queda en la zona semiárida en las regiones Sur y Costa y eso representa dificultades serias en la distribución para las poblaciones y la producción pecuaria e industrial. El incremento exponencial de la actividad económica e industrial, la producción de alimentos y el crecimiento demográfico, han representado toda una presión sobre el recurso agua y a esto se le suma la falta de acciones para frenar la falta de estrategias para el cuidado y conservación de cuencas y cuerpos de agua.

Para contextualizar al agua en el ámbito de la salud ambiental es importante tener en consideración aspectos tan fundamentales como los que se mencionan a continuación y que son propuestas de los que suscriben el artículo:

Los sistemas de detección de contaminantes de origen natural y antrópico,

las fuentes de abastecimiento en las localidades,

los esquemas de depuración y tratamiento.

La regulación industrial y la vigilancia en la implementación de revisión de descargas.

Diseño de estrategias de administración que impliquen acciones para el ahorro, eficiencia en procesos productivos, optimización en la red de abastecimiento, en la captación de agua de lluvia en los sistemas de conducción, abasto y depuración.

Reducción de riesgos hidrometeorológicos asociados con esquemas de prevención, comunicación, adaptación y resiliencia.

Diseño de esquemas para la detección de contaminantes emergentes.

Protección a zonas de captación y cuencas hidrológicas.

Estrategias de saneamiento para la prevención de enfermedades de transmisión hídrica.

Diseño de proyectos innovadores para el uso de bioindicadores de calidad del agua.

Proyecto estatal de educación y cultura para el cuidado del agua.

Diseño e implementación del capítulo estatal y local de Ley de Aguas Nacionales.

Creación de unidades de investigación para el estudio del agua, detección de contaminantes emergentes, antibióticos y drogas, diseño de estrategias óptimas de conservación, saneamiento y esquemas para la reducción en el consumo en modelos productivos, domiciliarios, industriales y de servicios.

Contaminación del Aire

Aunque la revolución industrial fue un gran éxito en términos de tecnología, sociedad y suministro de múltiples servicios, también introdujo la producción de enormes cantidades de contaminantes emitidos al aire que son dañinos a las diferentes formas de vida que sostienen el planeta. Sin duda alguna, en el entorno global se considera la contaminación un problema de salud pública con múltiples facetas que van desde lo social, económico y legislativo, además de los estilos de vida de una sociedad consumista relacionada con este gran problema.

Claramente, la urbanización y la industrialización están alcanzando proporciones inquietantes en todo el mundo en nuestra era con sistemas productivos y de servicios que se caracterizan por el uso insostenible de los recursos, sobrecargando los mecanismos de autorregulación y limpieza que la naturaleza posee.

Cifras recientes de la Organización Mundial de la Salud (OMS), identifican a la contaminación del aire como uno de los mayores peligros para la salud pública en todo el mundo, al referir alrededor de 9 millones de muertes por año (WHO, 2019). El problema afecta principalmente a quienes viven en grandes áreas urbanas, donde las emisiones viales contribuyen más a la degradación de calidad del aire, así como el riesgo de sufrir accidentes industriales o incendios donde la propagación de la niebla tóxica puede ser fatal para las poblaciones del área adyacente dependiendo de las condiciones climáticas que en la cuenca atmosférica prevalezcan.

En los países en desarrollo y especialmente, en aquellos con disparidades sociales; el problema es más grave debido a la superpoblación y la urbanización descontrolada junto con el desarrollo de la industrialización que con frecuencia se desarrolla

con políticas laxas sobre la gestión sostenible del medio ambiente. En estos países, el uso de combustibles como leña u otros combustibles sólidos e incluso algunos residuos para necesidades domésticas debido a sus bajos ingresos, por lo que expone a las personas no solo a un aire contaminado sino también a humos tóxicos procedentes de la quema de residuos plásticos que pudieron contener productos tóxicos como los recipientes donde se almacenan los plaguicidas (Flores, 2020).

En 2017, la WHO declaró que tres mil millones de personas en todo el mundo están utilizando las fuentes de energía basadas en el consumo de leña para su calentamiento diario y necesidades de cocina. En estos países, las mujeres del hogar tienen el mayor riesgo de desarrollar diversas enfermedades relacionadas con la exposición y mayor duración a la contaminación del aire interior (González, 2019).

A largo plazo, la exposición a contaminantes del aire se asocia con efectos nocivos sobre el sistema cardiovascular, asma, insuficiencia pulmonar y diabetes; además del desarrollo algunos problemas respiratorios perinatales que producen mortalidad infantil o enfermedad crónica en la edad adulta (Kelishadi et al., 2010; Kan et al., 2012; Eze, et al., 2014; Manucci et al., 2017). A corto plazo, la exposición a los contaminantes del aire se ha relacionado con la Enfermedad Obstructiva Crónica (EPOC), asma, enfermedad respiratoria, tos, dificultad para respirar, sibilancias y altas tasas de hospitalización (Manisalidis, et al., 2020)

Fuentes de exposición

Se sabe que la mayoría de los contaminantes ambientales son emitidos a través de actividades humanas a gran escala, como el uso de maquinaria industrial, centrales eléctricas, motores de

combustión interna que emiten gases y material particulado al aire. De estos, los automóviles son responsables de aproximadamente 80% de la contaminación actual. Algunas otras actividades humanas que influyen en menor medida provienen de técnicas de cultivo de campo como la quema de biomasa para la preparación de la tierra, estaciones de servicio, calentadores, industria de lavado en seco, algunos procedimientos de limpieza como el desengrasado de piezas con solventes, así como varias fuentes naturales como erupciones volcánicas, erosión del suelo e incendios forestales (Figueroa et al., 2018).

La clasificación de los contaminantes del aire es vasta, y predominan en la literatura sistemas de clasificación en base a los tipos de fuentes, naturaleza, propiedades fisicoquímicas y efectos a la salud. Las clasificaciones más comunes implican fuentes fijas, fuentes de área, fuentes móviles y fuentes naturales. Otra de las clasificaciones que dieron origen a investigaciones enfocadas a los efectos a la salud humana se refieren como contaminantes criterio, estas son sustancias que se liberan en grandes cantidades por diversidad de fuentes y presentan un riesgo a la salud y bienestar humano en grandes regiones. El bióxido de azufre (SO_2), el bióxido de nitrógeno (NO_2), el monóxido de carbono (CO), material particulado (PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$) y ozono (O_3), ya que son los contaminantes criterio que en los grandes complejos urbanos deben monitorearse de manera continua para con base a ellos establecer las políticas de manejo de la calidad del aire tanto a nivel local, regional e incluso global bajo estrictos controles de calidad e intercambio de la información. En el contexto nacional, en México se han logrado importantes avances en cuanto a instrumentos normativos para la gestión de la calidad del aire. Ejemplo de ello, es la Estrategia Nacional de Calidad del Aire (ENCA) que corresponde a un instrumento de planeación enfocado en acciones para controlar, mitigar y prevenir la emisión y

concentración de contaminantes en la atmósfera, con proyección al año 2030. ENCA es el instrumento rector para que las políticas públicas centren sus acciones en minimizar la exposición de las personas a contaminantes atmosféricos, y para salvaguardar los ecosistemas (SEMARNAT, 2017).

Entre la serie de acciones destaca una disminución sustancial de químicos tóxicos en zonas agrícolas, en microambientes como casas habitación y centros de trabajo, además de acciones enfocadas a mitigar los daños provocados por la lluvia ácida a la biodiversidad de los ecosistemas, especialmente de los causados a los recursos forestales. Estas estrategias vieron su inicio en el Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2013-2018 y se fundamentan en el Artículo 4º de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, que establece el derecho que asiste a las personas para vivir en un ambiente sano para su desarrollo y bienestar. Asimismo, atiende los compromisos asumidos por México en tratados internacionales. Tal es el caso de los diversos acuerdos suscritos en el seno de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), específicamente, aquellos relacionados con la gestión de la calidad del aire.

La contaminación del aire representa un importante riesgo medioambiental para la salud, además de un impacto negativo para el desarrollo social y económico. Tanto la OMS como el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) resaltaron en un comunicado de prensa del 2011, que la cifra de mortalidad estimada, atribuible a la contaminación del aire ambiental en ciudades era 1.34 millones de muertes prematuras (OMS, 2016). De igual modo, en el 2012, un reporte de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), pronosticó para el año 2050 que si el mundo no adopta políticas verdes más ambiciosas “La contaminación del aire se convertirá en la causa ambiental principal

de mortalidad prematura, por encima de aguas insalubres y falta de saneamiento, y la cifra proyectada para el 2050 será aproximadamente de 3.6 millones de muertes prematuras al año” (OCDE, 2012). Una evaluación del 2013 realizada por la Centro Internacional de Investigaciones sobre el cáncer de la OMS, determino que la contaminación del aire exterior es carcinógena para el ser humano, y que las partículas del aire contaminado están estrechamente relacionadas con la creciente incidencia del cáncer, especialmente el cáncer de pulmón. también se ha observado una relación entre la contaminación del aire exterior y el aumento del cáncer de vías urinarias y vejiga (IARC, 2013).

Hoy en día a través de los estudios tanto internacionales, nacionales y locales; queda claro que mediante la disminución de los niveles de contaminación del aire los países pueden reducir la carga de morbilidad derivada de accidentes cerebrovasculares, cánceres de pulmón y neumopatías crónicas y agudas como el asma; que cuanto más bajos sean los niveles de contaminación del aire mejor será la salud cardiovascular y respiratoria de la población, tanto a largo como a corto plazo. También se comprende que la mayoría de las fuentes de contaminación del aire exterior están más allá del control de las personas, y se requieren medidas por parte de las ciudades, así como de las instancias normativas nacionales e internacionales en sectores tales como transporte, gestión de residuos energéticos, construcción y agricultura. De manera local, en el rubro de monitoreo de la calidad del aire se distinguen oportunidades de mejora tanto en la capacidad instalada de estaciones de monitoreo como la cobertura de estas, pues desde 1996 en que la red empieza a generar los datos de la calidad del aire de manera regular no había ocurrido alguna incorporación de nuevas estaciones, siendo apenas en el 2012 que se añadió a la red de monitoreo la estación Las Pintas del municipio El Salto, y en 2013

la estación Santa Fe en el municipio de Tlajomulco de Zúñiga. En la actualidad se cuenta con un total de 10 estaciones para evaluar el grado de cumplimiento de las normas e identificar las tendencias a largo plazo de los contaminantes atmosféricos. (INE, 2010).

Para contextualizar el recurso aire en el ámbito de la salud ambiental en general, es importante tener en consideración aspectos tan fundamentales como:

Reestructuración de los sectores de transporte, planificación urbana, generación de electricidad e industria, que permitan reducir la contaminación del aire. Utilización de tecnologías limpias que reduzcan las emisiones de chimeneas industriales; gestión mejorada de desechos urbanos y agrícolas, incluida la recuperación del gas metano de los vertederos como una alternativa a la incineración para utilizarlo como biogás. Adopción de métodos limpios de generación de electricidad, priorización del transporte urbano masivo, las sendas peatonales y de bicicletas en las ciudades, y el transporte interurbano de cargas, utilización de vehículos pesados de motor diesel más limpios y vehículos y combustibles de bajas emisiones, especialmente combustibles con bajo contenido de azufre. Planificación urbana: mejoramiento de la eficiencia energética de los edificios y concentración de las ciudades para lograr una mayor eficiencia. Implementación de sistemas con uso de combustibles de bajas emisiones y fuentes de energía renovable sin combustión (solar, eólica o hidroeléctrica), generación conjunta de calor y electricidad, generación distribuida de energía (por ejemplo, generación de electricidad mediante redes pequeñas y paneles solares). Gestión de desechos municipales y agrícolas: estrategias de reducción, separación, reciclado y reutilización o reelaboración de desechos, así como métodos mejorados de gestión biológica de desechos tales como la digestión anaerobia para producir biogás, mediante métodos viables y alternativas

económicas en sustitución de la incineración de desechos sólidos. En casos en que la incineración sea inevitable, será crucial la utilización de tecnologías de combustión con rigurosos controles de emisión. Reducción de riesgos por emisiones ostensibles con esquemas de prevención, comunicación, adaptación y resiliencia. Diseño de proyectos innovadores que incluya bioindicadores de calidad del aire. Proyecto estatal de educación y cultura para la calidad del aire que respiramos, incorporar el estudio de ruido en el sistema de monitoreo. Incluir una red de comunicación en tiempo real de los niveles de contaminación y las condiciones climáticas. Creación de unidades de investigación para el estudio de los efectos de la contaminación del aire, diseño de estrategias para la conservación e incremento en la cobertura de áreas verdes y protección de cuencas atmosféricas, propuestas que hacemos del diálogo y análisis de lo que hemos venido aprendiendo desde la práctica profesional en esta disciplina.

Contaminación del suelo

El recurso suelo tiene características relacionadas con el entorno natural que propician el crecimiento y desarrollo de plantas, está constituido de una mezcla de componentes orgánicos y minerales que se presentan en estado gaseoso, acuoso y sólido. Los suelos difieren significativamente tanto desde el punto de vista ambiental como desde su origen, sin embargo, tienden a realizar la función de los depósitos de agua y nutrientes necesarios para un adecuado desarrollo del sistema de raíces de las plantas y microorganismos (Ndiaye et al., 2000).

La capacidad de retener varios contaminantes del suelo es muy valiosa tanto para metales pesados, pesticidas o HAP (Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos), por lo que se le considera

que funciona como absorbente de contaminación. Los procesos de degradación que ocurren en el suelo participan también en la contaminación de la cadena alimentaria y potencialmente pueden amenazar salud humana (Riffaldi et al., 2006). De entre los diferentes contaminantes de origen antrópico están los pesticidas que son los más frecuentes contaminantes entre todos los xenobióticos en el suelo. Sin embargo, el rápido crecimiento de la población en los últimos 50 años y una creciente demanda de alimentos de alta calidad también ha influido en la calidad de los suelos. En atención a esa situación los productores agropecuarios han utilizado de forma excesiva los pesticidas, que resultan en la acumulación en la superficie de capas de suelo y persistencia en el medio ambiente. Oberemok y col. (2015), refería que probablemente en el año 2050, el uso de plaguicidas en agricultura será 2.7 veces mayor que en 2000, lo que probablemente provocará un creciente peligro para la salud humana para las generaciones futura.

Los plaguicidas constituyen un grupo diverso de sustancias orgánicas e inorgánicas. Según la OMS, hay cuatro clases de toxicidad: extremadamente peligrosa (Ia), altamente peligrosa (Ib), moderadamente peligrosa (II) y levemente peligroso (III). Clases Ia y Ib, que son las más peligrosas, comprenden ochenta y seis plaguicidas, de los cuales cinco pertenecen a herbicidas, ocho - a fungicidas, cincuenta y uno - a insecticidas y veintidós - a otros grupos de compuestos utilizados para eliminar patógenos vegetales (IPCS, 2009).

Las sustancias activas de los plaguicidas producen contaminación en el medio del suelo, afectando a los microorganismos que viven allí. Por lo tanto, también pueden interferir con la secuencia correcta de vías bioquímicas de los Ciclos biogeoquímicos en el suelo (Verma et al., 2014). Los compuestos más peligrosos del medio ambiente

pertenecen al grupo de los organoclorados plaguicidas. Estos plaguicidas son semivolátiles y pueden pasar del suelo a la atmósfera para ser transportado por la corriente de aire a otros lugares. Por eso generan un nuevo sitio de contaminación como el agua y suelo, que afecta el metabolismo de los microorganismos que ahí habitan (LeónSantiesteban y Rodríguez-Vázquez, 2017).

Curiel (2010), hace mención que, para el caso de los suelos, la degradación más significativa en áreas agrícolas es la química, pues afecta al rendimiento de cultivos como el maíz y por ende, a la salud del suelo para el caso de terrenos no agrícolas, la degradación más extendida es la física. Las causas más frecuentes de estas degradaciones son el uso de fertilizantes químicos nitrogenados y una carga animal excesiva en la ganadería extensiva. El servicio del ecosistema más afectado por la degradación es el de aprovisionamiento de alimentos. Una de las presiones mayores a los ecosistemas de Jalisco, que tiene un impacto en la salud de los ecosistemas y por ende en los servicios otorgados por éstos, son los incendios forestales, que en el periodo analizado han colocado a Jalisco dentro de los primeros lugares nacionales de afectación, al pasar de 437 incendios en 1995 que afectaron a 16,983 hectáreas, a un número de 643 con 23,932 hectáreas afectadas en 2008. Las causas principales de los incendios son el uso del fuego como una tecnología para el desarrollo de actividades agropecuarias y presiones para cambiar el uso del suelo de conservación a un uso urbano. Los incendios afectan a la disminución de todos los servicios de los ecosistemas, pues reducen el aprovisionamiento de alimentos, agua, recursos genéticos, madera; disminuyen también los servicios de regulación de la calidad del aire, del escurrimiento de la lluvia, la erosión, la protección a los desastres hidrometeorológicos; y reducen también servicios culturales como los valores estéticos y de recreación de los bosques.

Siguiendo la dinámica del abordaje anterior los autores proponemos que para contextualizar la importancia del suelo en el

ámbito de la salud ambiental en general y particularmente en Jalisco, hay que considerar aspectos tan fundamentales como:

Los sistemas de detección de contaminantes de origen natural y antrópico.

La regulación industrial y la vigilancia en la implementación de revisión de descargas al agua que implican una afectación al recurso suelo.

Diseño de estrategias para la eficiencia en procesos productivos, reducción de utilización de plaguicidas y fertilizantes, esquemas para orientar la optimización de cultivos que eviten la degradación de los suelos.

Impulso en el diseño de estrategias de cobertura vegetal para contener la pérdida y la erosión de los suelos.

Reducción de riesgos hidrometeorológicos asociados con esquemas de prevención, comunicación, adaptación y resiliencia, para mantener zonas de interés para el cuidado de los suelos y ecosistemas de interés para la conservación.

Diseño de proyectos innovadores para el uso de bioindicadores de calidad de los suelos.

Proyecto estatal de educación y cultura para el cuidado del suelo.

Diseño e implementación del capítulo estatal y local de aspectos legales y normativos para la conservación del recurso suelo.

Creación de unidades de investigación para el estudio del suelo, detección de contaminantes emergentes, presencia de hidrocarburos, fertilizantes, plaguicidas, metales pesados, diseño de estrategias óptimas de conservación, saneamiento.

Mejorar los modelos de producción y consumo.

Reducción en la generación de residuos poner énfasis en la eliminación en el uso de plásticos y mejorar las prácticas de disposición final de residuos.

Políticas públicas para fomentar la salud del suelo

Otros temas de interés en Salud Ambiental

Existen aspectos de deterioro que se pueden observar en el ambiente local, en el microclima, y que impactan la calidad de la vivienda por su entorno, e incluso la seguridad alimentaria cuando se presentan eventos catastróficos que ponen en peligro cultivos y redes de abastecimiento, la presencia de ruido, la violencia y la seguridad vial también son vertientes que se relacionan con la salud ambiental y que tienen mucho que ver con el bienestar de las comunidades, así algunos ejes transversales como son factores políticos, sociales económicos y culturales se van presentando de manera directa y van modelando los ambientes y su expresión.

Cambio climático

El Cambio climático es un tema recurrente en las preocupaciones ambientales a nivel internacional y en los escenarios catastróficos a nivel local, la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, en Paris en 2015, lo reconoce como un problema global que tiene efectos irreversibles en la sociedad y el planeta, si se quieren reducir los riesgos, es necesario el esfuerzo conjunto de todos los países sobre todo en lo relativo a la reducción de emisiones mundiales de gases de efecto invernadero, por lo que la actividad industrial, productiva y el manejo de los sitios contaminados es una prioridad, los expertos revelan que son evidentes las afectaciones en los sistemas físicos y biológicos, las zonas de cultivo, los humedales, los páramos y los nevados, los cambios de temperatura, las fuertes lluvias, los periodos de sequía, provocan afectaciones en los ecosistemas y ponen en riesgo la salud de los seres humanos.

Los efectos se dejan sentir a nivel social y económico, así como en la salud pública y ambiental, la seguridad alimentaria, la productividad, la disponibilidad del agua los daños a las propiedades, la pérdida de cultivos, el desempleo, la migración, la

afectación a la economía familiar, la integridad y la seguridad son solo algunas de las afectaciones que se pueden resumir en unas cuantas palabras pero que representan todo un caos y toda una cadena de preocupaciones, incertidumbre, dolor, pérdidas y sufrimientos de familias enteras y de comunidades que ven en un solo evento como se les arrebatara su patrimonio, sus horas de inversión en proyectos productivos y lo que es peor, a algún miembro de su familia y de su comunidad del que nunca más se vuelve a saber ya sea por un incendio forestal que se propaga a zonas de vivienda, por eventos relacionados con inundaciones, arrastres, deslaves, derrumbes, huracanes, etcétera.

Davydova, 2020, en la publicación de Gestión Climática en Jalisco, refiere que México se ubica entre los países con mayor vulnerabilidad ya que el 15% del su territorio se ubica el 68% de la población con elevada exposición a impactos adversos sobre el cambio climático, lo que impacta directamente la pérdida de producción de alimentos con las consecuencias que esto representa.

El cambio climático en el contexto de la salud ambiental, es una condición que se debe tener en cuenta para orientar acciones que contemplen no solamente esfuerzos aislados de reducción de contaminantes que contribuyen al incremento de gases con efecto de invernadero, sino también la acción concertada de protección de áreas naturales, zonas de recarga de acuíferos, incremento de áreas verdes y cambio de modelo de consumo y producción, para así visualizar mejores ambientes para la salud de las comunidades y de los ecosistemas y con ello atenuar e incluso buscar frenar los efectos devastadores del cambio climático, que tanto afectan a la sociedad y a los ecosistemas naturales.

Toxicología ambiental

Dentro de los campos disciplinares que se relacionan con la salud ambiental sin duda la toxicología ambiental es una de las áreas que requiere de muchas herramientas de apoyo de otras disciplinas como la química, la medicina, las ciencias ambientales, de forma específica conviene destacar que la salud ambiental estudia los daños causados al organismo por la exposición a los tóxicos que se encuentran en el medio ambiente y el objetivo principal de la toxicología ambiental es evaluar los impactos que producen en la salud pública la exposición de la población a los tóxicos ambientales presentes en un sitio contaminado. Es conveniente recalcar que se estudian los efectos sobre los humanos, aunque pudieran existir, en el sitio de estudio, otros blancos de los tóxicos tales como microorganismos, plantas, animales, etc. Los tóxicos son los xenobióticos que producen efectos adversos en los organismos vivos (Peña et al., 2001). Las distintas ramas de la toxicología, como la toxicología clínica, analítica, ecotoxicología, también brindan diversas herramientas para la comprensión y vínculos con la salud ambiental, tal vez los grandes retos estén en identificar bioindicadores, biomarcadores y técnicas más eficaces de detección para prevenir complicaciones por la exposición tanto para la salud humana como la salud de los ecosistemas

Zoonosis

La estrecha interacción entre hombres y animales, así como el aumento de la actividad comercial y la movilización de personas, animales, sus productos y subproductos han propiciado una mayor diseminación de las zoonosis. Las zoonosis son enfermedades infecciosas transmisibles naturalmente desde animales vertebrados al ser humano. Además, la diseminación de estas enfermedades también puede ser impulsados por la modernización de las prácticas agrícolas, particularmente en las

regiones en desarrollo vulnerables a la destrucción del hábitat, la invasión humana y el cambio climático. El impacto de las zoonosis no solo radica en el daño a la salud pública, sino que ocasiona severas pérdidas económicas en la región (OPS, 2021).

Bojórquez, García y Reséndiz (2021) disertaron sobre las enfermedades zoonóticas y su importancia en la salud humana: Una perspectiva desde la Salud Ambiental, ahí documentan aspectos clave de las enfermedades zoonóticas como el grupo de enfermedades infecciosas que se transmiten de forma natural de los animales a los seres humanos y como el mayor riesgo está relacionado con los alimentos, analizan con un detalle muy valioso la importancia de las mismas y concluyen que se pueden derivar campos de acción a nivel ecosistema y a nivel población humana.

Este campo disciplinar de la salud ambiental, ha cobrado particular importancia en los últimos dos años con la propagación del virus del COVID-19 que vino a revolucionar la forma en la que se tienen que estructurar acciones para mantener como una prioridad el cuidado y conservación de los ecosistemas como una alternativa para garantizar la salud de las comunidades humanas, por lo que tendrán que reorientarse acciones y esfuerzos para planear estrategias más eficaces desde el esfuerzo local y global. (OMS, 2020).

Saneamiento

Este ámbito comprende la provisión de agua potable y alcantarillado además del manejo y disposición de residuos y excretas tanto sólidas como líquidas. El saneamiento básico y la calidad ambiental son elementos que influyen en las actuaciones gubernamentales, y que se expresan en el abastecimiento de agua, disposición de excretas, residuos sólidos, vivienda. Operativamente en cuanto al agua comprenden aspectos relacionados con la

cobertura, disponibilidad y accesibilidad. Así como el mejoramiento y preservación de la calidad del agua. Respecto a los residuos sólidos, comprende la gestión integral que incluye aspectos de cobertura, separación, reducción, reciclado y disposición final. De forma general también comprende aspectos de legislación, sistemas de información, capacidad general, participación social, empresarial y gubernamental.

Una de las definiciones documentadas refiere al saneamiento como una serie de métodos y medios para recoger y eliminar las excretas (o heces) y las aguas residuales de una colectividad de manera higiénica para no poner en peligro la salud de las personas y de la comunidad en su conjunto (Franceys et al., 1994) por lo que en materia de salud ambiental este aspecto resulta de especial interés sobre todo el ámbito de la prevención de enfermedades de transmisión hídrica y la gestión de residuos y sus áreas de interés van muy relacionadas, de hecho los inicios de la salud ambiental, estaban muy relacionados con el saneamiento. Seguir avanzando en este campo de aplicación profesional y su vínculo con la salud ambiental puede significar reconocer la necesidad de cambios radicales de modelos de convivencia en las comunidades y en los modelos de producción que han significado grandes progresos, pero también grandes pérdidas en salud y bienestar.

Reflexiones finales

Como se propuso al inicio del capítulo se exponen algunos aspectos necesarios a considerar en prioridades para la investigación y las políticas públicas, como parte del campo de la salud ambiental puesto que se considera como un elemento transversal y propositivo, que puede permitir la vinculación del ámbito científico con las necesidades de intervención en las comunidades o en los procesos productivos y de conservación de áreas de interés.

Cuando la investigación se pone al servicio de la sociedad en la definición de propuestas acciones concretas como la generación de acciones para el diseño de políticas públicas, se revelan intenciones más auténticas en la atención a problemas prioritarios, con la disertación que se presentó se fueron dibujando algunas de las acciones que pueden permitir ese transitar del ámbito de la investigación y diagnóstico al campo de la atención y ejecución de proyectos concretos.

La investigación en salud ambiental tiene que ser interdisciplinaria y transdisciplinaria, tiene que partir de la identificación de prioridades, requiere de ubicarse como un campo de interés en las agendas políticas municipales, estatales y nacionales, debe relacionarse con las disciplinas de la investigación básica y aplicada, así como suponer también una serie de acciones para la atención inmediata y la búsqueda de actores clave para la participación y ejecución de proyectos. La salud ambiental en su conjunto parte de una necesidad de expandir redes de colaboración académicas e interinstitucionales que visualicen los aciertos y errores del pasado como una herramienta para prosperar acciones de atención más pertinentes y eficaces.

La evolución de la salud ambiental y sus campos de aplicación comprometen para aspirar a entornos más saludables en el que los contaminantes no representen todo el tiempo amenazas latentes que pongan en peligro la salud humana y la de los ecosistemas. La salud ambiental de ser un campo emergente debe evolucionar a ser una prioridad en las políticas públicas como parte de los planes y programas de instituciones y gobiernos, buscando así la realidad de contar con ecosistemas sanos para comunidades saludables y resilientes.

Referencias Bibliográficas

- Aldama, R., (1994). Panorama del agua en México. Reunión Franco Mexicana de Gestión del Agua. Com. Nal. Agua., Guadalajara.
- Amable Álvarez, I., Méndez Martínez, J., Bello Rodríguez, B., Benítez Fuentes, B., Escobar Blanco, L., & Zamora Monzón, R. (2017). Influencia de los contaminantes atmosféricos sobre la salud. *Revista Médica Electrónica*, 39(5), 1160-1170.
- Arreguín, C.F., A.K. Biswas y R.A. Talavera. (1996). Fortalecimiento de Capacidades Institucionales del Subsector Agua en México. Inst. Mex. Tecnol. Agua. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Jiutepec. 54 pp.
- Arteaga, L. E., & Burbano, J. E. (2018). Efectos del cambio climático: Una mirada al Campo. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 35(2), 79-91.
- Ashfaq A, Sharma P. (2012). Environmental effects of air pollution and application of engineered methods to combat the problem. *J Indust Pollut Control*. 29.
- Basset, W.H., ed. (2004). *Clay's handbook of environmental health*. Londres: E&FN Spon. 19a. ed. Primera edición 1933 por H.K. Lewis.
- Becerril, J. E. (2009). Contaminantes emergentes en el agua. *Revista Digital Universitaria*, 10 (8)
- Bojórquez, N., García V. y Reséndiz, A., (2021), Enfermedades zoonóticas y su importancia en la salud Humana en Orozco, et. al. (2021). *Diálogos en Salud Ambiental*. Universidad de Guadalajara.
- Cavalcanti, A., Teixeira, A., & Pontes, K. (2019). Regression model to evaluate the impact of basic sanitation services in households and schools on child mortality in the municipalities of the state of Alagoas, Brazil. *Sustainability*, 11(15), 4150. <https://www.mdpi.com/2071-1050/11/15/4150>
- Curiel, A. (2010). Medio ambiente: más allá de los recursos naturales. En: González, et al. *2 décadas en el desarrollo de Jalisco 1990-2010* (pp. 45-61). Gobierno de Jalisco.
- Davydova, V., Alamilla, D., Bojórquez, B., Figueroa, A., García, G., ...Ruíz, J. (2021). *La gestión climática en Jalisco*. Universidad de Guadalajara.

- Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (1992). Disponible en: www.un.org/spanish/esa/sustdev/agenda21/riodeclaration.htm.
- Esquivel, J. L. M., Marrero-Gómez, M. V., & Mancebo, J. M. G. (2021). Efectos del cambio climático en la vegetación de la alta montaña de Tenerife. *Ecosistemas*, 30(1), 2189-2189. <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/2189>
- Eze IC, Schaffner E, Fischer E, Schikowski T, Adam M, Imboden M, et al. (2014). Long- term air pollution exposure and diabetes in a population-based Swiss cohort. *Environ Int.*70:95–105. doi: 10.1016/j.envint.2014.05.014
- Fazeli, G., Karbassi, A., Khoramnejadian, S., & Nasrabadi, T. (2019). Evaluation of urban soil pollution: a combined approach of toxic metals and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs). *International Journal of Environmental Research*, 13(5), 801-811. <https://link.springer.com/article/10.1007/s41742-019-00206-8>
- Figueroa A, Garibay C., Davydova V. (2018). La calidad de aire en ciudades. En Orozco et al. *Diagnóstico Ambiental en ciudades*. Universidad de Guadalajara.
- Flores M.T.J. (2020). La agroindustria y su impacto en la calidad del aire: Estudio en la localidad de El Mentidero, Autlán de Navarro, Jal. Tesis Licenciatura en Gestión y Economía Ambiental. Centro Universitario de Ciencias Económico Administrativas. Universidad de Guadalajara.
- Fonseca-Sánchez, A., Madrigal-Solís, H., Núñez-Solís, C., Calderón-Sánchez, H., Moraga-López, G., & Gómez-Cruz, A. (2019). Evaluación de la amenaza de contaminación al agua subterránea y áreas de protección a manantiales en las subcuencas Maravilla-Chiz y Quebrada Honda, Cartago, Costa Rica. *Uniciencia*, 33(2), 76-97. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2215-34702019000200076
- Foskett, E.W. (1999). Historical development of environmental health in the United Kingdom. In *W.H. Basset, ed. Clay's handbook of environmental health*. Londres: E&FN Spon, pp. 24-59.

- Frumkin, H. (2016). Introduction to Environmental Health. En: Frumkin, H. (Ed.). *Environmental health: from global to local*, San Francisco: Jossey-Bass, Third edition.
- Frumkin, H.; Bratman, G.N.; Breslow, S.J.; Cochran, B., Kahn, P.H.; Lawler, J.L.; Levin, P.S.; Tandon, P.S.; Varanasi, U.; Wolf, K.L. y Wood, S.A. (2017). Nature Contact and Human Health: A Research Agenda. *Environ Health Perspect*, 125(7):1-18, doi:10.1289/EHP1663
- García, J. (2018). Calidad de agua en espacios urbanos. En Orozco (ed.) et al. *Diagnóstico ambiental en ciudades*. (pp.11-40). Universidad de Guadalajara.
- Garibay Chávez, M.G. y Curiel Ballesteros, A. (2005). Salud Ambiental, campo de la complejidad ambiental. *Revista Ideas Ambientales*, 2: 229- 235
- Gobierno de Jalisco (2016). Capítulo 4 Agua y reservas hidrológicas. En Plan Estatal de Desarrollo Jalisco 2013-2033 (pp. 103-115). Disponible en: <https://sepaf.jalisco.gob.mx/gestion-estrategica/planeacion/ped-2013-2033>
- González P.K.M. (2019). Calidad del aire de interior en viviendas y salud en mujeres de Agua Caliente, Poncitlán, Jalisco (2018). Tesis Maestría en Ciencias de la Salud Ambiental. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad de Guadalajara.
- Grupo Interdisciplinario de Salud Ambiental (2001), Concepto y construcción de un modelo teórico y pedagógico de la Salud Ambiental, documento de la maestría. CUCBA-CUCS, Universidad de Guadalajara.
- Huang, Y., Wang, L., Wang, W., Li, T., He, Z., & Yang, X. (2019). Current status of agricultural soil pollution by heavy metals in China: A meta-analysis. *Science of the Total Environment*, 651, 3034-3042. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969718340762>
- IARC. (2013). Outdoor air pollution a leading environmental cause of cancer deaths. Press Release N°221. Disponible en: https://www.iarc.fr/en/media-centre/pr/2013/pdfs/pr221_E.pdf.

- INE (2010). Manual 5: Protocolo de manejo de datos de la calidad del aire. SEMARNAT. Gobierno de México.
- International Programme on Chemical Safety-IPCS. (2009). The WHO Recommended Classification of Pesticides by Hazard and Guidelines to Classification 2004. Corrigenda published on 28 June 2006 incorporated. http://www.who.int/pcs/publications/pesticides_hazard_rev_3.pdf
- Islas-Flores, H., Manuel Gómez-Oliván, L., Galar-Martínez, M., Michelle Sánchez-Ocampo, E., SanJuan-Reyes, N., Ortíz-Reynoso, M., & Dublán-García, O. (2017). Cyto-genotoxicity and oxidative stress in common carp (*Cyprinus carpio*) exposed to a mixture of ibuprofen and diclofenac. *Environmental toxicology*, 32(5), 1637-1650. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/tox.22392>
- Kan H, Chen R, Tong S. (2012). Ambient air pollution, climate change, and population health in China. *Environ Int.* 42:10–9. doi: 10.1016/j.envint.2011.03.003
- Kelishadi R, Poursafa P. (2010). Air pollution and non-respiratory health hazards for children. *Arch Med Sci.* 6:483–95. doi: 10.5114/aoms.2010.14458.
- León-Santiesteban, H. H., & Rodríguez-Vázquez, R. (2017). Fungal degradation of organochlorine pesticides. In *Microbe-Induced Degradation of Pesticides* (pp.131-149). Springer, Cham.
- MacArthur, I.D. (1999). Introduction to environmental health. In W.H. Basset, ed. *Clay's handbook of environmental health*. Londres: E&FN Spon, pp.1-23
- Manisalidis I, Stavropoulou E, Stavropoulos A and Eugenia Bezirtzoglou E (2020). Environmental and Health Impacts of Air Pollution: A Review. *Frontiers in Public Health.* V 8, 1-13 pp. doi: 10.3389/fpubh.2020.00014
- Manucci PM, Franchini M. (2017). Health effects of ambient air pollution in developing countries. *Int J Environ Res Public Health.* 14:1048. doi: 10.3390/ijerph14091048
- Muñoz, E., Contreras, A., Molero, M. (2018). Ingeniería del medio ambiente. Editorial UNED.

- Ndiaye E.L., Sandeno J.M., Mcgrath D. y Dick P. (2000). *Integrative biological indicators for detecting change in soil quality*. *Amer. J. Alternative Agr.* 15 (3), 26-36.
- NU (1972). Declaración de Estocolmo sobre el medio ambiente humano. Adopción: Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano. Disponible en: www.ordenjuridico.gob.mx.
- NU (1992). Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. Disponible en: www.un.org/spanish/esa/sustdev/agenda21/iodeclaration.htm.
- NU (1992b). Programa 21. Nueva York: NU. Disponible en: www.un.org/spanish/esa/sustdev/agenda21/agenda21sptoc.htm.
- Núñez, J. C., & Fragoso-Castilla, P. J. (2019). Uso de macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de contaminación del agua de la Ciénaga Mata de Palma (Colombia). *Información tecnológica*, 30(5), 319-330. https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-07642019000500319&script=sci_arttext
- Oberemok, V. V., Laikova, K. V., Gninenko, Y. I., Zaitsev, A. S., Nyadar, P. M., & Adeyemi, T. A. (2015). A short history of insecticides. *Journal of Plant Protection Research*, 55(3).
- OCDE (2012). OECD Environmental Outlook to 2050: The Consequences of Inaction. OECD Publishing. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1787/9789264122246-en>.
- OMS (2016). Calidad del aire ambiente exterior y salud. Nota descriptiva. Disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/es/>.
- OMS (2021). Decenio Internacional para la Acción "Agua para el Desarrollo Sostenible", 2018-2028. Disponible en: <https://www.un.org/es/events/waterdecade/background.shtml>
- OPS (2000). Informe regional sobre la evaluación 2000 en la Región de las Américas: agua potable y saneamiento, estado actual y perspectivas. OPS. Washington, D.C. Estados Unidos.
- OPS. (2021). Zoonosis. (Consultado el 02 de noviembre del 2021). Disponible en: <https://www.paho.org/es/temas/zoonosis>
- Orozco, M., González, K. & Martínez, J. (2021). *Las actividades comunitarias*

en el contexto de la salud ambiental y el bienestar de la infancia en la localidad de Agua Caliente. En Lozano, F. (Comp.) Exclusión social de la infancia y enfermedad renal en el lago de Chapala (pp. 225-235). Universidad de Guadalajara.

Orozco, M., Ramos de Robles, S., Lozano, F., Bojórquez, Camacho, S. A., ...Vicencio, P. (2021). Diálogos en Salud Ambiental. Universidad de Guadalajara.

Ortega-García, J. A., Martínez-Hernández, I., Boldo, E., Cárceles-Álvarez, A., Solano-Navarro, C., Ramis, R., ... & López-Hernández, F. (2020). Contaminación atmosférica urbana e ingresos hospitalarios por asma y enfermedades respiratorias agudas en la ciudad de Murcia (España). In *Anales de Pediatría* (Vol. 93, No. 2, pp. 95-102). Elsevier Doyma. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1695403320300357>

Pachés, M. (2020). *Contaminantes emergentes* [Archivo PDF]. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/142675/Pach%C3%A9s%20-%20Contaminantes%20emergentes.pdf?sequence=1>

Peña, C. E., Carter, D. E., Ayala-Fierro, F., Superfund, A., Research, B., & Program, T. (2001). *Toxicología ambiental. Evaluación de riesgos y restauración ambiental*. Southwest hazardous waste program. University of Arizona (Eds.). Arizona, USA. 234 p. USA <http://superfund.pharmacy.arizona.edu/toxamb/>.

Pérez Jiménez, D., Diago Garrido, Y., Corona Miranda, B., Espinosa Díaz, R., & González Pérez, J. E. (2011). Enfoque actual de la salud ambiental. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 49(1), 84-092.

Programa 21. (1992b). Nueva York: nu. Disponible en: www.un.org/spanish/esa/sustdev/agenda21/agenda21sptoc.htm.

Riffaldi, R., Saviozzi, A., Levi-Minz, R. & Cardelli, R. 2002. Biochemical properties of Mediterranean soil as affected by long term crop management system. *Soil Till. Res.* 67:104-114.

Riojas-Rodríguez, H., Schilman, A., López-Carrillo, L., & Finkelman, J. (2013). La salud ambiental en México: situación actual y perspectivas futuras. *Salud pública de México*, 55, 638-649.

- Rodríguez Miranda, J. P., García-Ubaque, C. A., & García-Ubaque, J. C. (2016). Enfermedades transmitidas por el agua y saneamiento básico en Colombia. *Revista de Salud Pública*, 18, 738-745. <https://www.scielosp.org/article/rsap/2016.v18n5/738-745/>
- Romero Placeres, M., Álvarez Toste, M., & Álvarez Pérez, A. (2007). Los factores ambientales como determinantes del estado de salud de la población. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 45(2), 0-0.
- SEMARNAT. (2017). Estrategia Nacional de Calidad del Aire: visión 2017-2030. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Gobierno de la República, México.
- Sordo, M., Maciel-Ruiz, J. A., Salazar, A. M., Robles-Morales, R., Veloz-Martínez, M. G., Pacheco-Limón, J. H., ... & Ostrosky-Wegman, P. (2019). Particulate matter-associated micronuclei frequencies in maternal and cord blood lymphocytes. *Environmental and molecular mutagenesis*, 60(5), 421-427. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/em.22275>
- Verma, J. P., Jaiswal, D. K., & Sagar, R. (2014). Pesticide relevance and their microbial degradation: a-state-of-art. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 13(4), 429-466.
- World Health Organization (WHO). (2019). Air Pollution. Available online at: <http://www.who.int/airpollution/en/> (accessed October 5, 2019).
- World Health Organization (WHO). (2019). Preventing Disease Through Healthy Environments: Towards an Estimate of the Environmental Burden of Disease. 1106 p. Available online at: https://www.who.int/quantifying_ehimpacts/publications/preventingdisease.pdf (accessed September 22, 2019).
- World Health Organization (WHO). (2020). Manifiesto de la OMS, a favor de una recuperación saludable de la COVID-19 <https://www.who.int/es/news-room/feature-stories/detail/who-manifesto-for-a-healthy-recovery-from-covid-19>
- Yassi A, Kjellström T, deKok T, Guidotti T. (1998). Basic Environmental Health. Ginebra: WHO/UNEP/UNESCO/CRE

Salud ambiental: objetos de estudio, metodologías y métodos

S. Lizette Ramos de Robles

Valentina Davydova Belitskaya

Ariel Ruíz Corral

Rosa de Lourdes Romo Campos

Abril A. Rivera Valerio

La evolución del campo de la salud ambiental como un ámbito interdisciplinario del saber, se puede caracterizar a través del tiempo en etapas las cuales están marcadas principalmente por los objetos de estudio, los enfoques metodológicos y los métodos implementados.

En este capítulo analizamos de forma histórica los grandes cambios que ha presentado la salud ambiental a partir de dos preguntas clave: ¿qué ha estudiado? y ¿cómo lo ha estudiado? Adicionalmente presentamos a manera de ejemplos tres casos de objetos de investigación correspondientes a la salud ambiental y describimos la metodología y los métodos de estudio que se aplican para su abordaje.

Evolución histórica de la Salud Ambiental a nivel internacional

Para el análisis histórico en torno a la evolución de la Salud Ambiental retomamos las etapas propuestas por Ramos, Garibay y Curiel (2015) quienes a partir de dos grandes referentes (Foskett, 1993 y Frumkin, 2005) logran identificar 4 grandes periodos cuyas características otorgan a la salud ambiental peculiaridades y abordajes específicos. En primer lugar, es importante reconocer que dentro de las principales perspectivas de este campo podemos identificar aquellas que hacen referencia a las relaciones de base entre la gente y el ambiente y que evocan directamente a un concepto de ecosistema, y otras con un enfoque más estrecho, abordando cuestiones ambientales particulares, que enfatizan los riesgos físicos y químicos derivados del deterioro ambiental en entornos sociales de vivienda, laborales y recreativos (Frumkin, 2005). Esta variedad se debe en gran medida a la interdisciplinariedad propia del campo, ya que los enfoques tanto de salud como de riesgo son abordados desde diversas disciplinas. En el rescate histórico de la evolución del campo iremos identificando cómo emergen dichas perspectivas, cómo se han focalizado en el estudio de determinadas problemáticas y bajo qué enfoques metodológicos y métodos se han desarrollado. Para cada uno de los periodos analizados se rescatará principalmente el tipo de riesgo que afecta la salud, el cambio o las modificaciones de los espacios, la concepción de salud ambiental que prevalece y las formas en que ha sido estudiado.

El riesgo sanitario microbiológico: antes de 1945

Si bien es cierto que los orígenes de la salud ambiental podrían ser muy antiguos y remontarse a las primeras interacciones y desafíos entre el ser humano y su entorno natural en la búsqueda permanente del bienestar, un punto clave de surgimiento del campo se remite a los “despertares industriales” (Frumkin, 2005) y

los movimientos poblacionales de los pueblos a las ciudades. Podemos decir que la Salud Ambiental inició con dos grandes revoluciones: la agrícola y la industrial en 1712. Un siglo después, y a partir del deterioro acelerado del ambiente, inició el abordaje de la salud de las poblaciones (Garibay y Curiel, 2005). Por tanto, el cambio en los espacios laborales que va del agrícola al industrial desencadenó una serie de riesgos sanitarios nuevos.

Desde el siglo XVIII, el hacinamiento tanto en las casas habitacionales como en las industrias provocó un grave deterioro en el ambiente, y como consecuencia, daños a la salud humana. Los problemas sanitarios (ej. viviendas y lugares de trabajo sin ventilación y húmedas, calles contaminadas con excremento, agua estancada, suministros de agua inadecuados, etc.) se incrementaron exponencialmente. Todo parecía indicar que el avance tecnológico y de producción era inversamente proporcional al estado de deterioro de la salud humana y del ambiente.

“Las malas condiciones ambientales estuvieron a la par de las malas condiciones sociales. Las jornadas de trabajo eran muy largas y los salarios muy bajos. Como resultado, los trabajadores sufrían de malnutrición y mala condición física, la cual se vio agravada por las fábricas mal ventiladas, las altas temperaturas y la humedad” (Foskett, 1999: 25).

Inglaterra es considerado el país que inició con el proceso de industrialización y en consecuencia el que conoció los primeros efectos adversos a la salud, pero también fue el pionero en emprender la búsqueda de estrategias de solución. Mientras en Inglaterra la salud ocupacional había constituido todo un tema de abordaje desde las primeras décadas del siglo XIX, en Estados Unidos no es sino hasta el siglo XX cuando, gracias a la iniciativa de Alice Hamilton (1969-1970), se empezaron a documentar los vínculos entre exposiciones tóxicas y las enfermedades de trabajadores como mineros, comerciantes y obreros industriales (Frumkin, 2005).

Durante este periodo prevaleció una concepción de salud como ausencia de enfermedad, y la idea que la enfermedad es el resultado de algún microbio que puede ser curada atacándola con medicamentos. Asimismo, la percepción de ambiente se remitió a “todo lo que rodea” al ser humano sin ser parte de este, y se planteó un enfoque utilitario de la naturaleza como proveedora de los recursos naturales.

En este periodo prevalece una visión podríamos denominar positivista del campo donde los métodos de análisis de los objetos de estudio radicaban en el seguimiento de un proceso de realización de diagnósticos ambientales y sus implicaciones a la salud humana a través del análisis de las exposiciones a contaminantes tóxicos y análisis microbiológicos.

Riesgo toxicológico: de 1945 a 1956

El periodo de 1945 a 1956 se caracterizó por una sociedad más urbanizada. Los riesgos sanitarios dejaron de ser sólo microbiológicos para incorporar los toxicológicos asociados a productos y residuos industriales y a la contaminación del aire, incluida la lluvia radioactiva. Dentro de los eventos que ocasionaron mayor número de muertos y hospitalizados por contaminación de aire, se encuentran: a) En diciembre de 1952, cuatro mil personas mueren en las “nieblas asesinas” de Londres. Había una capa de smog tan espesa que los vehículos utilizaban lámparas en plena luz del día y solo podían circular con un guía caminando por delante; b) En 1957-1958: Chelyabinsk-40 la explosión de residuos nucleares en Kyshtym, Rusia se extendieron por toda la región, exponiendo a más de un cuarto de millón de personas a radiación de alto nivel.

También cabe destacar que, a partir de la década de los cuarenta, la necesidad de garantizar alimentos para una población creciente provocó el desarrollo, desde la química, de innovaciones para la fabricación de agroquímicos (fertilizantes y plaguicidas). El

desarrollo de la química fue considerado como la respuesta a varios problemas, entre ellos los plaguicidas, para abatir las poblaciones de vectores transmisores de enfermedades y generación de epidemias, como mosquitos, roedores y garrapatas.

En esta misma década se promulgó la Declaración de las Naciones Unidas sobre Derechos Humanos (1945), orientada a garantizar la supervivencia humana a través del derecho que “toda persona tiene a un nivel de vida adecuado para la salud y bienestar de sí mismo y de su familia, incluyendo el alimento, trabajo, educación, ropa, vivienda, salud pública y los servicios sociales necesarios y el respeto a la naturaleza y el control de la degradación ambiental” (Consultado en: <https://www.un.org/es/about-us/un-charter>).

Por otra parte, los daños a la salud también se hicieron presentes por exposición a sustancias tóxicas, tales como el metilmercurio en el agua, que provocó cientos de muertes en la ciudad de Minamata, Japón.

De acuerdo con Frumkin (2005), el campo moderno de la salud ambiental data de mediados del siglo XX, un aspecto esencial que marcó su inicio consiste en el reconocimiento de los riesgos que conllevan los productos químicos cancerígenos; en consecuencia, se incrementó el número de estudios que evaluaban la exposición a estos productos.

En este periodo podríamos considerar que se da el primer paso para el abordaje interdisciplinario de la salud ambiental dado que la toxicología como ciencia se enfoca en el análisis de los efectos adversos de los productos químicos en los sistemas biológicos. Para ello demanda del conocimiento de ciencias como: Farmacología, Bioquímica, Medicina, Patología, Epidemiología, Química y Fisiología (Richardson y Miller, 2010).

Los métodos toxicológicos son generalmente de laboratorio, inicialmente el método ordinario consistía en determinar la toxicidad relativa de los componentes, exponían a animales de

laboratorio a dichos componentes, determinaban la dosis que mataba a la mitad de aquellos y calculaban la dosis que mataba a la mitad de aquellos y calculaban la dosis mortal para el 50% de ellos o DL50. En este método la exposición está bien definida y permite identificar si el compuesto es mortal a dosis muy bajas, deberán prevenirse o controlarse las exposiciones humanas (Richardson y Miller, 2010). En general el proceso de análisis toxicológico pasa por una metodología estratificada: a) Trabajo documental, b) Experimentos in vitro, y c) Prueba animal.

Aunque los estudios toxicológicos no consideran las condiciones o los determinantes socioambientales, sus propios objetos de estudio demandan la intersección de disciplinas. Se focalizan en establecer normas y trabajan para identificar los productos químicos más seguros para nuestra salud y fijan niveles aceptables de exposición a productos químicos.

Los riesgos y el descontrol del crecimiento poblacional urbano: de 1957 a 1984

A finales de los cincuenta e inicio de los sesenta los riesgos pasaron a ser cada vez más comunes en todo el planeta, y el crecimiento urbano desmesurado originó lo que podemos denominar “urbanismo no planeado”. Esto implica tanto el crecimiento espontáneo basado en la autoconstrucción, como el de expansión urbana que desdibuja los núcleos urbanos y exponen a los habitantes a diversos riesgos geológicos, hidrometeorológicos, socio organizativos, y sanitarios.

A partir de la década de los setenta, el campo de la salud ambiental, y los aspectos que éste aborda, sufrieron una expansión considerable, dado que se incrementaron a nivel internacional los daños a la salud tanto del entorno como del ser humano.

Por otra parte, se identificaron efectos a la salud por exposición crónica a diversos contaminantes que antes no eran identificados

como riesgosos, o inclusive, que eran considerados de uso benéfico, pero cuyos efectos de exposición a través de los años generaban daños a la salud. Un claro ejemplo fueron los efectos de los pesticidas. En 1962 se publicó el libro "Silent Spring" de Rachel Carson, en el cual se describen los efectos perjudiciales de los pesticidas en el medio ambiente. Por primera vez se habló del peligro de usar DDT y otros productos químicos utilizados como pesticidas; se identificó no sólo su toxicidad, sino también su capacidad para persistir en los organismos por medio de la acumulación en los tejidos grasos. Otra situación fue el de uso de cloro para la potabilización del agua en las grandes urbes, que, si bien ayuda a eliminar microbios patógenos que han originado epidemias, genera otros tipos de enfermedades resultantes de su exposición a través de los años.

A partir de estas situaciones fue necesario el desarrollo de una conciencia sobre los riesgos químicos; por lo tanto, surgió dentro del campo de la salud ambiental el análisis de nuevas amenazas, y, sobre todo, el reconocimiento de cómo en las grandes ciudades estas amenazas aumentan; se analizó también cómo se incrementaba la vulnerabilidad de la población urbana y sus percepciones. Otro de los riesgos asociados con el crecimiento urbano es el generado con el incremento del uso de vehículos motorizados para satisfacer la necesidad de desplazamientos y traslado, lo cual incrementa la contaminación del aire y los accidentes.

De igual manera la generación de gran cantidad de residuos sólidos y peligrosos fue otro de los problemas de salud ambiental originados o mejor dicho incrementados por el crecimiento urbano. En la medida en que las ciudades van creciendo se reducen los espacios para la disposición final de los residuos provocando serios problemas de contaminación.

Una de las aportaciones más importantes sobre la visión de la salud

ambiental en este periodo es la propuesta por René Jules Dubos, quien, a partir de la búsqueda de las influencias medioambientales en los mecanismos de la enfermedad, propuso un modelo global el cual plantea que cualquier ser vivo sólo podría entenderse en el contexto de las interacciones que mantiene con todo lo demás. Dubos planteó que el problema no era el control de la enfermedad sino la promoción de la salud; afirmó que el hombre nunca se verá libre de la enfermedad porque debe adaptarse continuamente a un entorno cambiante... “estar sano no significa no padecer enfermedad sino poder funcionar, hacer lo que uno quiere y conseguir lo que desea.” Le preocupaba la adaptación dócil y acrítica de la gente a su entorno, que no le molestara vivir las consecuencias del deterioro ambiental que ellos mismos habían ocasionado. Piensa globalmente, actúa localmente fue uno de sus lemas que sigue inspirando a ecologistas en la actualidad.

La presión poblacional sobre el medio ambiente demandó el desarrollo de estudios que permitieran no solo diagnosticar desde la demografía las tendencias de la población global y su impacto en los recursos sino analizar cómo esto impacta a la salud humana y ecosistémica.

Para ello, los métodos de medición del impacto poblacional son complejos y recurren a diversos enfoques. De acuerdo con (Hinrichsen, 2010) uno de los enfoques utilizados para medir el efecto del uso humano en los recursos naturales es poner un valor económico a los servicios ambientales, de acuerdo con Goodland (1992), este enfoque ayudaría a valorar los beneficios económicos y ecológicos derivados de la protección del ambiente.

Por otra parte, además de que prevalecen los métodos toxicológicos para la evaluación de los riesgos ambientales se fortalece una visión de la salud ambiental donde la promoción en torno a la conservación de los ecosistemas cobra un papel relevante.

Se reconoce la necesidad de prevenir más que de buscar

tratamientos remediales, es decir, prevenir la contaminación ambiental es una labora más sencilla y menos costosa que la descontaminación una vez ocasionada.

En este sentido, el uso de indicadores de contaminación ambiental constituyó una de las principales herramientas metodológicas.

Riesgos en la capa compartida de la atmósfera: de 1985 al 2020

Los riesgos actuales y las problemáticas recientes que ha enfrentado el campo de la salud ambiental son principalmente de tipo global. Problemas como el incremento acelerado de la población mundial, el abasto de alimentos, de energía y de materias primas aparecen como líneas de atención prioritaria. De acuerdo con Frumkin (2005), conforme transcurre el siglo XXI, los abordajes sanitarios de la salud ambiental, así como los riesgos químicos, siguen siendo relevantes, pero viendo a futuro se identifican algunas tendencias que enriquecen la salud ambiental, entre ellas: a) la justicia ambiental, b) cambio global, c) comunidades y grupos vulnerables y c) movimientos hacia la sustentabilidad.

De estas, quizá la que ha caracterizado este periodo es la de cambio global. La sobreexplotación de los recursos del planeta y su impacto a la salud, tanto del ecosistema como del hombre, son temas de atención mundial y prioritaria. Esta sobreexplotación dejó de ser de algunos países y, en agosto de 2012, pasó a ser mundial, reconociendo que se había rebasado la capacidad del planeta para regenerarse ante las presiones humanas; las demandas de la población humana son mayores al funcionamiento de la naturaleza, comenzando un agotamiento global en perjuicio de la estabilidad futura. La seguridad alimentaria frente a la demanda ligada al crecimiento de la población mundial, la pobreza alimentaria, y el cambio en los patrones de preferencia alimenticia constituyen otros de los retos, ya que el cambio climático y su efecto en la disposición de agua para la producción, así como en la degradación del suelo y

pérdida de biodiversidad, pone en riesgo esta seguridad e incrementa la población de migrantes por degradación ambiental. Dada la magnitud y diversidad de cada uno de estos problemas y las consecuencias de este tanto en la salud del ecosistema como la salud humana, el cambio climático ha sido considerado como el principal desafío de la salud ambiental en el siglo XXI y las muertes por olas de calor como el nuevo desastre.

En respuesta a este tipo de problemas ambientales globales en septiembre de 2015 se proponen los Objetivos del Desarrollo Sostenible con la finalidad de “Transformar Nuestro Mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible” cuyo objetivo es poner fin a la pobreza, luchar contra la desigualdad y la injusticia, y hacer frente al cambio climático sin que nadie quede atrás para el 2030 (ONU, 2015).

En total son 17 objetivos y 169 metas que pretenden incidir en las causas estructurales de la pobreza, combaten las desigualdades y generan oportunidades para mejorar la calidad de vida de la población en un marco de desarrollo sostenible. Sus planteamientos demandan de acciones conjuntas entre la comunidad internacional, los gobiernos, así como organismos de la sociedad civil, academia y el sector privado, con el fin de hacer frente a los tres elementos interconectados del desarrollo sostenible: crecimiento económico, inclusión social y sostenibilidad ambiental (ONU, 2015).

Dadas estas condiciones ambientales y necesidades de atención, el campo de la salud ambiental ha evolucionado tanto conceptual como metodológicamente. Para el primero de los aspectos, identificamos que la concepción de la salud ambiental incorpora una idea de salud asociada con el estado de bienestar, el cual se relaciona con factores físicos, químicos, biológicos, sociales, y psicosociales. Asimismo, enfatiza en la valoración del ambiente asociada al estudio de los servicios ecosistémicos y en el bienestar

humano ligado a la salud física, mental, individual, y comunitaria, con acceso a los satisfactores esenciales para el desarrollo, libertad y felicidad. La definición de la salud ambiental más conocida en la actualidad es la aportada por la Organización Mundial de la Salud en 1993 que la define como “La relación entre aquellos aspectos de la salud humana incluyendo la calidad de vida, que son determinados por factores físicos, químicos, biológicos, sociales y psicológicos en el medio ambiente.

También se refiere a la teoría y práctica de valorar, corregir, controlar y evitar aquellos factores en el medio ambiente que potencialmente puede perjudicar la salud de las generaciones actuales y futuras” (OMS, 1993:1).

Por su parte en cuanto a cuestiones metodológicas ha recurrido a enfoques de investigación no solo cuantitativos sino cualitativos, así como mixtos; en los cuales, si bien se abordan y diagnostican las exposiciones, éstas se problematizan de forma compleja analizando aspectos como los cambios en el entorno, los determinantes sociales de la salud, la construcción social del riesgo, entre otros. Asimismo, se busca que parte de la producción científica en salud ambiental sea una ciencia aplicada donde a partir de proyectos de intervención participativa se busque mejorar las condiciones socioambientales de nuestro entorno. Aspectos como la vigilancia sanitaria, la legislación ambiental, la coordinación inter sectorial e institucional, la educación y la gobernanza forman parte de la agenda en materia de salud ambiental.

En síntesis, el campo de la salud ambiental ha evolucionado epistemológicamente para atender los cada vez más complejos problemas ambientales y para proponer estrategias de prevención y atención en la búsqueda del bienestar.

A manera de análisis de casos: estudios sobre cambio climático y conservación de los ecosistemas

Como un ejercicio que nos permite ejemplificar y aterrizar parte de los anteriores planteamientos en el estudio de objetos de investigación específicos, presentamos tres grandes casos, dos de ellos explicando las formas que distintos investigadores han implementado para la investigación aspectos relacionados con el cambio climático (el caso 1 desarrollado por la Dra. Valentina Davydova y el caso 2 por el Dr. Ariel Ruíz) y uno donde se presentan las formas para indagar en torno a la conservación y restauración de los ecosistemas (caso 3 presentado por la Dra. Rosa de Lourdes Romo).

Abordajes metodológicos y métodos en la investigación del cambio climático.

Caso 1.

Hace un poco más de treinta años, apareció la primera mención al cambio climático en la literatura médica, escrita por Alexander Leaf, profesor de la Facultad de Medicina de Harvard y presidente de Medicina del Hospital General de Massachusetts. En este artículo el profesor cuestiona la importancia y, sobre todo, la debida atención a los impactos de cambio climático en la salud pública:

Aunque la dirección del cambio ambiental parece clara, sigue habiendo mucha incertidumbre sobre su magnitud y ritmo. Cuando escuchamos que la temperatura media en la superficie de la tierra puede aumentar de 2 ° C a 5 ° C en los próximos 100 años, o que los océanos pueden aumentar 1 metro en los próximos 50 a 100 años, ¿deberíamos alarmarnos? ¿Cómo influirán estos cambios climáticos y ambientales en la salud humana? ¿Podemos predecir sus consecuencias con suficiente precisión para tomar medidas

para frenarlas, o la incertidumbre es tan grande que la acción sería imprudente dados otros problemas urgentes que necesitan soluciones hoy? ¿Podemos poner la acción en un segundo plano mientras esperamos y vemos? (Leaf, 1989)

A partir de múltiples investigaciones científicas y sus publicaciones, así como los reportes oficiales de la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (PICC), ya existen respuestas y proyecciones a algunas de estas preguntas. Por ejemplo, es probable que la temperatura media global aumente 2°C o más para 2100, quizás a mediados de siglo (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2021). Este incremento condicionará el aumento del nivel del mar al menos 1 metro para 2100, y quizás hasta más. Se incrementará la probabilidad y frecuencia de fenómenos meteorológicos y eventos climáticos extremos, tales como lluvias intensas, tormentas eléctricas, granizadas, inundaciones, deslizamientos, aludes, olas de calor, así como eventos de sequía y disponibilidad de recurso de agua (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2021). También se visualizan los cambios en las condiciones ambientales y ecológicas que impulsan la transmisión de enfermedades infecciosas, los impactos sobre los sistemas naturales y sectores socioeconómicos que sustentan la salud humana (Organización Panamericana de la Salud, 2011). Pero quizás la pregunta más inquietante que hizo Leaf (1989) fue la última: ¿podemos poner la acción climática en perspectiva y, esperar a ver qué pasará?

Gran parte del impacto potencial del cambio climático sobre la salud puede ser aminorado o evitado a través de la combinación entre el fortalecimiento de las funciones clave del sistema de salud y una mejor gestión de los riesgos climáticos (OPS, 2011, p. 8).

La complejidad del asunto ha impulsado el desarrollo e instalación de nuevas carreras profesionales, así como posgrados para formar especialistas en campo de cambio climático y salud ambiental. El programa de la Maestría en Ciencias de la Salud Ambiental de la Universidad de Guadalajara, también busca la capacidad de identificar vías que pueden conectar la problemática de calentamiento global y cambio climático con los resultados de las enfermedades en México, y particularmente en el estado de Jalisco. Existe una amplia gama de temáticas específicas en campo de cambio climático y salud ambiental. En el marco ilustrado a continuación (Fig. 1) se puede ver para comprender mejor cómo, por ejemplo, un aumento de los gases de efecto invernadero puede provocar más asma o, simplemente empeorar las estadísticas de enfermedades respiratorias etc. (Harvard University , 2021). Es un marco muy generalizado, pero presenta elementos que se basan en la investigación científica y puede servir como una herramienta para auxiliar a pensar en qué enfermedades pueden verse afectadas y qué personas pueden estar en mayor riesgo a medida que se desarrolla el cambio climático.

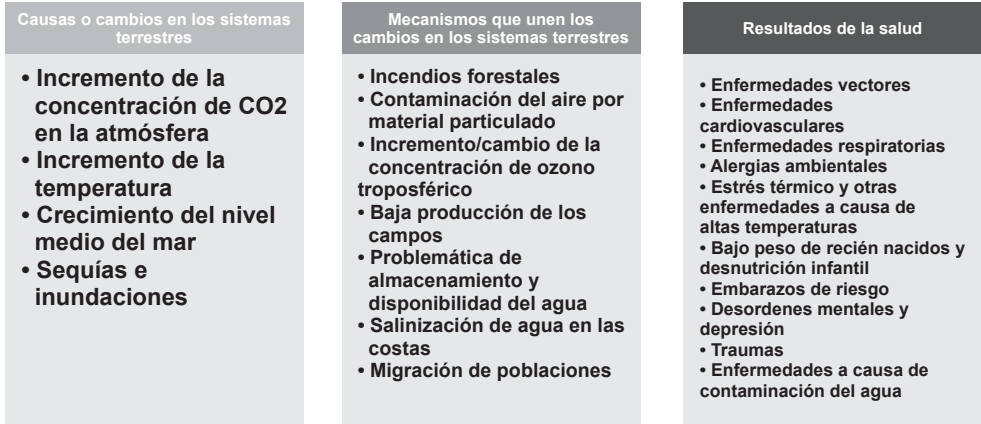


Fig. 1. Diagrama que enmarca la causa, posibles mecanismos y los resultados en la salud pública. Fuente: Adaptación de información, cortesía de la Universidad de Harvard, EE.UU. (Harvard University , 2021).

Los elementos de este diagrama se utilizarán para resaltar las rutas relevantes para temas específicos que abordan los proyectos de investigación del alumnado. El diagrama incluye causas o cambios en los sistemas terrestres; mecanismos que unen los cambios en los sistemas terrestres; y resultados de salud. En cada proyecto de tesis o trabajo de investigación del posgrado se trata de explorar algunas de las conexiones que existen o que se establecen entre estos elementos. Estas conexiones normalmente se estudian en función de la población que se considere vulnerable. Aquí, se considere la población vulnerable que tiene un riesgo elevado de sufrir impactos adversos a la salud además de los procesos y resultados en el diagrama anterior. En los proyectos de tesis desarrollados en la Maestría en Ciencias de la Salud Ambiental, Universidad de Guadalajara, trabajan principalmente con grupos de personas que viven en zonas marginadas o en la pobreza. Pues, las personas y familias de bajos ingresos corren un mayor riesgo de sufrir todos los efectos negativos para la salud del cambio climático (Berry et al., 2012). Para atender los objetivos de investigación en campo salud pública y cambio climático se aplica la metodología desarrollada y recomendada para proyectos de evaluación del riesgo de desastres y cambio climático, considerando los impactos en salud pública y mortalidad a causa de adversos eventos climáticos o fenómenos meteorológicos extremos como desastres (Barandiarán y et al., 2019). Metodología constituye la siguiente estructura:

- Introducción/Antecedentes
- Marco conceptual
- Recopilación, clasificación y organización de datos o información cualitativa
- Evaluación cualitativa (medios de comunicación, encuestas o entrevistas)
- Evaluación cuantitativa (datos, información cuantitativa)
- Discusión de resultados (aquí también se busca relacionar resultados cuantitativos vs percepción humana)

- Consideraciones finales
- Referencias
- Apéndices de acrónimos, definiciones, mapas u otra información geográfica, software aplicado o desarrollado para modelar o simular los procesos y otros.

Existen muchas direcciones de investigación en campo cambio climático y salud pública, sin embargo, todos los trabajos de tesis presentados para su evaluación en nuestro posgrado se pueden organizar en tres direcciones:

- Efectos de salud a causa de calor extremo
- Salud de poblaciones vulnerables a inundaciones
- Salud pública y enfermedades por vectores

Su desarrollo aplicó los siguientes pasos:

1. Filtrado, o valoración para decidir sobre la necesidad de hacer una evaluación del impacto en la salud (EIS).

2. Diseño y planificación de argumentos más relevantes del proyecto: objetivo general y metas, métodos, límites espacio-temporales, selección de variables.

3. Evaluación:

- Análisis de la intervención evaluada.
- Caracterización sociodemográfica y de estado de salud de la población.
- Identificación de posibles impactos.
- Priorización de los impactos.

4. Conclusiones y recomendaciones para minimizar riesgos en salud.

Para ampliar la temática de investigación en campo de cambio climático y salud pública todavía se requiere un oportuno acceso a

las bases de datos epidemiológicos, promover adquisición de equipos para el monitoreo meteorológico, ambiental y social (encuestas) en campo, etc. Nos esforzamos por medir el impacto neto en la salud a causa de efectos de cambio climático. Sin embargo, a eso todavía se debe sumar efectos de comportamiento humano y las políticas, porque son nuestras oportunidades de mejora. Pues, la evaluación de impactos en salud, tal como la define la Organización Mundial de la Salud, es un medio para evaluar los impactos en salud de políticas, planes y proyectos en diversos sectores económicos usando técnicas cuantitativas, cualitativas y participativas:

Una combinación de procedimientos, métodos y herramientas mediante las que una política, programa o proyecto puede ser evaluado en función de sus potenciales efectos en la salud de una población y de la distribución de los mismos en dicha población (World Health Organization, 1999).

Se trata de métodos y metodologías que deben ser flexibles y adaptables a casos concretos, cuyo objeto es evaluar los impactos en salud tanto positivos como negativos.

Abordajes metodológicos y métodos en la investigación del cambio climático.

Caso 2.

La presencia del cambio climático, ha motivado siempre la necesidad de cuantificar los niveles de modificación de los patrones espacio-temporales de las variables climáticas, esto es, la necesidad de generar escenarios de cambio climático. Los escenarios de cambio climático, sin embargo, no pueden ser considerados como pronósticos climáticos, como erróneamente se les suele concebir, ya que cada escenario es más bien una alternativa de cómo se puede

comportar el clima futuro (INECC, 2017), por lo que conlleva un cierto grado de incertidumbre. En todo caso, los escenarios de cambio climático deberían representar una visión aproximada de las condiciones climáticas próximas a enfrentar, para con base en ello diseñar medidas de adaptación y mitigación para disminuir en lo posible los efectos negativos de este fenómeno (Ruiz-Corral y García-Romero, 2021).

La evaluación y cuantificación del cambio climático se puede abordar fundamentalmente desde dos visiones: a) visión retrospectiva y b) visión prospectiva. La visión retrospectiva comúnmente conocida como estudio de tendencia climática se basa en datos monitoreados y registrados en redes de estaciones meteorológicas, que constituyen por tanto evidencias reales de como ha evolucionado el clima en una región determinada. Tradicionalmente se ha considerado que un buen estudio retrospectivo del clima, debería incluir una serie de datos bastante extensa, con el cubrimiento del mayor número de décadas posible, para obtener conclusiones confiables. Sin embargo, recientemente se ha demostrado que series de datos de 50 años o incluso de 40 años han sido utilizadas de manera eficaz para evidenciar cambios en los patrones climáticos (Ruiz-Álvarez, et al. 2020 ab; Taszarek, et al. 2021). Esto se debe a que se ha identificado con datos numéricos que la época en que el clima global cambió de manera abrupta y significativa se localiza entre la década de los años 1990s y la década de los años 2000s, por lo que una serie de tiempo que incluya datos antes y después de estas fechas, resulta suficiente para mostrar modificaciones estadísticamente significativas en los patrones climáticos regionales y/o globales. Esto es, que si se cuenta con una estación meteorológica cuya información data de 1961 a 2020, como es el caso de la mayoría de las estaciones meteorológicas en México, el análisis de tendencia que se elabore con esta información, podría garantizar sin problema la identificación de variaciones o modificaciones climáticas.

Dentro de las técnicas estadísticas más comunes que se utilizan en un análisis de tendencias climáticas se encuentra el análisis de regresión lineal simple, generalmente acompañado de la prueba T de Student como herramienta para evaluar la significancia estadística de la tendencia en cuestión; en este contexto, la hipótesis nula es la no existencia de tendencia (clima no cambiante). La prueba no paramétrica Mann-Kendall (M-K) también puede ser utilizada para evaluar la significancia de tendencias monotónicas (lineales o no lineales). Esta prueba es mucho menos sensible a datos fuera de tipo y a distribuciones de datos sesgadas. La prueba M-K con frecuencia se combina con el estimador robusto de tendencia lineal Theil-Sen (Santillán-Espinoza, et al. 2011; Shea, 2014).

Dado que los datos climáticos mayormente disponibles en las redes de estaciones meteorológicas terrenas son los de temperatura y precipitación, generalmente los estudios de tendencias climáticas se basan en estas dos variables. Sin embargo, a partir de estas variables básicas, es posible derivar múltiples parámetros útiles que permiten realizar aplicaciones en diferentes áreas del conocimiento como agricultura (Medina-García et al., 2019).

Con relación a la cuantificación del cambio climático con visión prospectiva, esto es a futuro, la mejor opción metodológica es el uso de los modelos de circulación global (MCG), los cuales se basan en leyes fundamentales de la física, simulan una gran variedad de los procesos que ocurren en un rango muy amplio de escalas espaciales y temporales, entre los diversos subsistemas climáticos (Atmósfera, Hidrósfera, Criósfera, Litósfera y Biósfera). La precisión en la simulación de la climatología futura depende en gran medida de la capacidad de estos modelos para simular: a) las interacciones entre estos subsistemas climáticos; b) los efectos topográficos de la superficie terrestre y; c) la ocurrencia y magnitud de fenómenos meteorológicos extremos.

En el año de 2013, el Panel Intergubernamental de Cambio Climático con base en el Proyecto de Inter-comparación de Modelos Acoplados Fase 5 (CMIP 5) propuso cuatro rutas representativas de concentración de gases efecto invernadero (RCPs) para estandarizar y poder comparar los escenarios de cambio climático derivados de los distintos MCG que se utilizan con este propósito: RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0, RCP8.5. Cada RCP incluye un forzamiento radiativo total estimado (diferencia entre la insolación o luz solar absorbida por la Tierra y la energía irradiada de vuelta al espacio), tomando como referencia el año 2100 con relación al año 1750. Los forzantes radiativos para los cuatro RCPs mencionados son 2.6 W m^{-2} en el caso del escenario RCP 2.6 (bajas emisiones de GEI); 4.5 W m^{-2} , en el caso del escenario RCP 4.5 y 6 W m^{-2} , en el caso del escenario RCP 6.0 (emisiones intermedias de GEI), y 8.5 W m^{-2} , en el caso del escenario RCP 8.5, que corresponde a altas emisiones de GEI (IPCC, 2013). Actualmente existe la disponibilidad de información con relación a los escenarios climáticos futuros durante el presente siglo para un gran número de MCG, con los cuales se puede trabajar de manera individual con cada modelo o a través de modelos ensamble, los cuales presentan una versión ponderada de la climatología futura basada en dos o más modelos. Esta última opción ha sido utilizada en numerosas ocasiones por enfoques conservadores que no toman el riesgo de apostarle a un solo modelo para inferir la climatología futura de una región; sin embargo, existe una corriente de investigadores que opinan que es mejor trabajar con modelos individuales para facilitar la interpretación de los escenarios resultantes. Un ejemplo sobresaliente de un modelo ensamble es el realizado por Cavazos y colaboradores para México, con 15 MCG mediante el método REA (Reliability Ensemble Averaging), el cual da mayor peso a los MCG que contengan los errores y sesgos más pequeños en comparación con las variables observadas en un punto de malla dado (Cavazos et al., 2013).

La Fase 6 (CMIP 6) del Proyecto de Inter-comparación de Modelos Acoplados recientemente ha proyectado los forzantes radiativos y emisiones antropogénicas de gases efecto invernadero de cinco rutas socioeconómicas compartidas (SSPs): SSP1-1.9, SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP3-7.0, and SSP5-8.5 (Meinshausen et al., 2020). Sin embargo, los escenarios climáticos de los RCPs del CMIP 5 siguen siendo los más utilizados hoy en día.

Al igual que para los estudios retrospectivos de cambio climático, para los estudios prospectivos también las variables que generalmente se simulan para escenarios futuros del clima son la precipitación y la temperatura.

Abordajes metodológicos y métodos en la investigación en restauración de suelos degradados

Caso 3

La restauración ecológica tiene como marco los conceptos básicos de la ecología como ciencia, por lo que todas las acciones necesarias para llevar a cabo la recuperación de ecosistemas degradados se tendrán que tomar en cuenta su complejidad lo que conllevan a enfoques multidisciplinarios y basados en el método científico, pero también en el desarrollo tecnológico. Aunado a lo anterior, está la coevolución los ecosistemas con las actividades humanas que al hacer uso de los bienes y servicios ecosistémicos se provoca una degradación, que incide directamente en la salud humana y el bienestar, por lo que resulta un verdadero reto a resolver. En los últimos 50 años se han perdido el 60% de los ecosistemas y con ello la biodiversidad, lo que significa que su explotación los ha llevado a una degradación, que en muchos de los casos es irreversible y actualmente se estima el impacto económico de la degradación del capital natural afecta a 3, 200 millones de personas principalmente provenientes de países pobres (Millennium, 2009).

La restauración ecológica es reconocida por científicos y gobernadores, como una herramienta fundamental para revertir la degradación de los ecosistemas, para garantizar la provisión de bienes y servicios ecosistémicos de forma autosostenible. Según la Society Ecology Restoration (2004), es el proceso en el cual se asiste la recuperación de un ecosistema dañado o destruido. El objetivo es iniciar o acelerar procesos ecológicos para facilitar los procesos de sucesión en la comunidad biológica bajo los siguientes principios:

- a) Se basa en el método científico
- b) Incluye un diagnóstico ecológico con un enfoque holístico que contempla los procesos ecológicos del sitio, también las visiones y necesidades socioeconómicas y escalas del paisaje.
- c) Busca activar la auto-regeneración a través de una intervención mínima.
- d) Monitorizar las acciones de restauración y en caso de no llegar a los objetivos, permite la reorientación de medidas y acciones.

A continuación, se exponen las técnicas de restauración de suelos degradados aplicadas en áreas naturales del estado de Jalisco y que son el resultado de 30 años de investigación.

Recubrimiento de semillas de especies nativas como técnica para la restauración

Romo-Campos y Guzmán-Valle (2019) evaluaron el efecto de dos adherentes (melaza y goma arábiga) para el recubrimiento de semillas de cuatro especies nativas de herbáceas con potencial de restauración de suelos degradados, y su efecto sobre la germinación, como técnica para la restauración de suelos degradados en el Bosque La Primavera. Para formar pellets (semillas cubiertas con cualquier sustancia) de diferentes tamaños se utilizó: caolín como aglutinante, melaza, goma arábiga como

adherentes y estiércol de caballo como fertilizante en semillas de: *Aristida appressa* Vasey, *Paspalum notatum* Flüggé, *Chamaecrista rotundifolia* (Pers.) Greene y *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. Para conocer el efecto de las mezclas para formar los pellets sobre la germinación, se recubrieron las semillas con dos mezclas: 1) caolín (arcilla mineral) como cementante, abono orgánico (estiércol de caballo) que actúa como mejorador del suelo y goma arábiga (aglutinante) y 2) caolín, abono orgánico (estiércol de caballo) y como aglutinante melaza (subproducto del procesamiento del azúcar) y 3) control sin adherentes. Se obtuvieron pellets de cinco tamaños: 2 mm, 4 mm, 6 mm, 8 mm y 10 mm. Los resultados encontrados mostraron que los pellets de 12 mm integraron 41% más semillas en comparación con los de 2 mm. La germinación no fue inhibida por efecto del cubrimiento con las mezclas probadas. En conclusión, la formación de pellets es una herramienta útil para establecer especies pioneras y acelerar los procesos de sucesión vegetal, además los materiales utilizados en este trabajo para formar los pellets son fáciles de conseguir y de bajo costo, por lo que el recubrimiento de semillas podría ser una solución para lograr la restauración de suelos degradados del Bosque La Primavera.

Evaluación del recimiento de herbáceas nativas con potencial de restauración en suelos degradados en el Bosque La Primavera.

García-Castro et al., (2018), realizaron una investigación para evaluar herbáceas nativas con potencial para restaurar suelos degradados en el bosque La Primavera. Entre los desafíos de la restauración ecológica está el seleccionar especies nativas que puedan establecerse en estos suelos degradados que generen condiciones adecuadas para el desarrollo de la sucesión secundaria (Lamb, Erskine & Parrota, 2005). Entre las características que se buscan es que sean plantas con alta supervivencia, con crecimiento rápido y larga persistencia (Rondón y Vidal, 2005). Por otra parte, la

competencia entre plantas por espacio, luz y nutrientes disminuye la densidad y crecimiento de las especies menos competitivas (Tilman, 1987). Por ejemplo, Hooper *et al.* (2005) encontraron que el establecimiento de herbáceas que son muy competitivas puede demorar el crecimiento y la acumulación de biomasa en otras especies. Sin embargo, algunos autores indican que posponer la fecha de siembra de especies competidoras puede favorecer el crecimiento en especies menos competitivas (Castillo-Caamal & Caamal-Maldonado, 2011). La identificación de las que estrategias utilizan las plantas para crecer en diferentes ambientes es fundamental, la tasa relativa de crecimiento se define como la ganancia de biomasa en el tiempo (Alameda y Villar, 2009). Dichas diferencias están en función de características fisiológicas como la Tasa de Asimilación Neta (TAN), morfológicas que se miden por el Coeficiente del Área Foliar (CAF) y la proporción Raíz/Vástago (PRV) (Poorter, 2001).

La Restauración ecológica es una herramienta esencial para revertir la degradación del Área de Protección de la Flora y Fauna La Primavera (APFFLP), es la principal área forestal contigua a la zona metropolitana de Guadalajara que provee de bienes y servicios ambientales. Esta zona funciona como un hábitat crítico para 961 especies de plantas vasculares, de las cuales 59 son orquídeas; 29 especies de mamíferos y 135 especies de aves (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [Semarnat], 2000).

En este estudio se seleccionaron 39 especies herbáceas que fueron sembradas en suelos degradados del bosque La Primavera, con dos tratamientos, a) siembra con todas las especies y 2) siembra sólo con las fabáceas y 15 días después se agregó el resto de las especies, en parcelas de 1 m². Mediante ANOVA se analizó la cobertura, densidad y tasa de crecimiento (cociente del área foliar y tasa de asimilación neta). En cada parcela se agregó la misma cantidad de semillas por especie con cinco repeticiones por tratamiento. Antes de la siembra

las semillas de la familia Fabaceae fueron escarificadas para eliminar la latencia (Romo, Contreras, Huerta & Muñoz, 2009). En todas las parcelas, además se agregó una mezcla para simular una hidrosiembra (Bradshaw, 1997), la cual estuvo compuesta por un adherente (melaza: 250 ml), un aglutinante (bentonita: 100 g), 2 kg de humus de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida* Savigny) y 5 l de agua. Esta mezcla se añadió de forma manual y homogénea en todas las parcelas. La *Dalea leporina* registró la cobertura más alta y la *Cosmos bipinnatus* la mayor densidad. Las asteráceas registraron el crecimiento más alto. *Desmodium sericophyllum* y *D. aparines* mostraron el cociente del área foliar más alto y *Cosmos bipinnatus* la tasa de asimilación mayor. La presencia de otras especies no afectó la densidad ni el crecimiento de las fabáceas; además, mostraron ajustes morfológicos y fisiológicos con ventajas competitivas para establecerse en suelos degradados, por lo que son la mejor opción para iniciar procesos de sucesión vegetal para restaurar suelos en La Primavera.

La función de la nucleación para restaurar suelos degradados

Esta técnica se basa en las interacciones de facilitación que contribuyan al ensamble de las comunidades ecológicas y de esta manera preservar la biodiversidad (Temperton, 2004; Verdú y Valiente-Banuet, 2008). El ensamble de la comunidad se refiere a los procesos mediante los cuales especies colonizadoras interactúan con otras especies (Young et al., 2001).

La nucleación es una técnica propuesta por Reis et al., (2003) y Bechara et al., (2007), en la cual plantean la transposición de suelo de un área no degradada a un área degradada. El objetivo es rescatar la microbiota del suelo (hongos, bacterias, lombrices, algas, insectos, etc.) y el banco de semillas, a través de la traslocación de porciones de 1 m² de suelo de remanentes de vegetación conservadas y que estén cercanos a las zonas que serán restauradas. La función básica es la introducción de especies nativas pioneras que se desarrollen en

los núcleos y de esta manera atraigan a la fauna local (herbívoros, polinizadores y dispersores de semillas) y a su vez se conecten unos con otros y vayan formando la comunidad ecológica.

Una de las ventajas es que se integra material genético heterogéneo que aporta diversidad biológica a los sitios restaurados. La nucleación también propicia los procesos de sucesión natural por lo que representa una alternativa para la restauración ambiental.

Referencias bibliográficas

- Alameda, D. y Villar, R. (2009). Moderate soil compaction: Implications on growth and architecture in seedlings of 17 woody plant species. *Soil Tillage Research*, 103(2), 325-331.
- Barandiarán, M., Esquivel, M., La cambra, S., Suárez, G. y Zuloaga, D. (2019). *Metodología de evaluación del riesgo de desastres y cambio climático para proyectos del BID*. Banco Interamericano de Desarrollo. Obtenido de <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Metodologia-de-evaluacion-del-riesgo-de-desastres-y-cambio-clim%C3%A1tico-para-proyectos-del-BID-Documento-tecnico-de-referencia-para-equipos-a-cargo-de-proyectos-del-BID.pdf>
- Bechara, F. C., Campos Filho, E. M., Barretto, K. D., Gabriel, V. A., Antunes, A. Z. y Reis, A. (2007). Unidades demostrativas de restauração ecológica através de técnicas nucleadoras de biodiversidade. *Revista Brasileira de Biociências*, 5, 9-11.
- Berry, P., Campbell-Lendrum, D., Corvalan, C., y Guillemot, J. (2012). *Proteger la salud frente al cambio climático: evaluación de la vulnerabilidad y la adaptación*. (K. Ebi, Ed.) Washington, DC: Organización Panamericana de la Salud. Obtenido de <https://www.paho.org/hq/dmdocuments/2013/Proteger-la-salud-frente-al-cambio-climatico.pdf>
- Bradshaw A. (1997). Restoration of mined lands-using natural processes. *Ecological Engineering*, 8(4), 255-269.
- Castillo-Caamal, J. B., y Caamal-Maldonado, J. A. (2011). Efecto de la fecha de siembra del frijol terciopelo (*Mucuna* sp.) como cultivo de cobertera en el rendimiento del maíz. *Tropical and subtropical Agroecosystems*, 14(1), 101-108.
- Cavazos, T., J. A. Salinas, B. Martínez, G. Colorado, P. de Grau, R. Prieto González, A. C. Conde Álvarez, A. Quintanar Isaías, J. S. Santana Sepúlveda, R. Romero Centeno, M. E. Maya Magaña, J. G. Rosario de La Cruz, Ma. del R. Ayala Enríquez, H. Carrillo Tlazazanatza, O.

- Santiesteban y M. E. Bravo. (2013). *Actualización de escenarios de cambio climático para México como parte de los productos de la Quinta Comunicación Nacional. Informe Final*. SEMARNAT-INECC-CICESE-IMTA-Centro de estudios de la Atmósfera UNAM. 150 p.
- Foskett, E. W. (1999). Historical development of environmental health in the UK" In: Bassett, W. H. *Clay's Handbook of Environmental Health*. London: E&FNSPON.
- Frumkin, H. (2005). *Environmental Health: from global to local*. USA: Jossey-Bass.
- García-Castro, K. D., Romo-Campos, R. L., Jacobo-Pereira, C. y Gómez-Rubio, R. (2018). Tasa relativa de crecimiento en plántulas de dos poblaciones de *Magnolia pugana* (Magnoliaceae) en distintos niveles de luz y fertilidad del suelo. *Revista de Biología Tropical*, 66(22), 622-633. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442018000200622.
- Garibay, M.G. y Curiel, A. (2005). Salud ambiental, campo de la complejidad ambiental. *Revista Ideas Ambientales* 2: 229-235.
- Goodland, R. (1992). The case that the world has reached limits: More precisely that current throughput growth in the global economy cannot be sustained. *Popul Environ* 13, 167-182. <https://doi.org/10.1007/BF01256413>
- Harvard University . (09 de julio de 2021). *The Health Effects of Climate Change*. Obtenido de Comienza a aprender de las mejores instituciones del mundo: The Health Effects of Climate Change
- Hinrichsen, D. (2010). *Presión Poblacional*. En H. Frumkin (Ed.), *Salud Ambiental: De lo global a lo local*. (Organización Panamericana de la Salud, pp. 239-256).
- Hooper, D. U., Chapin III, F. S., Ewel, J. J., Hector, A., Inchausti, P., Lavorel, S., Lawton, J. H., Lodge, D. M., Loreau, M., Naeem, S., Schmid, B., Setälä, H., Symstad, A. J., Vandermeer, J., & Wardle, D. A. (2005).

Effects of biodiversity on ecosystem functioning: a consensus of current knowledge. *Ecological Monographs*, 75(1), 3-35. doi:10.1890/04-0922.

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, INECC. (2017). *Escenarios de cambio climático. En: Acciones y programas de adaptación al cambio climático*. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. Consultado en: <https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/escenarios-de-cambio-climatico-80126>.

Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC. (2013). *Resumen para responsables de políticas. En: Cambio Climático 2013: Bases físicas. Contribución del grupo de trabajo I al quinto informe de evaluación del grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático*. Stocker, T. F.; Qin, D.; Plattner, G.-K.; Tignor, M.; Allen, S. K.; Boschung, J.; Nauels, A.; Xia, Y.; Bex, V. y Midgley, P. M. (Eds.). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 205 p.

Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC. (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press. Recuperado el 21 de 08 de 2021 , de <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/#TS>

Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC. (28 de 07 de 2021). *IPCC WGI Interactive Atlas*. Obtenido de IPCC Working Group I (WGI): Sixth Assessment Report: <https://interactive-atlas.ipcc.ch/>

Lamb, D., Erskine, P. D. y Parrota, J. A. (2005). Restoration of degraded tropical forest landscapes. *Science*, 310(5754), 1628-1632. doi: 10.1126/science.1111773

Leaf, A. (1989). Potential Health Effects of Global Climatic and Environmental Changes. *N Engl J Med*, 321, 1577-1583. doi:DOI: 10.1056/NEJM198912073212305

- Medina-García, G., Grageda G., J., Ruiz-Corral, J.A., Casas-Flores, J.I., Rodríguez-Moreno, V.M. y De La Mora O., C. (2019). Disminución de las horas frío como efecto del cambio climático en México. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.*, 10(6): 1325-1337.
- Meinshausen, M., ZNicholls, Z.R.J., Lewis, J., Gidden, M.J. et al. 2020. The shared socio-economic pathway (SSP) greenhouse gas concentrations and their extensions to 2500. *Geosci. Model dev.*, 13: 3571-3605.
- Millennium Development Goals. (2009). *Goal 7: Ensure environmental sustainability*. United Nations, New York. Available from <http://www.un.org/millenniumgoals/envIRON.shtml> (accessed October 2021).
- Organización Mundial de la Salud, OMS. (1993). Definition of Environmental Health Developed at WHO consultation in Sofia, Bulgaria, as in (2001) An Ensemble of Definitions of Environmental Health, U.S. Department of Health and Human Services, Environmental Health Policy Committee, and Risk Communication and Education Subcommittee. <http://www.health.gov/environment/DefinitionsofEnvHealth/ehdef2.htm>
- Organización Naciones Unidas (1945). *Declaración de las Naciones Unidas sobre Derechos Humanos*, (Consultado en: <https://www.un.org/es/about-us/un-charter>).(ONU, 2015).
- Organización Panamericana de la Salud. (2011). *Lineamientos para evaluar la vulnerabilidad de la salud frente al cambio climático en Colombia: Documento de apoyo para las autoridades de salud en Colombia*. Bogotá, D.C.: Organización Panamericana de la Salud/Organización Mundial de la Salud OPS/OMS. Obtenido de https://www3.paho.org/col/index.php?option=com_content&view=article&id=1532:lineamientos-para-evaluar-la-vulnerabilidad-de-la-salud-frente-al-cambio-climatico-en-colombia&Itemid=361

- Poorter, L. (2001). Light-dependent changes in biomass allocation and their importance for growth of rain forest tree species. *Functional Ecology*, 15(1), 113-123. doi:10.1046/j.1365-2435.2001.00503.x
- Ramos, S.L., Garibay, M.G y Curiel, A. (2015). The environmental health field: An opportunity to reach science education goals. *Ambiente & Sociedade*, São Paulo 18(4), 73-93
- Reis, A.; Bechara, F. C.; Espindola, M.B.; Vieira, N. K., & Lopes, L. (2003). Restoration of damaged land areas: using nucleation to improve successional processes. *Natureza & Conservação*, 1, 85-92.
- Richardson, J.R y Miller, G.W (2010). *Toxicología*.. En H. Frumkin (Ed.), *Salud Ambiental: De lo global a lo local*.(Organización Panamericana de la Salud, pp.26-49).
- Romo, C. R., Contreras, S., Huerta, F. M. y Muñoz, A. (2009). Efecto del vermiabono en el crecimiento y acumulación de biomasa en *Aeschynomene americana* L. en bancos de minería a cielo abierto. *Terra Latinoamericana*, 27(2), 115-121.
- Romo-Campos, R. L. y Guzman-Valle, J. F. (2019). Recubrimiento de semillas como técnica para la restauración de suelos degradados. *Revista e-CUCBA*, 11, 46-53.
- Rondón, J. A. y Vidal, R. (2005). Establecimiento de la cubierta vegetal en áreas degradadas (principios y métodos). *Revista Forestal Latinoamericana*, 20(2), 63-82.
- Ruiz-Alvarez, O., Singh, V.P., Enciso-Medina, J., Ontiveros-Capurata, R.E. y Costa dos Santos, C.A. (2020^a). Observed trends in daily temperatura extreme índices in Aguascalientes, Mexico. *Theoretical and Applied Climatology*, 142: 1425-1445.
- Ruiz-Alvarez, O., Singh, V.P., Enciso-Medina, J., Ontiveros-Capurata, R.E., and Corrales-Suastegui, A. (2020b). Spatio-temporal trends of monthly and anual precipitation in Aguascalientes, Mexico. *Atmosphere*, *Atmosphere* 2020, 11, 437.

- Ruiz-Corral, J.A. y García-Romero, G.E. (2021). Capítulo IV: Cambio climático y su impacto en el sector agrícola de Jalisco. En: Davydova B., V. (Editora) *La gestión climática en Jalisco*. Primera Edición Prometeo. Guadalajara, Jalisco, México. pp: 77-92.
- Santillán-Espinoza, L.E., Blanco-Macías, F., Magallanes-Quintanar, R., García-Hernández, J.L., Cerano-Paredes, J., Delgadillo-Ruiz, O. y Valdez-Cepeda, D. (2011). Tendencias de temperaturas extremas en Zacatecas, México. *Rev. Mex. Cienc. Agric., Pub. Esp.* No. 2: 207-219.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, SEMARNAT. (2000). *Programa de manejo área de protección de flora y fauna La Primavera, México*. D. F., México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas.
- Society for Ecological Restoration International, SER. (2004). *The SER International Primer on Ecological Restoration*. Society for Ecological Restoration International.
- Shea, D. (2014). Analysis tools and methods. National Center for Atmospheric Research. Documento en línea: <https://climatedataguide.ucar.edu/climate-data-tools-and-analysis/trend-analysis>.
- Taszarek, M., Allen, J.T., Marchio, M. and Brooks, H.E. (2021). Global climatology and trends in convective environments from ERA5 and rawinsonde data. *Npj Climate and Atmospheric Science*, 4, 35. <https://doi.org/10.1038/s41612-021-00190-x>.
- Temperton, V. M.; Hobbs, R. J., Nuttle, T. y Halle, S. (2004). *Assembly rules and restoration ecology: bridging the gap between theory and practice*. Society for Ecological Restoration International.
- Tilman, D. G. (1987). The importance of the mechanisms of interspecific competition. *The American Naturalist*, 129(5), 767-774. doi: 10.1086/284672.

- Verdú, M.; y Valiente-Banuet, A. (2008). The nested assembly of plant facilitation networks prevents species extinctions. *The American Naturalist*, 172: 751-760.
- Young, T. P.; Chase, J. M. y Huddleston, R. T. (2001). Community succession and assembly: comparing, contrasting and combining paradigms in the context of ecological restoration. *Ecological Restoration*, 19, 5-18.
- World Health Organization. (1999). Health Impact Assessment: main concepts and suggested approach, Brussels: Regional Office for Europe. Brussels: WHO.

BIOMEDICINA AMBIENTAL

Cesar Soria Fregozo
Mario Eduardo Flores Soto

Introducción

La salud humana está vinculada al entorno en el que vivimos, y a medida que se deteriora la calidad del medio ambiente, los efectos en la salud humana son evidentes e inevitables; cuya interacción es un problema de salud complejo (Bailey y Grupenhoff, 2000). En este sentido, la comunidad científica ha identificado la gestión ambiental, como un tema prioritario y de gran esfuerzo entre los órganos de gobierno y la sociedad, lo cual permitirá en gran medida proteger la salud del ambiente. Además, reconoce la necesidad de evaluar y controlar los factores ambientales que afectan la salud humana y el futuro de los ecosistemas. Así como, la identificación de condiciones y situaciones que contribuyan a los procesos de adaptación de los individuos y de los ecosistemas ante los cambios climáticos y fenómenos de contaminación del ambiente.

La salud ambiental comprende aquellos aspectos de la salud humana, incluyendo la calidad de vida, que son determinados por factores físicos, químicos, biológicos, sociales y psicosociales en el ambiente. También se refiere a la teoría y la práctica de la evaluación, corrección, control y prevención de los factores ambientales que pueden afectar negativamente la salud de generaciones presentes y futuras (Frumkin, 2016). Además, la salud ambiental abarca aspectos de la salud humana y la enfermedad que son determinados por factores ambientales. Esto incluye tantos efectos patológicos directos de productos químicos, radiación y algunos agentes biológicos, sobre la salud y el bienestar del ambiente físico, psicológico, social y estético en sentido amplio, incluyendo vivienda, uso de tierras en desarrollos urbanos y transporte (Frumkin, 2016).

Por su parte, la biomedicina es un área de investigación interdisciplinaria que aborda y resuelve de manera integral problemas de salud causados por factores ambientales, por medio de la interacción con diversas áreas del conocimiento como; Ecología, Bioestadística, Toxicología, Metodología de la investigación, Análisis metodológico, Patología toxicológica, Geo-epidemiología, Patologías emergentes y re emergentes, Inocuidad y seguridad alimentaria. Además, formula hipótesis y teorías, cuyos resultados permiten conocer con mayor claridad los mecanismos de salud-enfermedad y su relación con la salud ambiental.

El presente capítulo tiene como objetivo describir los abordajes metodológicos en el campo de la biomedicina ambiental y de manera particular en toxicología ambiental en relación a los factores ambientales que afectan la salud.

Biomedicina y su relación con las ciencias ambientales

La salud de los organismos depende de factores físicos, químicos, biológicos y psicosociales en el ambiente, dichos factores

deben de ser investigados con las nuevas herramientas de la biomedicina; la cual utiliza métodos dirigidos con el propósito de resolver problemas de salud. Así, el uso de animales de laboratorio, tejidos o cultivo de células aisladas, se han utilizado con dicho propósito para reproducir o simular la fisiopatología de algunas enfermedades causadas por distintos factores ambientales. Los métodos empleados por la biomedicina son por lo general experimentales y sólo son una aproximación a la identidad orgánica y funcional a las enfermedades en el humano, es decir no es una traspolación directa (Bunge, 1981).

La experimentación *in vivo* e *in vitro* ha replicado muchos de los procesos fisiopatológicos de diversas enfermedades, conocimiento que ha sido esencial para el establecimiento de estrategias terapéuticas eficaces. En este sentido, la metodología empleada por la biomedicina ha aportado información relevante sobre el origen de diversas enfermedades, la etiología, evolución, agentes causales y/o factores ambientales bajo condiciones normales y patológicas (Bunge, 1981).

La biomedicina en nuestro país inicia con la llegada de numerosos médicos, biólogos, y humanistas españoles entre los años 1930-1940. La primera institución dedicada a la investigación biomédica fue el Instituto de Salubridad y Enfermedades Tropicales (ISET), dedicado al estudio de problemas de salud pública prioritarios en México. Para 1980 se tenían registradas 27 instituciones de investigación biomédica; actualmente existen diversos centros y laboratorios de investigación biomédica en el interior de la república (Pérez-Tamayo, 2004).

La salud ambiental en México inicia su desarrollo a finales de la década de los ochenta y se establece como disciplina a principios de los noventa, atendiendo problemas de saneamiento ambiental, epidemiología y toxicología ambiental, especialmente en relación a la contaminación atmosférica y la exposición a sustancias tóxicas,

tales como, los plaguicidas y metales pesados (Riojas-Rodríguez et al., 2013).

En el occidente del país, la Universidad de Guadalajara inicia por parte de un grupo de profesores la investigación en salud ambiental:

La investigación en salud ambiental surge en la Universidad de Guadalajara en el año 1992, a raíz del desastre ocurrido por las explosiones de hidrocarburos en el drenaje de la ciudad de Guadalajara, el 22 de abril de ese año, considerado uno de los más graves en cuanto a daños y muertes en la historia de la metrópoli (Garibay Chávez, 2017, p. 45)

El área de biomedicina ambiental surge como una necesidad de formar y renovar los recursos humanos en el área de la salud ambiental. Cuya actividad científica combina el interés individual y colectivo, con el abordaje y la resolución de problemas de salud en lo local, nacional e internacional causados por factores ambientales.

Investigación en biomedicina ambiental

La salud ambiental, como área interdisciplinaria requiere de la cooperación de recursos humanos formados en diferentes campos de las ciencias básicas (biología, física, química, etc.) y especializantes como toxicología, higiene, salud ocupacional, epidemiología, química orgánica y analítica, estadística y biología molecular. Además, debido a la interacción con los factores sociales, políticos y económicos puede tener un gran impacto social. Razón por la cual es importante fomentar el trabajo de investigación en biomedicina que permita conocer los mecanismos fisiológicos y fisiopatológicos involucrados en diversas alteraciones en la salud provocadas por factores ambientales. Dicha área de investigación debe de proponer y abordar los problemas de salud ambiental bajo diferentes estrategias metodológicas que permitan la mejora en la salud de los organismos (Garte et al., 2006). Esta cooperación

interdisciplinaria se puede evidenciar mediante publicaciones científicas que van incrementado conforme al paso del tiempo. En este sentido, una búsqueda sistemática de trabajos científicos publicados en los últimos 10 años sobre salud ambiental, toxicología y biomedicina realizada en bases de datos científicas (PubMed y Science Direct) muestran una gran cantidad de trabajos publicados en el área de biomedicina ambiental de tipo preclínico y clínico (Tabla 1). Los trabajos varían según la base de datos consultada, sin embargo, se puede observar que los temas van desde los efectos de herbicidas, pesticidas y contaminantes presentes en la naturaleza (metales pesados) y sus efectos en la salud, hasta la implementación de modelos para evaluar los efectos en la salud de los organismos.

El uso de animales de laboratorio en la investigación científica se respalda por organismos reguladores a nivel nacional e internacional. Dicha investigación identifica los peligros potenciales en la salud humana. Animales como el ratón, la rata el conejo, el perro y primates no humanos son utilizados en biomedicina. Algunos se emplean para pruebas especializadas y de toxicidad (Olivier y Karanth, 2020). Los animales de experimentación son una parte fundamental en la biomedicina, tanto en los proyectos de investigación, pruebas diagnósticas y toxicológicas.

Trabajos tanto preclínicos como clínicos, reportan los efectos tóxicos de los herbicidas y pesticidas en el sistema hormonal Bhardwaj et al., 2018; Andreotti et al., 2018. Se ha reportado el efecto del fungicida maneb sobre la liberación de testosterona en ratas macho. Dicho fungicida contiene manganeso (Mn) que inhibe enzimas involucradas en la síntesis de esteroides, como la testosterona. Se ha demostrado que la administración de 4 mg/kg de carbamato de maneb vía intraperitoneal disminuye los niveles de testosterona en el plasma hasta un 66% al día 18 de administración (Tsague et al., 2011).

Los herbicidas son empleados para controlar la maleza de los cultivos. La atrazina es uno de los más empleados, debido a su variable de degradación biológica es detectado en cuerpos de agua superficial y subterránea. En México, su uso no está regulado y su detección en cuerpos de agua rebasa los límites permisibles (CICOPLAFEST 1998). La atrazina es un potente disruptor endocrino en los organismos. Se ha reportado su efecto en el desarrollo testicular fetal por exposición en el útero; a ratas hembra se les administró diariamente vía sonda atrazina (25, 50 y 100 mg/kg al día) desde el día 12 al 21 de gestación. La exposición fetal a dosis de 100 mg/kg incrementó la agregación de células de Leydig y por ende la interrupción del desarrollo de los testículos fetales de rata Tsague et al., 2011.

La contaminación por metales pesados en recursos hídricos, suelo y aire es una problemática que compromete la salud de los organismos. Metales pesados como el plomo (Pb), cadmio (Cd) y mercurio (Hg) pueden detectarse simultáneamente en muestras de sangre, suero y orina de la población potencialmente expuesta. Sin embargo, la toxicidad a bajas concentraciones de mezclas de Pb, Cd y Hg es limitada. Existen reportes de la interacción de estos tres elementos a bajas concentraciones en modelos animales. Ratas preñadas fueron expuestas a diversas concentraciones de la mezcla de los metales pesados (1, 5 y 10 mg/L de la mezcla de metales) en el agua potable, durante la gestación y lactancia. Sus efectos fueron evaluados al día 23 de edad posnatal. Se demostró que las concentraciones de Pb, Cd y Hg en sangre y cerebro incrementan de manera dosis dependiente. Además, de cambios histopatológicos en el cerebro, el hígado y los riñones. También se reportaron alteraciones en el aprendizaje y la memoria de forma dosis dependiente. Estos resultados sugirieron controlar y regular las posibles fuentes de contaminación por metales pesados (Zhou et al., 2019).

Por otro lado, los recursos hídricos pueden presentar contaminación ocasionada por los ambientes geológicos, debido al contacto del agua con las rocas que forman el cuerpo de agua “contaminación natural”. En México, es común que los cuerpos de agua estén contaminados por arsénico y flúor, lo que provoca efectos adversos a la salud; este último, su concentración varía según la región. Se reporta que en la región Altos de Jalisco existen valores de 5.6 hasta 18.58 ppm (Fawell et al., 2006; Hurtado y Gardea-Torresdey, 2004; Ortiz et al., 1998). Por lo que, 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). En este sentido, estudios clínicos reportan que infantes expuestos a concentraciones altas presentan un menor desempeño cognitivo (bajo coeficiente intelectual) (Choi et al., 2012). Por su parte, estudios preclínicos reportan que la exposición crónica al fluor (20 mg/L) por 60 días provoca alteraciones en la morfología neuronal, incremento de algunos neurotransmisores (noradrenalina, dopamina y serotonina) (Pereira et al., 2011), además de alteraciones en el neurodesarrollo que pueden afectar los procesos cognitivos y emocionales (Bartos et al., 2019).

Por otro lado, en la maestría en Ciencias de la Salud Ambiental se han planteado trabajos de investigación encaminados a atender y proponer soluciones a problemas nacionales en salud causados por factores ambientales. En este sentido, se realizó un abordaje desde la toxicología experimental sobre el efecto de la ingesta de flúor a diferentes concentraciones (0.7, 1.5, 5 y 10 ppm) durante la gestación y edad adulta de la rata macho. Las concentraciones de flúor empleadas equivalentes a las reportadas en la región Altos Norte de Jalisco (Hurtado y Gardea-Torresdey, 2004). Se utilizó el modelo de nado forzado para evaluar el efecto del flúor sobre el

estado emocional. Se registraron variables indicadoras de desesperanza conductual en la rata macho adulta. La desesperanza Contreras et al., (2003) la define como:

Aquella pauta conductual en la que los animales abandonan sus intentos de lucha y escape para resolver una situación de conflicto. Se tiene así una analogía con la depresión reactiva del humano, en la cual una serie de situaciones cotidianas para las que carece de soluciones lo lleva a una situación de abandono de sí mismo. (p.33)

Se demostró que ratas expuestas a 5 ppm incrementan el tiempo total de inmovilidad en la prueba de nado forzado (desesperanza conductual). Es decir, el flúor parece tener un efecto de tipo “depresivo”. Estos resultados indican que la contaminación del agua por fluoruros es un problema de salud pública debido a los cambios conductuales observados. Por lo cual, se debe regular el consumo crónico de agua fluorada a concentraciones mayores de lo establecido en las normas nacionales e internacionales (Alvarez-Ortiz et al., 2020).

El uso de animales de experimentación en investigación biomédica es muy común. Sin embargo, existe la tendencia en el ámbito científico en hacer uso de alternativas metodológicas. En este sentido, los estudios *in vitro* pueden aportar mayor información sobre los mecanismos implicados en los procesos fisiopatológicos de los efectos tóxicos de contaminantes ambientales en la salud humana y de los ecosistemas.

Toxicología Ambiental

Los esfuerzos industriales y agrícolas están íntimamente asociados con el uso de una amplia gama de productos químicos. Históricamente, las sustancias químicas producidas a través de procesos industriales eran desechadas de forma deliberada al

ambiente. Los gases se dispersaban rápidamente en la atmósfera y las sustancias químicas (líquidos) en los cuerpos de agua. Lo mismo ocurría con los plaguicidas y otros productos químicos agrícolas. Se consideraban insignificantes los efectos a la salud ambiental en relación a los beneficios otorgados por las prácticas industriales y agrícolas (Centeno et al., 2013).

En 1960, se reportan de manera gráfica la muerte masiva de peces y aves como resultado del uso de insecticidas, Además, se menciona que tales efectos en la vida silvestre podrían afectar la salud humana (Centeno et al., 2013). Dichos reportes plantearon actividades históricas relacionadas con la protección del ambiente. Surge el Día mundial de la Tierra y organizaciones como la Agencia de Protección Ambiental de los EE. UU. Así como, la promulgación de varias leyes encargadas de regular y limitar la liberación de productos químicos al medio ambiente.

La reglamentación de la liberación de sustancias químicas al medio ambiente requiere de una comprensión completa de las propiedades toxicológicas y las consecuencias de la liberación de las sustancias químicas al ambiente. De esta necesidad surgió la toxicología ambiental moderna (Popper y Selikoff, 1981).

La toxicología es la ciencia que estudia los efectos adversos de los agentes químicos sobre los organismos, desde un punto de vista cualitativo como cuantitativo. El estudio cualitativo tiene como objetivo establecer la naturaleza de dichos efectos, incluyendo sus mecanismos de acción molecular, bioquímico o celular. En cambio, el estudio cuantitativo tiene la finalidad de determinar la relación dosis-respuesta, permitiendo así establecer las interferencias entre el nivel de exposición y la extensión de los efectos tóxicos en un determinado organismo o en una población (Moreno Grau, 2013). Particularmente, la toxicología ambiental se define como el estudio del destino y los efectos de los productos químicos en el medio

ambiente. Aunque esta definición abarca las sustancias químicas tóxicas que se encuentran naturalmente en el medio ambiente (es decir, veneno de animales, toxinas microbianas y vegetales), la toxicología ambiental se asocia típicamente con el estudio de sustancias químicas ambientales de origen antropogénico (Popper y Selikoff, 1981).

La toxicología ambiental abarca dos subcategorías: toxicología de la salud ambiental y ecotoxicología. La toxicología de la salud ambiental es el estudio de los efectos adversos de los productos químicos ambientales en la salud humana, mientras que la ecotoxicología se centra en los efectos de los contaminantes ambientales sobre los ecosistemas y sus componentes (peces, vida silvestre, etc.) (Centeno et al., 2013). La evaluación de los efectos tóxicos de sustancias químicas en los organismos implica el uso de modelos animales (es decir, estudios preclínicos en ratón y rata). Así como, la evaluación epidemiológica de poblaciones humanas expuestas a contaminantes ambientales (es decir, agricultores y trabajadores de fábricas). Por el contrario, la ecotoxicología implica el estudio de los efectos adversos de los tóxicos en una gran variedad de organismos que componen los ecosistemas que van desde los microorganismos hasta los principales depredadores. Además, la comprensión integral de los efectos de las sustancias químicas en el medio ambiente requiere de evaluaciones complementarias a la toxicología, como el destino de la sustancia química en el medio ambiente y las interacciones tóxicas con componentes abióticos (no vivos) de los ecosistemas (Centeno et al., 2013).

La evaluación de los efectos adversos de sustancias químicas en el ambiente implica la participación de diversas disciplinas científicas. El objetivo final de estas evaluaciones es dilucidar y predecir cualquier efecto adverso de las sustancias químicas en el medio ambiente (evaluación de peligros prospectivos) y su efecto en los organismos. Históricamente, los productos químicos que se

han planteado como importantes contaminantes ambientales para la salud, compartes tres características: persistencia ambiental, propensión a acumularse en los seres vivos y una alta toxicidad (Centeno et al., 2013).

Persistencia ambiental

En la naturaleza existen procesos abióticos y bióticos que funcionan en conjunto para eliminar (es decir, degradar) sustancias tóxicas. En consecuencia, diversas sustancias químicas son liberadas al ambiente y presentan un riesgo mínimo debido a su limitada vida útil. Sin embargo, los contaminantes orgánicos persistentes como diclorodifeniltricloroetano, Bifenilos Policlorados y dioxina es 2,3,7,8-tetraclorodibenzo-para-dioxina históricamente han representado un peligro para el ambiente debido a su resistencia a los procesos de degradación (Carrillo-Pérez et al., 2004).

Degradación abiótica

Este proceso ocurre generalmente en los cuerpos de agua debido a las influencias de la luz (fotólisis o fotodegradación) y el agua (degradación química o hidrólisis). En la fotodegradación, la luz en el rango ultravioleta, tiene el potencial de romper los enlaces químicos y, por lo tanto, puede contribuir significativamente a la degradación de algunos productos químicos. Es más probable que la fotólisis ocurra en la atmósfera o en las aguas superficiales donde la intensidad de la luz es mayor. La fotólisis depende tanto de la intensidad de la luz como de la capacidad de las moléculas contaminantes para absorber la luz. Los compuestos aromáticos insaturados, como los hidrocarburos aromáticos policíclicos, tienden a ser muy susceptibles a fotólisis debido a su alta capacidad para absorber energía luminosa. La energía lumínica facilita la oxigenación de los contaminantes ambientales mediante procesos hidrolíticos u oxidativos. En la hidrólisis, el agua junto con la energía luminosa o el calor, puede romper los enlaces químicos. Las

reacciones hidrolíticas comúnmente dan como resultado la inserción de un átomo de oxígeno en la molécula con la pérdida proporcional de algún componente de la molécula. Los enlaces éster, como los que se encuentran en los plaguicidas organofosforados (paratión), son muy susceptibles a la hidrólisis, lo que reduce drásticamente la vida media de estas sustancias químicas (Centeno et al., 2013).

Degradación biótica

Si bien muchos contaminantes ambientales son susceptibles a procesos de degradación abiótica (procesos lentos). La degradación de contaminantes químicos puede ocurrir a tasas muy aceleradas a través de la acción de microorganismos. Los microorganismos (principalmente bacterias y hongos) degradan los productos químicos en un esfuerzo por obtener energía de estas fuentes. Estos procesos de degradación biótica están mediados por enzimas y por lo general ocurren a velocidades que superan con la degradación abiótica. Los procesos de degradación biótica pueden conducir a la mineralización completa de los productos químicos en agua, dióxido de carbono y constituyentes inorgánicos básicos. La degradación biótica incluye aquellos procesos asociados con la degradación abiótica (es decir, hidrólisis, oxidación) y procesos como la eliminación de átomos de cloro (deshalogenación), la escisión de estructuras anilladas (escisión de anillos) y la eliminación de cadenas de carbono (desalquilación). El proceso mediante el cual se utilizan microorganismos para facilitar la eliminación de contaminantes ambientales es llamado biorremediación (Epstein, 1972).

Toxicología Ambiental y ensayos *in vitro* (cultivos celulares)

Si bien los datos epidemiológicos y las encuestas de población son la primera línea metodológica de este campo científico, los ensayos *in vitro* basados en células proporcionan

información sobre las vías y mecanismos celulares afectados por toxinas, y son fuentes importantes para la identificación de biomarcadores relevantes. Los estudios *in vitro* disponibles basados en cultivos celulares, así como sus limitaciones y consideraciones que son de interés específico en el contexto de la toxicología ambiental. Hoy en día, pueden determinar un gran número efectos celulares toxicológicos básicos y específicos. Así como, criterios y valoraciones específicas sobre los efectos de contaminantes en líneas celulares específicas (Moshammer, 2014).

El progreso tecnológico y los protocolos cada vez más refinados están ampliando las posibilidades de los ensayos *in vitro* basados en cultivos celulares para el estudio de la toxicología ambiental. Además de promover su papel cada vez más importante en el biomonitoreo ambiental (Moshammer, 2014). La creciente confiabilidad y sensibilidad de los métodos experimentales basados en cultivos celulares hace que estos ensayos sean aplicables para el uso en apoyo de la toxicología ambiental, donde sirven como un método complementario para la correlación de efectos inducidos por xenobióticos, la evaluación de riesgos y el análisis de los mecanismos biológicos involucrados. Pueden utilizarse ensayos *in vitro* para determinar los biomarcadores de efectos relevantes y, por tanto, su aplicación podría considerarse como una forma de biomonitoreo (Moshammer, 2014).

Características generales de los ensayos toxicológicos en cultivos celulares

Los modelos *in vitro* a través de cultivos celulares proporcionan muchos criterios de valoración toxicológica, que van desde la simple integridad de la membrana plasmática hasta la regulación y señalización celular, representada por la fosforilación de enzimas específicas relacionadas con el estrés celular. Pueden usarse marcadores celulares e indicadores de necrosis, apoptosis,

estrés fisiológico y genotoxicidad para detectar y cuantificar los efectos tóxicos basales. Además, las respuestas específicas de las células indican inflamación, genotoxicidad, carcinogenicidad, efectos sobre la transducción de señales celulares y respuestas inmunológicas y hormonales. Dependiendo de la situación experimental, los efectos tóxicos básicos y específicos pueden superponerse e interferir en el nivel de los puntos finales de medición. Por lo tanto, los resultados observados están vinculados a una situación experimental definida, y su importancia científica depende en gran medida del conocimiento de los prerrequisitos, interacciones y factores celulares subyacentes actuales (Oesch et al., 1998; Luzy et al., 2013).

Las ventajas de los ensayos *in vitro*, van desde su realización bajo condiciones controladas, hasta la estabilidad y ausencia de limitaciones éticas. Surgen como una metodología importante para el análisis de los mecanismos y vías de señalización a asociados al daño celular inducidos por un xenobiotico. Además, de la posibilidad de introducir fácilmente modificaciones genéticas a nivel celular, la eliminación de proteínas celulares específicas, la introducción de formas negativas funcionalmente dominantes o la modificación de los sitios de unión de ciertas proteínas representan una herramienta muy confiable para identificar los mecanismos moleculares detrás de los efectos de las toxinas (Hoppensack et al., 2014).

Diferentes modelos *in vitro* se han utilizado para evaluar el riesgo a la salud y reproducción, no solamente a la salud humana sino también para la salud animal. En este sentido, las líneas celulares derivadas de placenta humana, han servido como un modelo ideal para evaluar y detectar compuestos susceptibles que ponen en riesgo la salud del feto (Göhner et al., 2016). Cabe mencionar que una de las principales funciones de la placenta es el transporte de nutrientes entre la madre y el embrión, además, del

transporte sustancias tóxicas que en última instancia pueden dañar y alterar el desarrollo fetal (Mattison, 2010). Una de las principales características de las líneas celulares derivadas de placenta (JEG-3), es que tienen activas varias enzimas implicadas en la síntesis de hormonas esteroideas entre las que se encuentran: CYP19, CYP11, 3 -HSD y 17 -HSD. Además, esta línea celular es capaz de sintetizar altos niveles de la hormona pregnenolona, progesterona y estradiol, y exhiben una elevada actividad basal P450 aromatasa comparado con otros modelos celulares, propiedades que la convierten en un modelo ideal para estudios de disrupción endocrina (Bahn et al., 1981; Sanderson, 2001), de manera que permite evaluar la actividad de esta enzima en presencia de contaminantes sin el impedimento de tener que atravesar la barrera de la membrana celular. Por lo tanto, una inhibición de la actividad y expresión de la enzima P50 aromatasa se representa como un indicador de la presencia de contaminantes ambientales presentes en los cuerpos de agua.

El bioensayo con la línea celular de rata H4IIE que proviene de un hepatocarcinoma del pez *Poeciliopsis lucida*, se ha utilizado para caracterizar la potencia de inducción de diversas mezclas de hidrocarburos aromáticos halogenados (HAH) que contienen bifenilos policlorados (PCB), dibenzo-p-dioxinas (PCDD) y dibenzofuranos (PCDF) (Zacharewski et al., 1989; Schmitz et al., 1995). Los HAH se unen al receptor de aril hidrocarburo (Ah) que, a su vez, inicia la transcripción del gen CYP1A1 al unirse a la región reguladora de CYP1A1 en el ADN (Whitlock, 1990). La inducción del CYP1A1 se puede cuantificar fluorímetro a través de la actividad de la etoxiresorufina-O-deetilasa (EROD). Las células H4IIE tienen una baja actividad dependiente de CYP1A1 basal, pero son altamente inducibles por HAH, lo que permite ensayos muy sensibles. La respuesta de inducción de CYP1A en peces está considerada como un biomarcador de contaminación ambiental. Además, esta misma

línea celular permite realizar ensayos de la generación de especies reactivas de oxígeno por la presencia de xenobióticos, así como de citotoxicidad.

Por otro lado, el uso y la eliminación cada vez mayor de productos químicos están vinculados a una variedad de problemas de salud a nivel global. Comprender la base química y molecular de cómo surgen los contaminantes y provocan efectos adversos en los organismos es parte del campo de estudio de la toxicología ambiental; la cual se ocupa de la exposición accidental de los organismos a sustancias químicas contaminantes y estresores ambientales no naturales e incluye la evaluación de riesgos ecológicos, monitoreo, mecanismos, destino y transporte, prevención y corrección (Laws, 2013).

Estudios recientes en toxicología ambiental incluyen temas sobre la identificación y biotransformación de metabolitos de contaminantes ambientales, remediación y sostenibilidad ambiental y efectos adversos como resultados de la exposición a contaminantes. Incluyen varios contaminantes, incluye a los retardadores de llama halogenados, sustancias orgánicas tensoactivas (perfluoroalquilo y polifluoroalquilo), refrigerantes, medicamentos, pesticidas, plastificantes, metales pesados y subproductos de combustible y escape de automóviles (Dai et al., 2020).

Por otro lado, un estudio de toxicología ambiental realizado por Torres-Gonzales et al., (2021), como parte de sus resultados de maestría en Ciencias de la Salud Ambiental demostró que los lixiviados representan un problema de salud local y global; y que este puede tener efectos importantes en la salud de los organismos expuestos. Los lixiviados son una mezcla compleja de moléculas orgánicas e inorgánicas. Así como, contaminantes ambientales que pueden causar daños a los ecosistemas y a los seres vivos. En este trabajo se utilizó la prueba de micronúcleos en eritrocitos de sangre

periférica para evaluar los efectos genotóxicos y citotóxicos de la exposición a un lixiviado de relleno sanitario de un sistema de almacenamiento de desechos sólidos al aire libre en ratas de cepa Wistar en diferentes etapas de desarrollo, preadolescentes y adultos jóvenes. Y se determinó el contenido de metales pesados del lixiviado mediante espectrometría de absorción atómica. Se encontró que el arsénico, el cadmio, el cromo, el mercurio y el plomo estaban fuera de los estándares internacionales permitidos, y que la administración del lixiviado provocó efectos genotóxicos y citotóxicos en ratas Wistar. Las ratas pre-adolescentes fueron más susceptibles a los tóxicos del lixiviado con respecto a las ratas jóvenes (Torres-González et al., 2021).

Perspectivas de la biomedicina ambiental

La toxicología experimental como parte fundamental de la biomedicina ha desarrollado diversas estrategias para la evaluación de diversos compuestos presentes en el ambiente y sus efectos en los organismos. La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OECD) describe en su guía los métodos a seguir para evaluar un determinado compuesto (OECD), y abarca cuatro puntos: análisis de las características fisicoquímicas, persistencia y concentración del toxico presente en el ambiente, efectos en los ecosistemas y en la salud humana (Krewski et al., 2010; Steber, 2007). Estudios que recurren a estos puntos se denominan estudios toxicológicos convencionales. En primer lugar, desarrolla procedimientos de tratamiento de la muestra, métodos de extracción, aislamiento y preconcentración de la sustancia de interés. Por otro lado, hace uso de técnicas analíticas que le permiten la detección y cuantificación. En cambio, las técnicas electroquímicas y de espectroscopia de masas, cromatografía de líquidos o de gases que permiten el análisis de muestras complejas.

Por otro lado, las ciencias ómicas han sido ampliamente empleadas en biomedicina. Estas permiten obtener una visión global de los diferentes grupos de biomoléculas que componen una célula, un tejido o un organismo. Identifican de manera masiva genes (genómica), mRNAs (transcriptómica), proteínas (proteómica) y metabolitos (metabolómica).

Su relevancia está avalada por una gran parte de los artículos publicados en esta área. implementan metodologías innovadoras, como una alternativa experimental para determinar el efecto de algunos tóxicos en los organismos. Además, con la expectativa de ensayos más sensibles que arrojen una mayor cantidad de datos respecto al efecto de los contaminantes y mecanismos asociados a la toxicidad ejercida por un determinado compuesto en la salud de los organismos (Raja et al., 2017).

Por ejemplo, la genómica ha demostrado que la administración de Tricloroetileno (TCE) a ratones provoca cambios en la metilación del ADN y expresión de miARN en los hepatocitos que podría originar tumorigénesis hepática inducida por TCE (Jiang et al, 2014). El TCE, es ampliamente utilizado como disolvente orgánico en la industria, es un contaminante común en el aire, el suelo y el agua.

Existen estudios donde se han empleado diferentes estrategias proteómicas para evaluar compuestos potencialmente tóxicos como tabaco (Elamin et al., 2016), fármacos (Campos et al., 2016), metales (Cabezas-Sanchez et al., 2016) y compuestos orgánicos (Tome-Carneiro et al., 2017). Dentro de este campo, los métodos de cuantificación de proteínas son especialmente importantes, ya que permiten identificar proteínas diferencialmente expresadas entre dos o más muestras correspondientes a diferentes estados, permitiendo así identificar los mecanismos biomoleculares que se ven alterados tras la exposición a un determinado agente tóxico. Por ejemplo, se ha

propuesto que el estudio proteómico de muestras de orina puede ser fuente de biomarcadores de enfermedades tempranas en toxicología ambiental (Gao, 2020).

Por otro lado, la metabolómica es una técnica para el descubrimiento de nuevos biomarcadores y elucidación de vías bioquímicas para mejorar el diagnóstico, el pronóstico y la terapia. Una ventaja de este enfoque es su capacidad para evaluar los perfiles metabólicos globales para mejorar la caracterización patológica. La orina es un medio biológico ideal para el estudio de enfermedades porque está disponible, se obtiene fácilmente y es menos complejo que otros fluidos corporales. La facilidad de recolección permite tomar muestras en serie para monitorear la enfermedad y la respuesta terapéutica (Zhang et al., 2012). Así, la proteómica, la genómica, y la metabolómica han sido para la toxicología experimental, una herramienta que ha permitido la obtención de perfiles metabólicos debida a la exposición de compuestos tóxicos (Liu et al., 2017), permitiendo de esta forma identificar diferentes mecanismos y procesos fisiológicos asociados al efecto de diversos contaminantes ambientales.

Referencias bibliográficas

- Alvarez-Ortiz, J., Flores-Soto, M.E., Ramos-Molina, A.R., Puga-Olguín, A., & Soria Fregozo, C. (2020). Efecto de la contaminación ambiental por fluoruros sobre los estados afectivos. En: Felipe de Jesús Lozano Kasten y y Silvia Lizette Ramos de Robles (Eds). *Avances de investigación desde la Maestría en Ciencias de la Salud Ambiental*. (pp181-214). Editorial. Universidad de Guadalajara.
- Andreotti, G., Koutros, S., Hofmann, J. N., Sandler, D. P., Lubin, J. H., Lynch, C. F., ... & Beane Freeman, L. E. (2018). Glyphosate use and cancer incidence in the agricultural health study. *JNCI: Journal of the National Cancer Institute*, 110(5), 509-516.
- Bahn, R. S., Worsham, A., Speeg, K. V., Jr, Ascoli, M., & Rabin, D. (1981). Characterization of steroid production in cultured human choriocarcinoma cells. *The Journal of clinical endocrinology and metabolism*, 52(3), 447-450.
- Bailey, B. J., & Grupenhoff, J. T. (2000). Biomedical research and the environment. *Environmental health perspectives*, 108(suppl 6), 933-938.
- 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.
- Bhardwaj, J. K., Mittal, M., Saraf, P., & Kumari, P. (2018). Pesticides induced oxidative stress and female infertility: a review. *Toxin Reviews*.
- Bunge, M. (2002). La investigación científica: su estrategia y su filosofía. Siglo XXI.
- Cabezas-Sanchez, P., Garcia-Calvo, E., Camara, C., & Luque-Garcia, J. L. (2016). A quantitative proteomic approach for unveiling novel mechanisms associated with MeHg-induced toxicity: effects on the methylation cycle. *Toxicology research*, 5(1), 291-302.

- Campos, A., Danielsson, G., Farinha, A. P., Kuruvilla, J., Warholm, P., & Cristobal, S. (2016). Shotgun proteomics to unravel marine mussel (*Mytilus edulis*) response to long-term exposure to low salinity and propranolol in a Baltic Sea microcosm. *Journal of proteomics*, 137, 97-106.
- Carrillo-Pérez, E., Ruiz-Manríquez, A., & Yeomans-Reina, H. (2004). Isolation, identification and evaluation of a mixed culture of microorganisms for degradation of DDT. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 69-75.
- Centeno, J. A., Mullick, F. G., Ishak, K. G., Franks, T. J., Burke, A. P., Koss, M. N., ... & Pestaner, J. P. (2013). Environmental pathology. In *Essentials of medical geology* (pp. 569-596). Springer, Dordrecht.
- 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.
- Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y Uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas (CICOPLAFEST). 1998. Catálogo Oficial de Plaguicidas. México.
- 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. Recuperado de: http://www.revista-ciencia.amc.edu.mx/images/revista/54_2/estudio_experimental.pdf
- Dai, J., Song, Y., & Lau, C. S. (2020). Introduction to special issue: Environmental toxicology.
- Elamin, A., Titz, B., Dijon, S., Merg, C., Geertz, M., Schneider, T., ... & Hoeng, J. (2016). Quantitative proteomics analysis using 2D-PAGE to investigate the effects of cigarette smoke and aerosol of a prototypic modified risk tobacco product on the lung proteome in C57BL/6 mice. *Journal of proteomics*, 145, 237-245.
- Epstein, S.S. (1972), Environmental pathology. A review. *Am. J. Pathol.* 66, 352–374.

- Fang, Y., Ni, C., Dong, Y., Li, H., Wu, S., Li, X., ... & Ge, R. S. (2018). In utero exposure to atrazine disrupts rat fetal testis development. *Frontiers in pharmacology*, 9, 1391.
- Fawell, J., Bailey, K., Chilton, J., Dahi, E., & Magara, Y. (2006). Fluoride in drinking-water. IWA publishing.
- Frumkin, H. (Ed.). (2016). *Environmental health: from global to local*. John Wiley & Sons.
- Gao, Y. (2020). The Urine Proteome in Toxicology. *Chemical research in toxicology*, 33(6), 1281-1283.
- Garibay-Chávez, M. G. (2017). Evolución de la investigación interdisciplinaria en salud ambiental desde la Universidad de Guadalajara, en el occidente de México. *La salud ambiental en la Universidad de Guadalajara*. (pp 43-60). Editorial Universidad de Guadalajara.
- Garte, S., Goldstein, B. D., Liroy, P., & Lippmann, M. (2006). Guest Editorial: Norton Nelson's Legacy: The Science of Environmental Health.
- Ghosh, S., & Ghosh, D. (2019). Impact of fluoride toxicity on fresh water fishes: a mini-review. *International Journal of Advance & Innovative Research*, 6(2).
- Göhner, C., Svensson-Arvelund, J., Pfarrer, C., Häger, J. D., Faas, M., Ernerudh, J., ... & Markert, U. R. (2014). The placenta in toxicology. Part IV: Battery of toxicological test systems based on human placenta. *Toxicologic pathology*, 42(2), 345-351.
- Hoppensack, A., Kazanecki, C. C., Colter, D., Gosiewska, A., Schanz, J., Walles, H., & Schenke-Layland, K. (2014). A human in vitro model that mimics the renal proximal tubule. *Tissue Engineering Part C: Methods*, 20(7), 599-609.
- 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.

- Jiang, Y., Chen, J., Tong, J., & Chen, T. (2014). Trichloroethylene-induced gene expression and DNA methylation changes in B6C3F1 mouse liver. *PloS one*, 9(12), e116179.
- Krewski, D., Acosta Jr, D., Andersen, M., Anderson, H., Bailar III, J. C., Boekelheide, K., ... & Staff of Committee on Toxicity Testing and Assessment of Environmental Agents. (2010). Toxicity testing in the 21st century: a vision and a strategy. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part B*, 13(2-4), 51-138.
- Laws, E. A. (2013). Environmental Toxicology, Introduction. In *Environmental Toxicology* (pp.1-15). Springer, New York, NY.
- Liu, J., Liu, Y., Wang, Y., Abozeid, A., Zu, Y. G., & Tang, Z. H. (2017). The integration of GC-MS and LC-MS to assay the metabolomics profiling in *Panax ginseng* and *Panax quinquefolius* reveals a tissue-and species-specific connectivity of primary metabolites and ginsenosides accumulation. *Journal of pharmaceutical and biomedical analysis*, 135, 176-185.
- Luzy, A. P., Orsini, N., Linget, J. M., & Bouvier, G. (2013). Evaluation of the GADD45 -GFP GreenScreen HC assay for rapid and reliable in vitro early genotoxicity screening. *Journal of Applied Toxicology*, 33(11), 1303-1315.
- Mattison, D. R. (2010). Environmental exposures and development. *Current opinion in pediatrics*, 22(2), 208.
- Moreno Grau, M. D. (2003). *Toxicología Ambiental: Evaluación de riesgo para la salud humana* (No. 615.902 M843t). Madrid, ES: McGraw-Hill Interamericana.
- Moshammer, H. (2014). Why "Biomonitoring"?. *Biomonitoring*, 1(1).
- OECD, Test Guidelines for the Chemicals, (1981 <https://www.oecd.org/chemicalsafety/testing/oecdguidelinesforhetestingofchemicals.htm> (Accesado octubre, 2021)).

- Oesch, F. R. A. N. Z., Glatt, H., & Utesch, D. (1988). Metabolic perspectives on in vitro toxicity tests. *Xenobiotica; the fate of foreign compounds in biological systems*, 18, 35-44.
- Olivier, K., & Karanth, S. (2020). Toxicology testing: in vivo mammalian models. In *An Introduction to Interdisciplinary Toxicology* (pp. 487-506). Academic Press.
- Ortiz, D., Castro, L., Turrubiartes, F., Milan, J. y Díaz-Barriga, F. (1998). Assessment of the exposure to fluoride from 209 drinking water in Durango, México, using a geographic information system. *Fluoride*, 31(4), 183-187
- 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.
- Pérez, E. C., Manríquez, A. R., & Reina, H. Y. (2004). Aislamiento, identificación y evaluación de un cultivo mixto de microorganismos con capacidad para degradar DDT. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 20(2), 69-75.
- Pérez-Tamayo, R. (2004). La investigación biomédica en México. *Gaceta Médica de México*, 140(S1), 37-42.
- Popper, H., & Selikoff, I. J. (1981). What is environmental pathology?. *The American journal of medicine*, 70(2), 218-220.
- Raja, K., Patrick, M., Gao, Y., Madu, D., Yang, Y., & Tsoi, L. C. (2017). A review of recent advancement in integrating omics data with literature mining towards biomedical discoveries. *International journal of genomics*, 2017.
- Riojas-Rodríguez, H., Schilman, A., López-Carrillo, L., & Finkelman, J. (2013). La salud ambiental en México: situación actual y perspectivas futuras. *Salud pública de México*, 55, 638-649.
- Sanderson, J. T., Letcher, R. J., Heneweer, M., Giesy, J. P., & van den Berg, M. (2001). Effects of chloro-s-triazine herbicides and metabolites on

- aromatase activity in various human cell lines and on vitellogenin production in male carp hepatocytes. *Environmental health perspectives*, 109(10), 1027–1031.
- Schmitz, H. J., Hagenmaier, A., Hagenmaier, H. P., Bock, K. W., & Schrenk, D. (1995). Potency of mixtures of polychlorinated biphenyls as inducers of dioxin receptor-regulated CYP1A activity in rat hepatocytes and H4IIE cells. *Toxicology*, 99(1-2), 47-54.
- Steber, J. (2007). The ecotoxicity of cleaning product ingredients. In *handbook for cleaning/decontamination of surfaces* (pp. 721-746). Elsevier Science BV.
- Tome-Carneiro, J., Crespo, M. C., Garcia-Calvo, E., Luque-Garcia, J. L., Davalos, A., & Visioli, F. (2017). Proteomic evaluation of mouse adipose tissue and liver following hydroxytyrosol supplementation. *Food and Chemical Toxicology*, 107, 329-338.
- Torres-González, O. R., Sánchez-Hernández, I. M., Flores-Soto, M. E., Chaparro-Huerta, V., Soria-Fregozo, C., Hernández-García, L., ... & Flores-Fernández, J. M. (2021). Landfill Leachate from an Urban Solid Waste Storage System Produces Genotoxicity and Cytotoxicity in Pre-Adolescent and Young Adults Rats. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(21), 11029.
- Tsagué Manfo, F. P., Chao, W. F., Moundipa, P. F., Pugeat, M., & Wang, P. S. (2011). Effects of maneb on testosterone release in male rats. *Drug and chemical toxicology*, 34(2), 120-128.
- Whitlock Jr, J. P. (1990). Genetic and molecular aspects of 2, 3, 7, 8-tetra-chlorodibenzo-p-dioxin action. *Annual review of pharmacology and toxicology*, 30(1), 251-277.
- Zacharewski T, Safe L, Safe S, Chittim B, DeVault D, Wiberg K, Bergqvist P, Rappe C (1989). Comparative analysis of polychlorinated dibenzo-p-dioxin and dibenzofuran congeners in Great Lakes fish extracts by gas chromatography-mass spectrometry and in vitro enzyme induction activities. *Environ Sci Technol* 23:730–735.

Zhang, A., Sun, H., Wu, X., & Wang, X. (2012). Urine metabolomics. *Clinica Chimica Acta*, 414, 65-69

Zhou, F., Yin, G., Gao, Y., Liu, D., Xie, J., Ouyang, L., ... & Fan, G. (2019). Toxicity assessment due to prenatal and lactational exposure to lead, cadmium and mercury mixtures. *Environment international*, 133, 105192.

Tabla 1. Numero de publicaciones preclínicas y clínicas en salud ambiental, toxicología y biomedicina.

Año	Publicaciones preclínicas	Publicaciones clínicas	Año	Publicaciones preclínicas	Publicaciones clínicas
Fuente PUBMED			Fuente ScienceDirect		
2021	165	1197	2021	1,077	364
2020	247	1722	2020	1,065	4,444
2019	218	1506	2019	955	3,793
2018	204	1444	2018	875	3,464
2017	197	1309	2017	825	3,068
2016	246	1229	2016	824	2,965
2015	243	1086	2015	782	2,613
2014	145	819	2014	748	2,423
2013	103	491	2013	789	2,395
2012	102	439	2012	749	2,234
2011	117	382	2011	643	1,902
Total	1, 987	11, 624	Total	9,332	29,665

Ecosistemas y salud

Arturo Curiel Ballesteros

A lo largo de la historia de los humanos se ha confirmado que dependemos de la Naturaleza para existir y permanecer como forma de vida. Inclusive el nombre de “*humano*” tiene la misma raíz etimológica que el vocablo “*humus*” (Engel, 2017) referido a la capa u horizonte superficial del suelo, abundante en diversidad de organismos vivos que en la actualidad se reconoce como la cuarta parte de la biodiversidad del planeta (Naciones Unidas, 2020).

En las concepciones más sistémicas de salud humana y/o bienestar, se reconoce que existen cinco facetas: la salud física -actividad física, nutrición y sueño reparador-; la salud mental (o intelectual) -incluye participación en actividades creativas estimulantes y manejo del estrés-; la salud emocional -se reconoce y expresan los sentimientos y se enfrentan los desafíos de la vida, se relaciona con un estado de felicidad, energía y optimismo-; la salud social -crear y

mantener relaciones saludables y establecer redes sociales de apoyo: y salud espiritual -descubrir el significado y propósito de la vida y comprender las creencias, los valores y la ética que guía la vida- (The University of Chicago, 2021). Estas facetas de la salud pueden asociarse a localidad tipo donde puede ser estimulada esa salud, encontrando ecosistemas donde prevalece un ambiente favorable para ellas entre las categorías de la Evaluación del Ecosistema del Milenio (Hassan, Scholes & Ashn, 2005), así es como los *ecosistemas cultivados* son la referencia principal para el mantenimiento de la salud física, ya que de ahí se obtiene la nutrición de las poblaciones humanas, donde se recrea el conocimiento antiguo de la cultura que incluye la domesticación de especies y las técnicas de reproducción de especies de las que nos alimentamos.

Se podría considerar que la salud mental tiene como ecosistema asociado los *bosques* que nos proveen de una restauración de la atención y bienestar ante una vida estresante.

La salud emocional podría relacionarse con el *ecosistema de la costa* y el de *aguas continentales*, donde con frecuencia se alcanzan momentos felices y de recreación.

La salud social tiene como referencia al *ecosistema urbano*, al ser donde existe la mayor concentración de seres humanos y una facilidad para incorporarse a redes sociales de manera presencial o virtual.

Finalmente, la salud espiritual tiene como ecosistemas tipo a las *montañas*, los *desiertos* y las *islas* que con frecuencia se han establecido sitios sagrados para los pueblos originarios.

Revisemos, como punto de partida, algunos sucesos en retrospectiva, que permitan situar el tema de Ecosistemas y Salud en el tiempo.

La retrospectiva en el tema ecosistemas y salud

Ecosistema de Cultivo como base de la salud física

Barclay (2018) hace una cronología de ideas y eventos que definen al Antropoceno como era planetaria que se distingue por el papel central que desempeña la humanidad para propiciar significativos cambios geológicos, en este apartado recuperamos parte de ese listado.

La agricultura ha generado cambios en la geología del planeta, y en particular en los continentes, a partir de romper con la génesis del suelo a través de la labranza de tierras de cultivo que mezcla diversos horizontes del suelo; o modificar pendientes de laderas con terrazas de banco, todo ello con el propósito de afianzar la domesticación de plantas para la alimentación humana. Los registros más antiguos marcan un inicio con el arroz (c. 15000), seguido por la cebada, chícharos, lentejas, camote, centeno, higo, y el trigo (c. 10500). Se incorpora el conocimiento del nuevo continente con el maíz, la papa, el jitomate, la calabaza, el aguacate, el girasol y el chile (c. 10000) y más tarde el frijol (c. 8450). Dentro de las más recientes se suma la vid (c. 8000), la soya (c. 5000) y la avena (c. 3500).

Otras modificaciones a la geología física, surgen con la incorporación externa de nutrientes al suelo (c. 11000) y sistemas de riego (c. 7450).

Los ecosistemas de cultivo permitieron también la domesticación de especies animales para la alimentación,

siendo las más antiguas las ovejas, cabras, cerdos, vacas y gallinas (c. 10500) y más tarde el caballo (c. 5750).

A varias especies domesticadas se le confirió un nivel sagrado, como en China que son declaradas como sagradas cinco plantas de cultivo: la soya, la cebada, el mijo, el arroz y el trigo (c. 4803).

Salud mental y los bosques

Lao Tsu (c. 2500), escribió:

“El conectarse con la Naturaleza, restaura los sentidos, el espíritu, a nosotros mismos y con los otros” (Ewert et al., 2003: 141).

En el año 850 de nuestra era, reconociendo el valor de los bosques y que algunas superficies se habían deforestado a un nivel crítico en Europa, inician las primeras actuaciones para la conservación y en 1690 se acontecen los primeros esfuerzos legales para proteger bosques nativos y finalmente, en 1872, se crea el primer parque nacional: El Yellowstone. Siete años más tarde se populariza esta figura en todo el mundo (Barclay, 2018).

En 1982 la Agencia Forestal de Japón da a conocer los *Baños de Bosque* Shinrin-yoku, basado en antiguas prácticas sintoístas y budistas. Significa dejar que la Naturaleza entre al cuerpo a través de los cinco sentidos: ver, oír, tocar, oler y saborear. La creación de esta terapia forestal fue una respuesta a una crisis de salud pública: altos niveles de estrés en el trabajo y un incremento en las tasas de enfermedades autoinmunes (Hansen et al., 2017)

Salud emocional y el ecosistema marino y costero

En la civilización minoica (Creta) se considera al delfín como el símbolo de la música y la alegría (c. 3 950 años). En la actualidad hay terapias con este mamífero marino y diversas

investigaciones confirman que vivir en la proximidad de costas beneficia la salud (Garret et al., 2019).

La salud social desde el ecosistema urbano

Una expresión cultural ligada al bienestar en las áreas urbanas ha sido la creación de jardines, cuyos vestigios más antiguos se remontan hace 8 950 años (Barclay, 2018). Un Caso específico fue el del rey Nabucodonosor que construye los jardines de Babilonia (c. 2 500 años) brindando deleite a todos los sentidos. Más tarde los griegos desarrollaron un concepto de jardín al que llamaron *Islas de Felicidad* (Ward, 2011), considerados así por el efecto que ocasionaba la combinación artística de la belleza de la Naturaleza y el arte.

Otro enfoque fueron los jardines botánicos que buscaban aumentar la diversidad de usos de plantas útiles para el tratamiento de enfermedades físicas y mentales, uno de los primeros que se tienen registro fue el establecido por el rey poeta Nezahualcóyotl en 1422.

Los primeros jardines fueron creados por órdenes y para el disfrute de reyes y reinas, césares, templos y palacios, pero poco a poco se fueron abriendo al público para contribuir a la salud de la población urbana. Parte de lo que motivó la creación de parques públicos, fue el reconocer el papel que jugaba para resistir las epidemias, como fue en la epidemia de cólera en Inglaterra en 1832 que a raíz de ello, se planteó la necesidad de abrir espacios verdes en la ciudad y así fue como inició la gestión para promulgar una ley para que cada ciudad inglesa estableciera un parque para mejorar la condición de salud de la población (Schuyler, 1986). En 1839, se considera que los parques públicos disminuirían las muertes anuales en varios miles, y añadirían años a la vida de toda la población (Mernick & Kendall, 1996). Otra utilidad de los

espacios verdes es reconocida en 1871: los parques contrarrestan los males resultados del confinamiento de la vida en las ciudades y tienen un efecto terapéutico al alejar a los visitantes de objetos asociados a la tensión o fatiga.

Salud espiritual y la Naturaleza

La Naturaleza a lo largo de toda la historia de la humanidad se le ha conferido una dimensión espiritual o sagrado, reconociendo que nuestro origen tiene un lugar común con la naturaleza, un vínculo que se ha representado a través de deidades, de significados a través de diversas plantas, animales y hongos; del suelo, el agua y el aire, o a través de las toponimias y demás expresiones territoriales que destacan el espíritu del lugar. También habría que reconocer el establecimiento de jardines en monasterios y conventos, sitios de retiro espiritual, para facilitar un vínculo divino. La salud espiritual se puede reflejar en expresiones artísticas como la de Ralph Waldo Emerson en su libro Nature (El espíritu de la Naturaleza) donde se promueve una relación trascendental entre la Naturaleza y el ser humano:

En el bosque, un hombre también se desprende de sus años, como una serpiente de su piel, y en cualquier etapa de su vida es siempre un niño. En los bosques esta la perpetua juventud. En esas plantaciones de Dios reina la santidad y el decoro, lucen las galas y atavíos de un festival perenne, y el visitante no ve cómo podría cansarse de todo ello ni en mil años. En el bosque retornamos a la razón y a la fe. Allí siento que nada habrá de acontecerme en la vida -ninguna desgracia, ninguna calamidad- sin que la Naturaleza pueda subsanarlo. De pie sobre la tierra desnuda, bañada mi frente por el aire leve y erguido hacia el

espacio infinito, todo mezquino egoísmo se diluye. Me convierto en un globo ocular transparente; nada soy; lo veo todo; las corrientes del Ser Universal me circulan; soy una porción de Dios. El nombre cíe mi amigo más íntimo me suena entonces extraño y accidental; ser hermanos, ser conocidos, ser amo o ser sirviente es una minucia y una molestia. Soy el amante de una belleza incontenible e inmortal. En los lugares silvestres, encuentro algo más caro y próximo a mí que en las calles o poblados. En el paisaje tranquilo y, especialmente, en la lejana línea del horizonte, el hombre contempla algo tan hermoso como su propia Naturaleza. (Emerson, 1836:12-13)

Antecedentes del conocimiento científico sobre Ecosistemas y Salud

Un apartado de gran importancia como antecedente en el tema de Ecología y Salud, es la recopilación de las grandes ideas y conocimientos que han creado la base científica de la premisa que el contacto con la Naturaleza a través de ecosistemas sanos, beneficia la salud y bienestar de los seres humanos; así mismo, la pérdida de ese contacto causa daño.

El referente más antiguo y ampliamente conocido nos lleva a 2 300 años atrás, cuando Hipócrates da a conocer su Tratado sobre los Aires, Aguas y Lugares, donde se dan varias afirmaciones:

La mejor agua para la salud es la que está más cerca, pues si beben agua de grandes ríos en que desembocan otros, o de un lago a las que llegan aguas

de todo tipo o traídas de fuera, conducidas desde largas distancias, van a padecer enfermedades.

Son más pacíficas las personas que se ubican en lugares donde las estaciones no ocasionan grandes cambios, ni en calor ni en frío, sino que son parecidas.

Efectivamente, no se producen conmociones en la mente ni perturbación violenta del cuerpo, motivos por lo que es natural que el carácter se vuelva rudo y tenga un componente mayor de irreflexión y apasionamiento que cuando está siempre en las mismas circunstancias. (Hipócrates, c. 300 a. C./2007: 188)

En nuestra era, se han creado varios conceptos que han revalorado a la Naturaleza más allá de la visión limitada a recursos naturales que ha predominado desde la Revolución Industrial, que disminuyó de manera drástica la superficie de ecosistemas originarios en el planeta. Por lo anterior, se reconoce el aporte de Hans Carl von Carlowitz (1713) que por primera vez comunica el término de sostenibilidad (aplicado a bosques). El término apareció en *Sylvicultura Oeconomica*, un libro donde se comparte la comunicación al rey explicándole cómo los bosques habían desaparecido por la minería, los árboles talados y reemplazados con cultivos y poblados, por lo que considera que la prosperidad nacional se debería de basar en un buen futuro con planificación, con el uso de la tierra controlado y un cuidadoso monitoreo de los bosques (Carruthers, 2019).

Entre 1799 a 1804, Alexander von Humboldt ayuda a comprender a la Naturaleza desde la ciencia, concibiéndola como una red compleja. En 1830 a 1859 publica su obra *Cosmos, Ensayo de una descripción física del mundo*, en

cinco volúmenes, que detalla la complejidad de la Naturaleza y sus características unificadas:

El simple contacto del hombre con la Naturaleza, esta influenciada de los grandes espacios, o del “aire libre”, como dicen otras lenguas con más bella expresión, ejercen una acción de sosiego, aplacan el dolor y calman las pasiones, al tiempo que el alma se siente íntimamente agitada. Esta benéfica influencia la recibe el hombre en todas partes, cualquiera que sea la zona que habite y cualquiera que sea el grado de cultura intelectual que haya alcanzado. Cuanto de sobrecogedor y de solemne hay en las impresiones que señalamos se debe al presentimiento del orden y las leyes, que surge espontáneamente del simple contacto con la Naturaleza, así como del contraste que ofrecen los estrechos límites de nuestro ser con la percepción de lo infinito que se revela por doquier, en la estrellada bóveda del cielo, en el llano que se extiende más allá de nuestra vista, en el brumoso horizonte del océano. (Humboldt, 1846/2010: 1-5, 30-32 y 33-38.).

Entre 1831 a 1836, Charles Darwin aporta al conocimiento de como la vida ha cambiado a través del tiempo. En 1859, publica *El Origen de las Especies*, donde va cimentando una visión de la naturaleza como campo de batalla permanente por sobrevivir y producirse una selección natural “la lucha por la existencia”, donde todos los seres orgánicos están sujetos a rigurosa competencia “la lucha universal por la vida”.

La expresión «lucha por la existencia» se usa en sentido amplio. Debo advertir ante todo que uso esta expresión

en un sentido amplio y metafórico, que incluye la dependencia de un ser respecto, de otro y -lo que es más importante- incluye no sólo la vida del individuo, sino también el éxito al dejar descendencia. (Darwin, 1876/2009: 62)

Durante el periodo de 1857 a 1863, Gregor Mendel desarrolla una teoría de la herencia que se ocupa del concepto de herencia genética. Es una inmensa contribución al papel que juega la herencia genética en el medio ambiente, que incluye a los humanos.

En 1861, Ernst Haeckel es el primero en emplear el término "ecología" relacionado al estudio de los procesos que afectan los medios de vida y los patrones de los organismos en relación con el medio ambiente, esto surge con la intención de designar una rama de la biología a la que llamó "oecología" en su libro *Morfología General de los Organismos* que se ocuparía específicamente de cómo los organismos se relacionan con otros y con el mundo exterior (Haeckel, 1866).

Eduard Suess en 1875 menciona por vez primera el término "biosfera" en su libro *Die Entstehung der Alpen*, donde habla de la litósfera y su tectónica en la génesis de los Alpes y la diferenciación de una capa especial de la corteza terrestre, una capa impregnada de vida a la que él denominó como "biosfera" donde las raíces de plantas buscan alimento bajo la superficie, dentro del suelo, y al mismo tiempo inhala el aire dando una buena imagen de la vida orgánica resultante de la interacción de las esferas aéreas y la litosfera donde se distingue de manera independiente la biosfera (Suess, 1875).

Arthur Tansley introduce el término "ecosistema" en un artículo publicado en 1935, donde se consideran como

formas dominantes para que los humanos analicen y comprendan los sistemas ambientales, convirtiéndose en un término que se usa ampliamente para abordar la relación entre el ser humano y el medio ambiente. Ninguno de los seres vivos que allí se encuentran, puede faltar o desaparecer, pues esa situación, alteraría el ecosistema, es uno de los principios presentados del ecosistema ó “unidad básica de la Naturaleza” referido como la integración de la comunidad biótica y su entorno físico que abarca el rango del átomo al universo:

El ecosistema incluye no sólo a organismos y su complejidad, sino también a la interrelación de factores físicos del medio ambiente que constituye el bioma – factores del hábitat-. Aunque los organismos puedan llamar nuestro interés principal, no podemos separarlos de su entorno con el que forman un sistema físico. Son los sistemas así formados, las unidades básicas de la Naturaleza sobre la faz de la Tierra (Tansley, 1935:299).

En 1949. Aldo Leopold publica el almanaque *A Sand County*, recurso importante para el pensamiento humano-medioambiental, introduce la 'ética de la tierra', una forma de comunicarse con el medio ambiente de una manera más responsable y aporta su definición de salud, como la capacidad de auto regenerarse.

La característica más importante de un organismo es esa capacidad para su autorrenovación interna que llamamos salud. Hay dos organismos cuyos procesos de renovación interna han estado sujetos a la interferencia y control humano. Uno de ellos es el mismo ser humano (medicina y salud pública). El otro

es la tierra (agricultura y conservación). El esfuerzo por controlar la salud de la tierra no ha tenido mucho éxito. Ahora, por regla general, ya se entiende que cuando el suelo pierde fertilidad, o se erosiona más rápido de lo que se regenera, o cuando los sistemas hídricos muestran desbordamientos o sequías anormales, es porque la tierra está enferma. Se conocen otros desarreglos en cuanto hechos, pero todavía no se ven como síntomas de la enfermedad de la tierra. La desaparición de especies animales y vegetales sin una causa visible, a pesar de los esfuerzos para protegerlas, y la irrupción de otras especies como plagas, a pesar del esfuerzo para controlarlas, deben ser vistas, en ausencia de explicaciones más sencillas, como síntomas de enfermedad en el organismo de la Tierra. (Leopold, 1949: 221).

James Lovelock propone La Hipótesis Gaia en 1969, y diez años más tarde la difunde a través de la publicación GAIA, una nueva visión de la Vida sobre la Tierra, que imagina la biosfera como un sistema autorregulado que funciona como un solo organismo, siendo la vida una propiedad planetaria no individual:

Utilizo a menudo la palabra Gaia como abreviatura de la hipótesis misma, a saber: la biosfera es una entidad autorregulada con capacidad para mantener la salud de nuestro planeta mediante el control del entorno químico y el físico. Ha sido ocasionalmente difícil, sin acudir a circunlocuciones excesivas evitar hablar de Gaia como si fuera un ser consciente: deseo subrayar que ello no va más allá del grado de personalización que a un navío le confiere su nombre, reconocimiento a fin de cuentas de la identidad que hasta una serie de piezas de madera y metal puede ostentar

cuando han sido específicamente diseñadas y ensambladas, del carácter que trasciende a la simple suma de las partes (Lovelock, 1979: 6).

En 1975 Erich Fromm publica su libro *Anatomía de la Destructividad Humana*, donde menciona por primera vez el concepto de Biofilia (amor a la vida):

Es la biofilia el amor apasionado por la vida y todo lo vivo, el deseo de crecimiento o desarrollo en una persona, un vegetal, una idea o un grupo social. La persona biófila prefiere construir a conservar. Quiere ser más y no tener más. Es capaz de maravillarse y hacerse preguntas y prefiere ver algo nuevo a hallar confirmación de lo viejo. Ama la aventura del vivir más que la certidumbre. Ve el todo de preferencia a las partes, las estructuras más que las sumas. (Fromm, 1975/2004: 261).

En 1984, Edward O. Wilson presenta su hipótesis de biofilia -el lazo humano con otras especies-, que establece que los humanos tenemos la tendencia innata de maravillarnos por la vida que nos rodea, presente genéticamente debido a que toda nuestra evolución ocurrió en el medio ambiente y gracias a la Naturaleza. Considera al siglo XXI como la Era de la Restauración o el Siglo de la Restauración de la Tierra.

“La biofilia es una tendencia innata a centrarse en la vida y los procesos reales” (Wilson, 1984: 1).

En 1995 se inicia el estudio formal de los servicios de los ecosistemas y se solidifica a través de artículos escritos por Robert Costanza y sus colegas, como el artículo publicado en *Nature* de 1997, "El valor de los servicios de los ecosistemas y el capital natural del mundo" (uno de los más leídos en la historia de la ciencia):

Las funciones del ecosistema se refieren a variaciones del hábitat, propiedades biológicas, del sistema o procesos de los ecosistemas. Bienes del ecosistema (como la comida) y los

servicios (como la asimilación de residuos) representan beneficios que las poblaciones humanas obtienen, directa o indirectamente de las funciones del ecosistema. Para simplificar, nos referiremos a los bienes y servicios de los ecosistemas juntos como servicios ecosistémicos. (Costanza et al., 1997:253)

En este artículo de Costanza se agruparon los servicios de los ecosistemas en 17 categorías principales: regulación de la composición química de la atmósfera, regulación de procesos climáticos, regulación de perturbaciones -amortiguación a las fluctuaciones ambientales-, regulación de caudales hidrológicos, almacenamiento y suministro de agua, control de erosión -retención del suelo en el ecosistema-, formación de suelo, ciclo de nutrientes, tratamiento de residuos, polinización, control biológico de poblaciones - regulaciones tróficas-, refugio y hábitat de especies residentes y migratorias, producción de alimento, materias primas para la producción, recursos genéticos, recreación, y oportunidades culturales.

En 2005 se publica a nivel mundial la Evaluación de Ecosistemas del Milenio, donde se define al ecosistema como un concepto clave:

Un ecosistema es un complejo dinámico de plantas, animales y comunidades de microorganismos y ambiente no vivo, interactuando como unidad funcional. Los seres humanos son una parte integral de los ecosistemas.

Los servicios del ecosistema, por su parte, son beneficios que obtienen las personas. Incluyen servicios de aprovisionamiento como comida y agua; servicios de regulación de inundaciones, sequía, degradación de la tierra y prevención de enfermedades; servicios de base como formación de suelo y ciclo de nutrientes; y servicios culturales

como la recreación, beneficios espirituales y otros no materiales (Millennium Ecosystem Assessment, 2005: V).

En 2004, la Wildlife Conservación Society reunió científicos de varias disciplinas ligadas a la salud en el simposio “Construyendo puentes interdisciplinarios hacia la salud en un mundo globalizado” en el impulso al movimiento One World, One Health, que reconoce que la gran mayoría de los desastres biológicos se dan a partir de epidemias/epizoóticas y la pérdida de la integridad de los ecosistemas. Resultado de la reunión, se dan a conocer Los Principios Manhattan sobre Un Mundo, Una Salud, que iniciaban con

“Reconocer el vínculo esencial entre la salud humana, con la salud de los animales domésticos y la salud de la vida silvestre” (Wildlife Conservación Society, 2004: 1).

Posteriormente, la misma organización, en 2019 convoca a una nueva reunión donde surgen Los Principios Berlín sobre Una Salud, que inician con la necesidad de:

Reconocer y tomar medidas para: mantener los vínculos de salud esenciales entre los seres humanos, la vida silvestre, animales y plantas domesticados y toda la Naturaleza; y asegurar la conservación y protección de la biodiversidad, que, entretrejida con ecosistemas intactos y funcionales, proporcionan la infraestructura fundamental de vida, salud y bienestar en nuestro planeta.

Y en el Principio 4 alerta a:

Reconocer que las decisiones relacionadas con el uso de la tierra, el aire, el mar y el agua dulce tienen un impacto directo en la salud de los seres humanos, los animales y los ecosistemas y que las alteraciones en los ecosistemas emparejados con la disminución de su

resiliencia generan cambios en la emergencia de enfermedades transmisibles y no transmisibles, su exacerbación y diseminación. (Wildlife Conservación Society, 2019:3)

Este apartado de antecedentes históricos, lo cerraría en 2006, cuando la Maestría en Ciencias de la Salud Ambiental de la Universidad de Guadalajara, crea un área de especialización en Ecosistemas y Salud, desde donde se realiza los primeros trabajos de investigación con un enfoque de salud ambiental más allá del enfoque de estresores en el ambiente y su efecto en el deterioro de la salud, sino con un enfoque de relación benéfica de exposición a la Naturaleza, realizando investigación en ecosistemas cultivados, ecosistemas urbanos y bosques. De igual manera ha generado espacios de vinculación con pares alrededor de este enfoque, como los presentados dentro de la Catedra de Biodiversidad Enrique Beltrán “Una cátedra para todos” (Curiel, 2012), donde personalidades como Exequiel Ezcurra coincidió con este enfoque benéfico de la exposición a la Naturaleza, más allá de la visión darwiniana:

La biología que estudié en la escuela me enseñaba que la evolución biológica era un asunto de supremacía entre organismos, de competencia, de matar o morir. Pero después conocí los mezquites, esos maravillosos árboles de los ambientes áridos, que gracias a sus raíces profundísimas pueden sacar agua de lo más hondo de los suelos del desierto y que no podrían sobrevivir si no tuvieran bacterias microscópicas asociadas a sus raíces, pues éstas fijan del aire todo el nitrógeno que la planta necesita. Y pude observar las avispas, abejas, abejorros, escarabajos y mil otros insectos que consumen el néctar dulce y pegajoso de sus flores y llevan el polen kilómetros y kilómetros a través del desierto candente.

Y está también el cardón o viejito, ese inmenso cactus columnar que germina y se establece bajo la sombra de los mezquites, sus nodrizas vegetales, donde encuentra protección del sol ardiente hasta que años más tarde alcanza un tamaño adecuado como para sobrevivir por su cuenta.

“La supervivencia de la vida sobre la tierra no parece estar tan vinculada al combate como a la cooperación” (Ezcurra, 2006: 76).

Metodologías utilizadas para la investigación en ecosistemas y salud

Diagramas

El examen preliminar de los datos usados en una investigación en este tema es facilitado por el uso de diagramas. Desde 1934, cuando salió publicado un clásico en estadísticas para los estudios de salud (Fisher, 1934), se reconoció que aun cuando los diagramas no prueban nada, tienen la utilidad que de un golpe de vista, se puede detectar alguna característica sobresaliente de las variables de estudio; por lo que no sustituyen los análisis y pruebas de los datos, pero son valiosos al identificar o sugerir algunos análisis y en la explicación de resultados y conclusiones.

También se pueden realizar diagramas de correlación para observar un factor ecológico contra una condición de salud y saber si existe alguna posible conexión entre ellos.

Estudios ecológicos epidemiológicos

La epidemiología como ciencia tiene fecha de inicio en 1662 (Morobia, 2013), muy vinculada a la emergencia del pensamiento poblacional y al estudio de la mortalidad de la población por desastres biológicos o epidemias, que promovió nuevos conceptos de exposición donde aspectos como la alimentación y comportamiento cobraron un peso específico que se mantiene hoy

en día. Francis Bacon aportó el concepto de exposición y en particular en la obra *Novum Organum* (1620):

“En lo que se refiere a las obras, el hombre no puede sino acercar o alejar los cuerpos naturales. El resto lo lleva a cabo la Naturaleza actuando desde el interior” (Bacon, 1620/1984: 121).

Dentro de los estudios epidemiológicos, existe uno muy utilizado en las relaciones ecosistema y salud, que son los estudios ecológicos, que aborda poblaciones y no personas en lo individual, también son conocidos como exploratorios o generadores de hipótesis, donde es frecuente que se comparen índices o indicadores de efecto en la salud entre diferentes regiones durante un mismo periodo de tiempo con el propósito de identificar patrones espaciales o temporales que podrían sugerir hipótesis sobre las causas.

Se reconoce que la justificación principal para el enfoque ecológico en epidemiología es estudiar la salud en un contexto ambiental, que la salud de un grupo es más que la suma de la salud de los miembros individuales, y que la perspectiva brindada por los estudios cuya unidad de análisis es el grupo más que los individuos, se debe entender como una manera de abordaje de la epidemiología y la salud pública, cuyo objeto de interés son los grupos (Borja-Aburto, 2000).

En los estudios ecológicos la unidad típica de análisis estadístico es un área geográfica o ecosistema. Para cada grupo o área, es posible estimar la distribución de exposiciones o al menos el nivel promedio de exposición, y podemos estimar la condición de salud, pero sin tener información a nivel de individuos.

La necesidad de abordar este tipo de estudios surge de la dificultad de obtener datos de alta calidad sobre exposiciones ambientales y las variables relacionadas con ellas. Por este motivo,

los estudios ecológicos han sido y son utilizados frecuentemente en diversas áreas de investigación (López-Abente, 2009).

La mayor parte del sesgo en estos estudios se debe a la dificultad de controlar factores de confusión. Puede haber confusión en el ámbito individual entre los grupos por variables.

Dentro del análisis estadístico de los estudios ecológicos se incluye la evaluación de la asociación en estudios de grupos múltiples es mediante modelos lineales de regresión (Borja-Aburto, 2000). Comúnmente se emplean los métodos de mínimos cuadrados para producir la ecuación: $Y = \beta_0 + \beta_1 X_1$, donde β_0 es el intercepto y β_1 la pendiente estimada o razón de cambio en la frecuencia de la enfermedad por unidad de cambio en la exposición. Los promedios de la exposición o contacto con la Naturaleza son las variables independientes y los efectos en la salud de la población son la variable dependiente. Cuando se cuenta con la medición de otras covariables (Z) éstas son incluidas en el modelo de regresión como una variable adicional para controlar por el posible efecto confusor de la misma, de tal manera que el modelo es $Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 Z_2$.

Se realiza también el cálculo del coeficiente de determinación R^2 resultante de elevar al cuadrado la correlación entre variables, lo que abona a una aproximación sobre en cuanto está determinada la salud de la población por una característica ambiental medida. El coeficiente de determinación es la proporción de la varianza total de la variable explicada por la regresión. El coeficiente de determinación refleja la bondad del ajuste de un modelo a la variable que pretender explicar. Su valor oscila entre 0 y 1, cuanto más cerca de 1 se sitúe su valor, mayor será el ajuste del modelo a la variable que estamos intentando explicar. De forma inversa, cuanto más cerca de cero, menos ajustado estará el modelo y, por tanto, menos fiable será (López, 2017). El análisis de varianza es utilizado con frecuencia en estos estudios.

Indicadores de ecosistemas y salud

Los indicadores de salud de ecosistemas, es una condición de estado dentro de los indicadores de salud ambiental propuestos por Corvalán et al., (1999). Según el tipo de ecosistema es el tipo de indicadores identificados, estos indicadores deben considerar la capacidad de autoregeneración del ecosistema, de restaurarse de los disturbios y mantener su resiliencia ecológica manteniendo servicios para el bienestar humano. Algunos criterios generales para evaluar la calidad del ecosistema es su tamaño, las características del suelo, las comunidades de plantas y animales, el ambiente de los alrededores y la historia o tiempo que lleve en ese ecosistema, autoregenerándose (Flies et al., 2017).

Los indicadores de exposición al ecosistema consideran la cercanía, la duración, la ruta, la frecuencia y las exposiciones previas.

Respecto a los indicadores de efecto en la salud y bienestar humano, se encuentra la longevidad, y una serie de enfermedades que disminuyen con la exposición a los ecosistemas sanos, entre ellas: la infección de vías urinarias, la perturbación de la actividad y de la atención, la ansiedad, cáncer, enfermedades cardiovasculares, depresión, diabetes, infarto del miocardio, enfermedades infecciosas intestinales, migraña, enfermedades respiratorias, infecciones de vías respiratorias superiores y vértigo (Kuo, 2015).

Evaluación cualitativa de Ecosistemas y Salud

Otra manera de evaluar los efectos en la salud por la exposición a las características de los ambientes naturales, son los efectos benéficos autoreportados y reconocidos a nivel emocional, fisiológico y del comportamiento, al disminuir los sentimientos negativos, pensamientos estresantes, y recuperarse del estrés. Los ecosistemas naturales generan cambios positivos que se vinculan a los recursos que proporcionan estos sitios para el afrontamiento y restauración del estrés (Ulrich 1999).

Existen en la actualidad diversas propuestas metodológicas. Una de las más recientes son las *Ocho Dimensiones Terapéuticas de la Naturaleza* descritas por Grahn et al., (2010), que considera el reconocimiento de los aportes de la Naturaleza a la salud humana a través de 1. La serenidad (tranquilidad, paz; sin basura, sin personas molestas, sentirse protegido), 2. La naturalidad (fascinación por lo natural; distribución aleatoria de plantas silvestres y rocas), 3. La riqueza de especies (diversidad de especies de plantas, animales, hongos y microbios), 4. El espacio reparador (un todo coherente, relacionado, conectado; que parece se entra a otro mundo), 5. La exploración (lugar abierto con espacio para vistas; que invita a quedarse), 6. El refugio (un santuario; lugar cerrado, seguro, secreto y apartado; donde puedes relajarte y ser tú mismo), 7. El lugar de encuentro (para el festejo y el gusto; espacio social, lugar de convivencia), y 8. La evidencia de valores (espacio que ofrece fascinación a través de la evidencia de los valores, creencias, esfuerzos de la gente y el paso del tiempo).

Sin lugar a dudas este enfoque en la salud ambiental para la evaluación de los beneficios de los ecosistemas a la salud humana, en el siglo XXI serán de gran relevancia, a partir de reconocer los alcances de los desastres biológicos como el COVID 19, que ha llevado a comprender que en los ecosistemas y en la Naturaleza esta nuestro seguro de vida ante la multitud de cambios globales producidos por la actividad humana.

Referencias Bibliográficas

- Bacon, F. (1984). *Novum Organum*. Sarpe.
- Barclay, T. (2018). *Developing a Human-Environment Timeline: A Chronology of Ideas and Events for the Anthropocene*. [Doctoral dissertation, University of Kansas State]. KSU Repository. <https://krex.k-state.edu/dspace/handle/2097/39327>
- Borja-Aburto, V. H. (2000), Estudios ecológicos. *Salud Pública de México*. 42 (6), 533-538.
- Carruthers, J. (2019). Antecedents of Sustainability. *South Africa Journal of Science*, (115) 9/10. <https://doi.org/10.17159/sajs.2019/6759>
- Corvalán, C.F., Kjellström, T., & Smith, K. R. (1999). Health, Environment and Sustainable Development. Identifying Links and Indicators to Promote Action. *Epidemiology*, 10 (5), 656-660.
- Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Farberk, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R. V., Paruelo, J., Raskin, R. G., Suttonkk, P. & van den Belt, M. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387 (15 May). p. 253-260.
- Curiel, A. (2012). *Cátedra de Biodiversidad, Una Cátedra para Todos*. Memoria. Instituto Nacional de Ecología y Universidad de Guadalajara.
- Darwin, Ch. (2009). *The Origin of Species By Means of Natural Selection*. 6th ed. Cambridge University Press.
- Emerson, R. W. (1836). *Nature* (p.12-13). Cambridge Press: Metcalf, Torrey & Ballou. <https://archive.org/details/naturemunroe00emerrich/page/12/mode/2up?view=theater>
- Engel, J. R. (2017). Ethics. En R. Lal (Ed.) *Encyclopedia of Soil Science: Third Edition* (p.853). CRC Press.

- Ewert, A., Hollenhorst, S. J., McAvoy, L., & Russell, K. C. (2003). Therapeutic values of Parks and Protected Areas. En D. Harmon & A. D. Putney (Eds) *The Full Value of Parks* (pp 141-156). Rowman & Littlefield Publishers.
- Ezcurra, E. (2006). Orquídeas de México. *Ciencias*, 82. p. 76-78.
- Fisher, R. A. (1934). *Statistical Methods for Research Workers*. 5ta ed. Oliver and Boyd
- Flies, E. J., Skelly, CH., Negi, S. S., Prabhakaran, P., Liu, Q., Liu, K., Goldizen, F.C., Lease, Ch., Weinstein P. (2017). Biodiverse green spaces: a prescription for global urban health. *Frontiers in Ecology and Environment*, 15(9), 510-516. <https://doi.org/10.1002/fee.1630>
- Fromm, E. (2004). *Anatomía de la Destructividad Humana*. Siglo Veintiuno Editores. p.362.
- Garrett, J. K., Clitherow, T. J., White, M. P., Wheeler, B. W. & Fleming, L. E. (2019). Coastal proximity and mental health among urban adults in England: The moderating effect of household income. *Health & Place*, 59. 1-11 <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2019.102200>
- Grahn P, Ivarsson CT, Stigsdotter UK, Bengtsson IL. (2010). Using Affordances as a Health Promoting Tool in a Therapeutic Garden. En: Thompson CW, Aspinall P, Bell S editores. *Innovative Approaches to Researching Landscape and Health, Open Space: People Space 2*. Londres: Routledge. 116-154.
- Haeckel, E. (1866). *Generelle Morphologie der Organismen: Allgemeine Grundzüge der Organischen Formen; Wissenschaft, Mechanisch Begründet durch die von Charles Darwin Reformierte Deszendenz Theorie*. G. Reimer.
- Hansen M.M., Jones, R., & Tocchini, K. (2017). Shinrin-Yoku (Forest Bathing) and Nature Therapy: A State-of-the-Art Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14 (8), 851, 1-48. <https://doi.org/10.3390/ijerph14080851>
- Hassan, R., Scholes, R., & Ash, N. (2005). MA Conceptual Framework. En R.

- Hassan, R. Scholes & N. Ash (Ed.), *Ecosystems and Human Well-being: Current State and Trends*, Volume 1. (p. 31). Islandpress. <https://www.millenniumassessment.org/documents/document.765.aspx.pdf>
- Hipócrates. (2007). *Sobre los Aires, Aguas y Lugares*. En Gredos, *Tratados*. Biblioteca Gredos.
- Humboldt, A. V. (2010). *Cosmos Sketch of a Physical Description of the Universe*. Volume 1. Cambridge University Press.
- Kuo, M. (2015). How might contact with nature promote human health? Promising mechanisms and a possible central pathway. *Frontiers in Psychology*, 6:1093,1-8. [10.3389/fpsyg.2015.01093](https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.01093)
- Leopold, A. (1949). *A Sand County almanac*. p. 221. The Oxford University Press.
- López-Abente, G. (2009). Los Estudios Ecológicos. En Escuela Nacional de Sanidad, *Método Epidemiológico*. p. 137-148. Instituto de Salud Carlos III.
- López, J. F. (2017, Octubre 02). Coeficiente de determinación (R cuadrado). *Economipedia.com*. <https://economipedia.com/definiciones/r-cuadrado-coeficiente-determinacion.html>
- Lovelock, J. E. (1979). *GAIA, a new look at Life on Earth*. Oxford University Press
- Mernick, P., Kendall, D. (1996). *A Pictorial History of Victoria Park London E3*. East London History Society.
- Millennium Ecosystem Assessment. (2005). *Ecosystem and Human Well-being*. Island Press.
- Morobia, A. (2013). Epidemiology's 350th Anniversary: 1662–2012. *Epidemiology*. 24(2), 179-183. [10.1097/EDE.0b013e31827b5359](https://doi.org/10.1097/EDE.0b013e31827b5359)
- Naciones Unidas. (2020, Diciembre 5). La biodiversidad de los suelos es ignorada, pero es fundamental para alimentar al planeta. <https://news.un.org/es/story/2020/12/1485132>

- Schuyler, D. (1986). *The New Urban Landscape: the Redefinition of City Form in Nineteenth-Century America*. John Hopkins University Press.
- Suess, E. (1875). *Die Entstehung der Alpen*. Wilhelm Braumüller. p.159.
- Tansley, A.G. 1935: The use and abuse of vegetational concepts and terms. *Ecology*16, 284–307
- The University of Chicago. (2021). *UChicago Student Wellness: Seven facets of wellbeing*. <https://wellness.uchicago.edu/healthy-living/outreach/>
- Ulrich R. S. (1999). Effects of gardens on health outcomes: Theory and research. En: M. C. Cooper, M. Barnes (ed.) *Healing Gardens*. Wiley. p. 27–86.
- Ward, C. (2011). Linking landscape and health: The recurring theme. *Landscape and Urban Planning*99, 187–195. doi:10.1016/j.landurbplan.2010.10.006
- Wildlife Conservación Society. (2004, 29 Septiembre). The Manhattan Principles. *OneWorld, One Health*. http://www.oneworldonehealth.org/sept2004/owoh_sept04.html
- Wildlife Conservación Society. (2019, 25 de octubre). The Berlin Principles on One Health. *One Planet, One Health, One Future*. <https://www.wcs.org/one-planet-one-health-one-future>
- Wilson, E. O. (1984). *Biophilia, The human bond with other species*. Harvard University Press.

Cambios ambientales, Riesgo y Salud

María Guadalupe Garibay Chávez

Introducción

El riesgo a desastres, implica a los cambios ambientales generados por las actividades y comportamientos humanos, también a los procesos geológicos que se dan en la corteza terrestre o en el subsuelo, y a los fenómenos hidrometeorológicos producidos en la atmosfera, aguas superficiales y subterráneas, los procesos climáticos y del ciclo hidrológico en su dinámica o acelerados por el hombre.

Cotidianamente a lo largo de su vida el ser humano en el territorio que habita convive con el riesgo, se expone a peligros a través de múltiples vías y formas, dados a partir de las características y calidad de los entornos donde pasa tiempo y se desarrolla, de las actividades que realiza, los alimentos que consume, el agua que ingiere, usa

para bañarse, en actividades domésticas y productivas, del aire que respira, y a partir de lo que toca por medio de la piel. Estos riesgos afectan su salud y bienestar y generan muertes.

En salud ambiental podemos ubicar áreas prioritarias de atención por la exposición a amenazas o peligros que son determinantes para la salud y bienestar humano: el vientre materno durante la gestación, el lugar donde se establece la vivienda y las características propias del hogar, la vía pública, el lugar donde se trabaja y recrean las personas). A los que se podría agregar la escuela, espacio donde un individuo pasa mínimamente cuatro horas del día durante un promedio de 9 años de vida para el caso de México, y puede ser mayor o menor de acuerdo con el sector económico, el grupo social y, las características del territorio - comunidad en donde vive y se desarrolla cada persona.

Las personas además, se exponen a peligros/amenazas y riesgos generados por los cambios ambientales globales y locales que se generan por la contaminación del aire, el cambio climático y la variabilidad climática, la urbanización, la dispersión de los asentamientos humanos, los cambios de uso del suelo y la pérdida de la biodiversidad, por señalar algunos de los que actualmente tienen mayor interés en las sociedades actuales y que tienen un impacto mayor en la pérdida del bienestar y particularmente de la salud de las personas y las comunidades.

El contexto mundial del riesgo de desastres

Durante los 90's a nivel mundial hubo varios acontecimientos inspiradores de la actuación en materia de riesgo de desastres, se instituyó el Decenio Internacional para la Reducción de los Desastres Naturales (DIRDN) 1990-2000 por la Organización de las Naciones Unidas, se realizó la Segunda Conferencia de Naciones

Unidas sobre el Medio Ambiente en Río de Janeiro Brasil en 1992, donde se planteó la necesidad de lograr mejores condiciones de vida acordes con las necesidades y aspiraciones humanas (NU, 1972, párrafo 6), se refrendaron una serie de preocupaciones que se plantearon por primera vez en 1972 en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano en Estocolmo, Suecia donde se propuso enfrentar el deterioro ambiental mundial y su impacto en la naturaleza y la salud humana y cuyas recomendaciones para las naciones generaron cambios importantes sobre el modo de ver, interpretar y cuidar el ambiente. Estas preocupaciones y necesidades fueron confirmadas y contenidas en el Programa 21 (Agenda 21), que fue adoptado como documento básico orientador de la política ambiental a nivel global (contenía el *Capítulo 6 Protección y Fomento de la Salud Humana*), donde figuraba como prioridad la reducción de los riesgos para la salud causados por la contaminación y los peligros ambientales. Otro acontecimiento fue la implementación del programa APELL - Awareness and Preparedness for Emergencies at Local Level- creado en 1988 como una iniciativa del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) ante el creciente número de accidentes químicos y que se consideró el inicio de un proceso de diálogo y coordinación para la preparación ante posibles riesgos y desastres naturales y tecnológicos, además se publicó en español durante 1992 la Guía para la Identificación y Evaluación de Riesgos a Nivel Local (publicada una segunda edición en 2003 por el PNUMA y la Universidad de Guadalajara), En el contexto local se presencié uno de los peores desastres ocurridos en la metrópoli de Guadalajara, las explosiones de hidrocarburos en el drenaje ocurrido el 22 de abril de 1992, cuando se celebrara la Cumbre de Río.

Al año 2000, y ya transcurrida toda una década nivel mundial en la puesta en marcha de acciones para reducir desastres naturales, se había logrado una mayor divulgación y comprensión de la prioridad

de la prevención de riesgos y de la gestión de riesgos de desastres a distintos niveles, sin embargo, se estimó que los desastres y los daños seguían incrementándose, pese a las acciones desarrolladas durante el Decenio Internacional para la Reducción de los Desastres Naturales.

Se reconoció que los países afectados por desastres naturales presentaban condiciones de vulnerabilidad ligada a la pobreza y a medios insuficientes para mitigar los efectos de los desastres, situación que les ponía en desventaja e incrementaba el potencial de daño de los fenómenos como las inundaciones, la sequía, la desertificación, y otro tipo de desastres. Se planteó que la reducción de riesgos y desastres había que centrarla en la atención y disminución de las condiciones de vulnerabilidad y definirla como prioridad en todos los países. Los desastres y la alta vulnerabilidad social evidenciada en diferentes desastres ocurridos se convertían en obstáculos estructurales del desarrollo, los cuales tenían que superarse para lograr la sustentabilidad de acuerdo a lo planteado en la Cumbre de Desarrollo Sostenible celebrada en Johannesburgo, Sudáfrica, en 2002, la cual fue una oportunidad para reforzar la importancia de incorporar la reducción de riesgos de desastres y plantear la disminución de vulnerabilidades como elemento primordial para lograr el desarrollo sostenible, ante ello, se asumió que las poblaciones urbanas eran las áreas de mayor necesidad de atención al concentrar alto número de personas y actividades. Se determinó emprender a nivel local acciones para generar cambios en la tendencia de los desastres y sus consecuencias con alto nivel de daños, así como incidir en los factores que causaban la vulnerabilidad de las comunidades, entre ellos la pobreza, un asunto de atención prioritaria que impedía las posibilidades de progreso.

Como resultado de las reuniones internacionales en materia de reducción de desastres han surgido varias estrategias y planes para atender las condiciones que ponen en peligro la salud y vida de las personas y estabilidad de las comunidades y que son el referente para las acciones de reducción de riesgos de desastres y se marcan las directrices a seguir:

La Estrategia y el Plan de Acción de Yokohama para un mundo más seguro, que surgió a mediados de la Década Internacional para la Reducción de Desastres, en 1994, en la Conferencia Mundial para la Reducción de desastres realizada en la ciudad de Yokohama, Japón, incluyó directrices hacia la acción para el siglo XXI, el propósito señalaba reducir al año 2000 las pérdidas de vidas y los daños materiales causados por los desastres y continuar este proceso más allá del siglo XX. En la estrategia y en el plan de acción (Naciones Unidas, 1994), se establecieron una serie de puntos, entre otros, destacan: G) *“Participación activa de la población en la reducción de los desastres, la prevención y la preparación para casos de desastre, lo que a su vez permitiría un mejor manejo del riesgo”*; I) *“Mejor evaluación de los riesgos, vigilancia más amplia y difusión más amplia de pronósticos y alertas”* K) *“Mayor coordinación y cooperación entre organismos nacionales, regionales, e internacionales que realicen actividades de investigación sobre desastre, universidades, organizaciones regionales y subregionales y otras instituciones técnicas y científicas, teniendo en cuenta que la relación causa - efecto, inherente a los desastres de toda índole, debería ser materia de investigación interdisciplinaria”*; además se plantean Recomendaciones para la Acción en el punto 11, Inciso A, donde se exhorta a los gobiernos de los países *“expresen el compromiso político de reducir su vulnerabilidad mediante declaraciones, medidas legislativas, decisiones de política al más alto nivel, para la aplicación progresiva de planes de evaluación y reducción de desastres a nivel nacional y comunitario”*, a “Formular

programas de educación y capacitación e intercambio de información técnica encaminados al desarrollo de los recursos humanos”.

En 2004, la evaluación de la Estrategia y Plan de Acción de Yokohama dejó claro que los desastres seguían incrementándose, los daños generados por lluvias, huracanes, sismos, sequías, olas de calor generaban alto nivel de daños que incluían número de muertes, afectados y costos económicos, lo que daba motivo para interpretar que los esfuerzos y avances importantes aún no eran suficientes y se requería incrementar las capacidades institucionales, aplicar los conocimientos generados a la fecha, aumentar el compromiso de los gobiernos para incorporar la reducción de riesgos en los planes de desarrollo, mayor cooperación y alianzas para reducir los desastres y nivel de daños, involucrar más a las comunidades en la gestión de riesgos. Se entendía, además, que lo planteado por la Estrategia seguía siendo vigente y habría que recuperar las experiencias hasta el momento obtenidas en los distintos países. En 2005, resultante de la Conferencia Mundial sobre Reducción de Desastres, celebrada en Kobe, Hyogo, Japón, surgió la *Declaración de Hyogo y el Marco de Acción de Hyogo 2005-2015: fomento de la resiliencia de las naciones y las comunidades ante los desastres*, el énfasis de la estrategia se centró en la construcción de resiliencia de las comunidades, entre sus objetivos estaban concluir la evaluación de la Estrategia de Yokohama y asegurar el cumplimiento del Plan, intercambiar las mejores prácticas y experiencias para la reducir los desastres, lograr una mayor conciencia para incluir e implementar políticas para controlar los riesgos y disminuir los desastres en los planes y programas de desarrollo de los países, disponibilidad de información adecuada para el público y los organismos de gestión en todas las regiones. Los retos planteados eran, Gobernanza: establecimiento de marcos institucionales, jurídicos y normativos, Evaluación de riesgos y alerta

temprana, Gestión de conocimientos y educación, Reducción de factores de riesgo, Respuesta eficaz y recuperación efectiva (Naciones Unidas, 2005). El planteamiento fue enfático en reconocer la pobreza y la vulnerabilidad social de muchos países y su relación con los desastres, la importancia de fortalecer en los países políticas e instrumentos de gestión de desastres, recuperar experiencias y conocimientos adquiridos en las naciones como una manera de fortalecer las capacidades y organización social e institucional para la prevención, alerta temprana y preparación para responder de manera eficaz y evitar desastres. Si bien se mantuvo la necesidad de reducir la vulnerabilidad social como manera de evitar desastres y avanzar hacia las metas del desarrollo sostenible, el énfasis era incrementar la resiliencia de las comunidades frente a los desastres. Sigue siendo una necesidad atender las causas de la vulnerabilidad social, lo cual resulta un problema estructural complejo y arraigado en las causas de los desastres y limitantes del desarrollo de las naciones, ligado a la pobreza, las desigualdades sociales propias del modelo de desarrollo capitalista adoptado.

En 2015, en Sendai, Miyagi, Japón se realizó la tercera conferencia mundial y se planteó concluir la evaluación del Marco de Acción de Hyogo, analizar la experiencia adquirida en las estrategias e instituciones en materia de reducción de riesgo y sus recomendaciones, establecer un marco para la reducción de riesgos a desastres posterior a 2015, definir modalidades de cooperación y evaluación del marco para la reducción del riesgo de desastres. Se adoptó el *Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030*, que pretende reducir el nivel de riesgo de desastres y el número de muertes, afectados y daños, Incrementar el número de países que cuenten con estrategias de reducción del riesgo de desastres, Aumentar la cooperación internacional para los países en desarrollo, Establecer y mejorar sistemas de alerta temprana sobre diversas amenazas, y Mejorar la información y

evaluación del riesgo. Se puede concluir que los objetivos, principios y prioridades en materia de gestión de desastres hasta ahora implementados a nivel internacional a través de las estrategias, marcos y planes en los distintos países, han generado resultados que prueban un mejor entendimiento de los desastres, mayores capacidades institucionales y sociales, respaldo para las actuaciones a nivel nacional y local, pero también se identifica la necesidad de contar con información confiable para la toma de decisiones, la importancia de contar con evaluaciones de riesgo, la urgencia de involucrar a todos los sectores para tener una respuesta organizada y eficaz.

El gran reto sigue siendo un limitado compromiso de los gobiernos para incorporar políticas públicas articuladas que contribuyan a reducir riesgos y desastres, desde la planeación del desarrollo, la ordenación territorial, la atención de la vulnerabilidad social y la generación de indicadores meta que evalúen claramente los avances en la disminución del número de eventos y sus daños y en la gestión del riesgo de desastres. Lo anterior implica pasar de las intenciones discursivas a actuaciones que den solución a las causas que originan los desastres. El Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030, se implementa durante el mismo periodo que los Objetivos del Desarrollo Sostenible y las sinergias que puedan generarse en distintos temas, sectores y metas pueden contribuir a mejores resultados en el cumplimiento de sus propósitos. Hay objetivos del desarrollo sostenible que están claramente alineados y cuyas metas contribuyen a reducir frente al riesgo de desastres las amenazas/peligros y exposición y la atención de cambios globales: Objetivo 2: Hambre cero, Objetivo 3: Salud y bienestar, Objetivo 6: Agua limpia y saneamiento, Objetivo 7: Energía asequible no contaminante, Objetivo 9: Industria, innovación e infraestructura, Objetivo 11: Ciudades y comunidades sostenibles, Objetivo 13: Acción por el clima, Objetivo 14: Vida

submarina, Objetivo 15: Vida de Ecosistemas terrestres, Objetivo 16: Paz, justicia e instituciones sólidas y Reducir vulnerabilidad social, Objetivo 1. Fin de la pobreza, Objetivo 4: Educación de calidad, Objetivo 5: Igualdad de género, Objetivo 8: Trabajo decente y crecimiento económico, Objetivo 10: Reducción de las desigualdades, Objetivo 12: Producción y Consumo responsable, y Objetivo 17: Alianzas para lograr los objetivos.

México se encuentra entre los países que ha integrado la reducción de desastres como parte de los Objetivos de Desarrollo a nivel nacional, centrándose en la evaluación de las amenazas y los riesgos de desastres y han mostrado una mayor coherencia de las políticas con la gestión de los desastres (Naciones Unidas, p.8). Como parte de estas acciones se han establecido políticas, planes y programas para la evaluación y gestión de riesgos y la protección civil, se tienen instituciones y esquemas organizativos, sistemas y lineamientos para el desarrollo de Atlas de Riesgos a nivel estatal y municipal, estudios de riesgos para actividades que representan un riesgo, leyes que establecen las bases para la evaluación y gestión de riesgos e instrumentos para su regulación y control, sistemas de información, programas para la formación de recursos humanos a nivel profesional y para la capacitación, sin embargo, se requiere mayor trabajo y resultados en la creación de capacidades institucionales y sociales para reducir el número de desastres y los daños que se generan año con año en la república mexicana donde los fenómenos hidrometeorológicos como las inundaciones, huracanes y sequías, y los de tipo geológico como los sismos conllevan alto nivel de daños, principalmente en zonas con altos niveles de vulnerabilidad social relacionada con la pobreza, marginación, falta de servicios públicos, analfabetismo, limitada cobertura de servicios de salud por seguridad social, y la falta de capacidad para responder a eventos, asociada a limitaciones en recursos humanos, económicos y de infraestructura de protección

civil y preparación y organización de la comunidad para enfrentarlos en forma eficaz.

El Marco de Sendai al igual que las estrategias y marcos que le antecedieron, tendrá que ser evaluado para determinar sus alcances en la reducción de riesgo desastres y su impacto en la reducción de daños.

La investigación y formación en cambios ambientales, riesgo y salud en la Universidad de Guadalajara y la Maestría en Ciencias de la Salud Ambiental

La salud ambiental plantea el abordaje y atención de problemas desde visiones holistas, sistémicas, complejas, críticas, y a largo plazo, de metodologías, métodos e instrumentos cuantitativos, cualitativos y mixtos provenientes de distintas disciplinas, la concurrencia de saberes de varios sectores y grupos sociales, la experiencia de trabajo colaborativo de profesionales procedentes de las ciencias de la salud y el ambiente y disciplinas afines, y la necesidad de generar mejores entendimientos y capacidades para evitar y anticipar daños agudos y crónicos causa de los peligros y niveles de riesgo presentes en un territorio y desastres generados por las condiciones de alta vulnerabilidad presentes.

El área de especialización Cambios ambientales, riesgo y salud, ha tenido un mayor desarrollo en el campo de evaluación de riesgo a desastres, debido a acontecimientos que sucedieron en el contexto social internacional y local que influyeron y dieron origen a la propia Maestría en Ciencias de la Salud Ambiental. Esta área de especialización, integró desde su inició la experiencia reunida en la investigación y formación de recursos humanos en materia de riesgos ambientales agudos con implicaciones en la salud, generada en la Universidad de Guadalajara a través del desarrollo

del proyecto Riesgos en la zona metropolitana de Guadalajara en 1992-1993, a raíz de las explosiones de hidrocarburos en abril de 1992 en la zona metropolitana de Guadalajara, donde se evidenció la necesidad de crear un programa de formación de alto nivel en salud ambiental, la Maestría en Ciencias de la Salud Ambiental, que inicio en marzo de 1995, como primer programa de posgrado de la Red Universitaria de Jalisco y a nivel nacional con perspectiva interdisciplinaria (Garibay, 2017). El área ha evolucionado en sus perspectivas, los problemas que aborda, los objetos de estudio y las metodologías utilizadas. Algunas áreas donde se han generado proyectos son: Riesgo de desastres; Contaminación del aire, Cambio climático, Urbanización y Dispersión Urbana y Biodiversidad. Las metodologías que se han empleado han sido de tipo cuantitativo, cualitativo y mixtas a partir de paradigmas positivistas e interpretativos.

Algunos ejemplos de estudios realizados han sido para evaluar el riesgo a desastres en comunidades urbanas, gestión de riesgos y planificación de emergencias, analizar factores que determinan el riesgo ante ciertas amenazas/peligros y sus consecuencias, analizar el impacto de los desastres, determinar los efectos a la salud de la exposición a sustancias químicas o niveles de riesgo a partir de la contaminación presente en diversos medios, identificar las causas estructurales y situación que guardan algunos cambios ambientales como base para generar propuestas de actuación, evaluar el potencial de daño y alcance de algunos cambios ambientales, sus amenazas/peligros, la estimación de efectos en una población, sectores productivos, ecosistemas y actividades relacionada con la exposición y vulnerabilidad.

Se presentan algunos trabajos realizados en riesgo a desastres, cambios globales y salud:

a) Riesgo de desastres

El inicio de la investigación y formación de recursos humanos en el campo de Riesgo a desastres en la Universidad de Guadalajara fue liderada y promovida por dos investigadores Arturo Curiel Ballesteros, en ese entonces Coordinador General de Ecología y Educación Ambiental y Javier García de Alba García, director del Instituto de Salud Pública, con el respaldo y trabajo de un grupo de profesionales de las ciencias de la salud y las ciencias ambientales. Quienes fueron promotores y fundadores de la Maestría en Ciencias de la Salud Ambiental junto con un grupo de investigadores, a la fecha algunos siguen trabajando y consolidando la investigación y formación de recursos humanos en salud ambiental en el programa, a los cuales se han sumado y retirado otros investigadores en distintas etapas (Garibay, 2017).

Desde su inicio en 1995 a la fecha 2021, la evaluación de riesgos ha tenido como principio evitar, prevenir y mitigar el riesgo a desastres y el nivel de daños que estos generan, considerando las causas, análisis de los componentes del riesgo (la amenaza o peligro, la exposición y la vulnerabilidad), los espacios, las actividades y los grupos de la población donde están presentes los peligros con diferentes niveles de peligro, exposición, vulnerabilidad y riesgo.

Para el origen, desarrollo y consolidación de la investigación en esta área en la Universidad de Guadalajara fue decisivo el contexto internacional y local, donde figuraron iniciativas internacionales con el propósito de evitar desastres y fortalecer una cultura de prevención del riesgo.

A nivel institucional, el contexto del desastre ocurrido por las explosiones de hidrocarburos el 22 de abril de 1992 le dio impulso al establecimiento una política y estrategia institucional que tuvo alcances fuera de la universidad, inició la investigación en evaluación de riesgos con el estudio de riesgos de la zona metropolitana de Guadalajara (ZMG) que abordó los problemas y complejidad del medio urbano, se desarrolló el Foro Sociedad, Gobierno, Urbanización y Contingencias Ambientales, un evento del que emanaron varias acciones; incorporación del tema de riesgo como eje transversal curricular en licenciaturas y posgrados para analizar la relación de la actividad profesional con el riesgo ambiental, se creó el Centro de Información sobre Sustancias Peligrosas en el Instituto Regional de Investigación en Salud Pública, se realizó un seminario sobre desastres dirigido a los universitarios y al público general (UdeG, 1993: 33-35 en Garibay, 2017), se creó la Maestría en Ciencias de la Salud Ambiental para formar recursos humanos a nivel posgrado e incrementar las capacidades orientadas a la identificación y evaluación de los riesgos presentes en el territorio, así como entender las interrelaciones entre los factores ambientales y la salud de las personas, se realizaron programas de capacitación y actualización dirigidos a la comunidad universitaria y a sectores sociales involucrados en la toma de decisiones a nivel gubernamental e interesados en la evaluación y gestión de riesgos y la planificación de emergencias.

En una primera etapa, el riesgo a desastres se abordó desde una perspectiva de evaluación de riesgos agudos a nivel comunitario y desde la gestión de riesgo a desastres propuesta por la Organización de las Naciones Unidas, en el marco de la Década Internacional de la Reducción de los Desastres Naturales (IDRN) 1990-1999, tuvo un soporte teórico y apoyo técnico desde los profesionales de la Organización Panamericana de la Salud (OPS) a través del Centro

Panamericano de Ecología Humana y Salud (ECO/OPS) con sede en México y el trabajo colaborativo de uno de los vínculos más valiosos, cercanos y con resultados que por largo tiempo ha tenido la Maestría en Ciencias de la Salud Ambiental en su historia, representado por el Dr. Germán Corey, médico, epidemiólogo y especialista en salud ambiental, que ha fungido como un asesor en la investigación y formación de recursos humanos en salud ambiental. Para conocer más del trabajo colaborativo de la Maestría en Ciencias de la Salud Ambiental y la Organización Panamericana de la Salud, se puede consultar el trabajo realizado por Garibay (2017), que sistematiza los resultados obtenidos de esta cooperación.

Conforme se fueron desarrollando e incorporando nuevos problemas de interés en este campo, a la evaluación de riesgos agudos en comunidades, se sumó la evaluación de riesgos crónicos de variada naturaleza, en poblaciones, sectores-actividades y medios donde el riesgo está presente (Garibay et al., 2007). Los trabajos desarrollados producto de la investigación sobre los riesgos crónicos para la salud de tipo tecnológico, sanitario y sociorganizativo, se pueden revisar en Curiel (2007), lo realizado en evaluación de riesgos en espacios laborales en instituciones de salud, vinculados a la industria, la agricultura y espacios de oficina en Garibay (2007), así como, los ligados a la contaminación de alimentos, contaminación del aire, contaminación del agua, contaminación por ruido y residuos (bacterias en residuos biológico infecciosos, tiraderos municipales (metales pesados) y en planteles escolares en Orozco (2007). Una visión de conjunto de los proyectos de investigación de tesis en la Maestría durante el periodo 1995 al 2005 se presenta en la publicación de Garibay et al., (2007), *Década de investigación en Salud Ambiental*, que incluye los trabajos referidos y presentados por los autores antes señalados.

Los referentes y marcos teóricos de la investigación en evaluación de riesgos a desastres, son los generados por la Organización de las Naciones Unidas a través de sus diferentes organismos y estrategias, entre ellos destacan la metodología para evaluación de riesgos a nivel de comunidades, Identificación y Evaluación de Riesgos a Nivel Local del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente, en su primera edición en inglés (UNEP, 1992, PNUMA, 2003), el modelo de riesgos adoptado plantea que el riesgo es el resultado de la amenaza y la vulnerabilidad, y lo define como la probabilidad de que ocurra un evento en un periodo de tiempo con consecuencias para las personas, las propiedades y el medio ambiente (UNEP, 1992), los daños esperados se presentan como pérdidas de vidas humanas, personas heridas, propiedades dañadas, interrupción de actividades económicas (UNDHA, 1992). Para una información más amplia y detallada sobre el modelo teórico de riesgo basado en esta perspectiva de evaluación de riesgos a desastres, se puede revisar los trabajos de Curiel (1997) y Garibay y Curiel (2014).

Otros referentes teóricos para la evaluación del riesgo han sido los procedentes de la toxicología y de la epidemiología. La toxicología aporta elementos para evaluar los efectos adversos que tiene la exposición a sustancias y compuestos químicos en los sistemas biológicos (humanos, animal, vegetal). Nos brinda las bases biológicas para entender las asociaciones entre los productos químicos y las enfermedades (Richardson y Miller, 2016). Cuenta con fundamentos teóricos para identificar la estructura de los químicos, conocer su toxicidad, rutas de exposición, mecanismos a través de los cuales actúan y la asociación con enfermedades. Contribuye con métodos y técnicas para la evaluación de riesgos, establecer criterios límites para la salud y seguridad y la toma de decisiones en el uso y gestión de sustancias químicas.

Algunos estudios que se desarrollaron con esta perspectiva son: Biomarcadores de riesgo para cáncer de mamá, en ratas hembra con exposición crónica a un xenoestrógeno ambiental organoclorado (DDT) (Canales, 2002), Parámetros genéticos y ambientales asociados con compuestos organoclorados persistentes (COP´s) en *Chirostoma chapalae* del lago de Chapala. (Álvarez, 2010), Effect of chronic pesticide exposure in farm workers of a Mexico Community (Payan-Rentería, 2012).

Desde la epidemiología, se estudia la distribución de las enfermedades y las determinantes de la salud y la enfermedad en poblaciones humanas (Steenland y Moe, 2016). El riesgo se concibe como la probabilidad de un resultado adverso o un factor que aumenta esa probabilidad. Desde esta perspectiva se han realizado estudios descriptivos, correlacionales o ecológicos y analíticos. Algunos ejemplos de estos estudios son: Riesgo a accidentes de tránsito en jóvenes en la zona metropolitana de Guadalajara realizado (Rivera, 2013), Exposición infantil a Manganeseo en la zona metropolitana de Guadalajara (Limón, 2013), y Contaminación atmosférica y cáncer de pulmón en la zona metropolitana de Guadalajara, Jalisco (Herrera, 2009).

Para determinar el peso de factores de riesgo relacionados a la exposición y vulnerabilidad, se hicieron estudios para estimar el riesgo atribuible (Gordis, 2015) a partir del análisis de variables ambientales (fenómenos meteorológicos) y de salud (morbilidad y mortalidad atribuible estimada) utilizando la metodología EIS - Evaluación de Impacto en Salud en la Población que plantea siete pasos para la evaluación del riesgo a desastres (UNDP, 2010), un ejemplo de este tipo de estudios es el realizado por Garibay-Chávez y Curiel-Ballesteros (2021) Demandas al sector salud ante las manifestaciones del cambio climático en Jalisco.

b) Contaminación del aire

Desde principios del siglo XIX (1800) la contaminación del aire se ha reconocido como un peligro para la salud, en un inicio se asoció a las condiciones insalubres existentes en los lugares de trabajo, donde las personas estaban expuestas a diversos contaminantes derivados de los procesos industriales, aunque se reconoció que la contaminación era un problema severo, no constituyó uno de los problemas sociales prioritarios de la época. Fue hasta 1848 con el surgimiento de la primera Ley de Salud Pública en Gran Bretaña lo que marcó el origen de una nueva época en la atención de problemas ambientales (Foskett, 1999). En el siglo XX el desastre ocurrido por contaminación del aire en Londres, Inglaterra en 1952, y otros que le siguieron en distintas ciudades del mundo, la presencia de altos niveles de contaminación del aire y episodios recurrentes de contingencia llevó a instituciones y profesionales a evaluar los riesgos que los diversos contaminantes del aire tienen para la salud, las fuentes de contaminación, vías de exposición, las dosis, concentraciones y tiempo a las cuales las personas están expuestas en diferentes ambientes, para determinar las consecuencias en la salud, se establecieron leyes, normas y criterios límites de seguridad para su regulación, basados en la evaluación de riesgos, límites de exposición y vulnerabilidad de los expuestos. Al momento se han producido una cantidad extensa de investigaciones que han establecido la exposición a contaminantes del aire y su relación con enfermedades y muertes en personas y daños en ecosistemas y organismos biológicos.

A nivel nacional, el interés por evaluar los efectos de los contaminantes del aire en la salud inició a mitad de la década de los 80's, en la ciudad de México, a medida que la infraestructura y los equipos de monitoreo se fueron incorporando para evaluar los contaminantes presentes y la calidad de los datos aumentó, los

estudios en esta área también se incrementaron (Moreno, 1997).

En el área metropolitana de Guadalajara, desde los noventa la Universidad de Guadalajara abordaba el tema de contaminación del aire (Garibay, 2017). Las primeras contingencias atmosféricas presentadas en 1996 por ozono y 2005 por PM_{10} a raíz del incendio en el bosque La Primavera que alcanzó cifras récord en los niveles de contaminación del aire, marcaron en la Maestría en Ciencias de la Salud Ambiental el desarrollo de proyectos para evaluar la calidad del aire y sus implicaciones en la salud de la población, dio lugar a evaluaciones que estimaban las consecuencias que la contaminación generada por los incendios forestales tenía en la salud de la población.

Los estudios realizados en esta área son de tipo cuantitativo, cualitativo y mixto, desde una paradigma positivista e interpretativo. Tienen referentes teóricos provenientes de la ecología, la toxicología, la ciencia de la exposición, la epidemiología, la evaluación de riesgo de desastres, la psicología, la comunicación y educación y de las determinantes de la salud.

Algunos estudios evaluaron la contaminación del aire generada por fuentes fijas y móviles, permanentes y esporádicas en la población (Curiel, et al., 2006; Curiel y Garibay, 2008), y los efectos de los incendios en grupos de la población en zonas críticas (Curiel, Garibay y Hernández, 2007). Se valoró la contaminación del aire en ambientes laborales, en espacios de oficina, donde se relacionó con el síndrome del edificio enfermo (Rebolledo, 2002; López, 2011), y en empresas de la construcción para determinar el riesgo a la salud derivado de las emisiones de polvo emitidas en procesos de trituración de la roca (Cruz, 2006), también se valoraron los efectos de contaminantes del aire en la salud del arbolado urbano (Gallegos, 2013).

Se investigó en la contaminación del aire relacionada con el ruido en distintos espacios, algunos trabajos son los de Orozco (2007) y Preciado (2010) y en calidad del aire bacteriológica (Rosas, 2003).

Otros temas abordados fueron percepción de riesgos en torno a la calidad del aire (Curiel y Garibay, 2005; Ruíz, 2006; Hernández, et al., 2009), en comunicación de riesgos (Padilla, 2009; Garibay y García, 2009; Medina, 2010), Indicadores de salud ambiental en materia de calidad del aire en la zona metropolitana de Guadalajara (Pinal y Curiel, 2009). Más recientemente Curiel (2018), analizó la relación con la exposición a alto flujo vehicular (más de 10,000 vehículos por día) - contaminación del aire y no tener una infraestructura verde cercana a la vivienda (menos de 10 km) con las muertes prematuras de la población en el área metropolitana de Guadalajara y concluye que entre un 11 y 20% de estas muertes se pueden atribuir a dichas determinantes ambientales.

c) Cambio Climático y variabilidad climática

Si bien los primeros estudios sobre el calentamiento de la Tierra fueron realizados por el sueco Svante August Arrhenius en 1848, no es hasta mediados del siglo XX cuando el monitoreo de las temperaturas registra un paulatino incremento, y en 1992 se plantea la preocupación por la concentración de los gases de efecto invernadero en la atmósfera debidas a las actividades y presiones humanas relacionadas con los cambios de uso del suelo, pérdida de ecosistemas, incremento de la población, uso de tecnologías fósiles y sustancias químicas sintéticas generación de residuos y sus consecuencias en el calentamiento de la superficie y la atmósfera de la Tierra (Curiel et al., 2015, p. 23-24).

El calentamiento global representa amenazas y riesgos como el incremento de la temperatura, contaminantes del aire, incremento

de desastres, pérdida de la biodiversidad, escasez y disponibilidad de agua, incremento de vectores, todo ello tiene repercusiones en la salud y la vida de los seres humanos.

La creación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) en 1988, y el trabajo de monitoreo e investigación realizado desde entonces, ha producido una cantidad de conocimientos científicos y técnicos, que alertan sobre los riesgos que conlleva el no reducir y seguir produciendo mayores emisiones de gases de efecto invernadero en la atmósfera y, no implementar medidas de adaptación a nivel local para enfrentar el cambio climático en los asentamientos humanos, sectores productivos y mantener los ecosistemas sustento de la vida y bienestar.

El desarrollo de investigación en cambio climático y variabilidad climática, inicio en el Cuerpo Académico Salud Ambiental y Desarrollo Sustentable en 2008 (grupo de académicos que soportan la maestría en ciencias de la salud ambiental), a partir de entonces se incorporaron al tema estudiantes a partir de proyectos de los investigadores o convenidos con ellos para el desarrollo de sus trabajos de tesis. En este tema han surgido vínculos importantes que fortalecieron el trabajo de investigación y la creación de capacidades profesionales, así como la obtención de fondos económicos en este campo, algunas de ellas con las que se ha realizado un trabajo colaborativo son el Instituto Nacional de Ecología (INE, hoy INECC), la Universidad Nacional Autónoma de México, la Universidad Autónoma de Guadalajara, la Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial de Jalisco y el Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología (COECYTJAL), la Secretaría de Salud de Jalisco, la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (Cofepris) y El Colegio de Estudios Interdisciplinarios de la Salud Ambiental, A.C. (CEISA)

Los estudios realizados se han elaborado desde el paradigma positivista e interpretativo, con marcos teóricos provenientes de la gestión de riesgo de desastres (UNDP, 2010; PNUMA, 2003), y de los establecidos por el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (1998) y del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, 2012) y de la Organización Mundial de la Salud (WHO, 2021).

Los proyectos realizados al momento se relacionan con Comportamiento humano y Cambio Climático (Curiel y Garibay, 2009), identificación de sitios vulnerables al cambio climático prioritarios para la adaptación (Curiel et al., 2015), Incremento de la temperatura y su repercusión en la salud de la población tomando principalmente las enfermedades cardiovasculares y respiratorias (Parada, 2012), Variabilidad climática y extremos de temperatura y sus efectos en la mortalidad por enfermedades del sistema circulatorio (Estrella, 2017), transmitidas por vectores (sectores productivos agrícolas (Villafán, 2013) y asentamientos humanos y grupos vulnerables (Garibay y Curiel, 2015; Garibay y Curiel, 2021).

d) Urbanización, dispersión urbana y cambios de uso del suelo

La urbanización de las ciudades y la dispersión urbana es un problema creciente articulado al crecimiento de la población y los cambios de usos del suelo de forestal y agrícola a urbano para el establecimiento de asentamientos humanos.

La proliferación de núcleos humanos urbanos y su expansión en las ciudades hacia las zonas de bosque y productoras de alimentos está representando un problema serio a nivel mundial.

La mayor cantidad de población se concentra en las ciudades, ello ha implicado que las actividades humanas y acceso a una serie de servicios y bienes también ahí se concentran, lo que atrae a cada vez

más personas que perciben que vivir en ciudades genera más oportunidades para el desarrollo, lo cual puede ser verdadero para algunos.

Sin embargo, también vivir en las ciudades genera una serie de riesgos a la salud y pérdida del bienestar, relacionados con una inadecuada planeación del crecimiento de los asentamientos humanos, establecimiento de la vivienda en sitios de riesgo, carencias de servicios y largos desplazamientos para ir al trabajo, a la escuela, a recrearse y proveerse de insumos básicos para la vida diaria. Las personas que viven en las ciudades se exponen cotidianamente a cada vez más a peligros como el tráfico vehicular, la contaminación del aire, la inseguridad, el estrés de una vida con mayor dinamismo y exigencias que rebasan la capacidad de las personas para responder a ellas, el ruido, y estilos de vida no saludables que incrementan la vulnerabilidad de las personas ante los peligros que enfrentan con graves repercusiones en la salud y la pérdida del bienestar. La salud física, mental y emocional, el bienestar, la enfermedad y la muerte son el resultado de la calidad de los ambientes en que se desarrollan las personas, la calidad de las relaciones que establece con su entorno y con otras personas, y sus comportamientos.

Con el objetivo de contribuir a conocimientos que contribuyan a la creación de ambientes saludables para personas con una mayor condición de salud, se han realizado investigaciones en este tema orientados a analizar la relación que existe entre la expansión urbana y los accidentes por transporte (Caminos, 2013), evaluar el impacto que la dispersión urbana tiene en el bienestar de la población (De la Cabada, 2014), imaginar futuros diferentes con escenarios mejores para la vida y salud en las ciudades (Garibay et al, 2015), evaluar las implicaciones que el transporte motorizado tiene en el bienestar en ciudades en expansión (Moreno, Zumaya y Curiel, 2015).

Los trabajos realizados en este campo se han realizado desde el paradigma interpretativo, con marcos teóricos y métodos desde la dispersión urbana (Stone, Hess y Frumkin, 2010), crecimiento inteligente de las ciudades (Ewin, Pendall y Chen 2003), la cartografía (Salishev, 1990), indicadores de Fuerzas Impulsoras, Presiones, Estado, Exposición, Efectos, Acción (Corvalán, Kjellström y Smith (1999) y bienestar subjetivo (Rojas, 2011).

e) Biodiversidad

La biodiversidad o diversidad biológica, incluye a todas las formas de vida que existen en el planeta Tierra, comprende a las plantas, animales, organismos microscópicos y los procesos biológicos que sustentan la vida (UICN, 2001).

El tema de biodiversidad es quizá de los cambios ambientales el menos trabajado en esta área de especialización, ya que la investigación que se hace en este campo se desarrolla en el área de especialización Ecosistemas y Salud. Sin embargo, por la importancia que la pérdida de biodiversidad tiene para la vida, el bienestar y la salud en particular. La biodiversidad es una condición para el bienestar y la salud de la población y las comunidades. Sin ecosistemas sanos y la pérdida de los servicios ecosistémicos se van generando las condiciones para la proliferación de enfermedades. La biodiversidad en diferentes vías contribuye a la salud física, mental y emocional y regula las enfermedades, se reconoce que el ser humano necesita de la biodiversidad y de las interacciones benéficas que esta le provee.

Se han realizado investigaciones desde el paradigma interpretativo, considerando los marcos teóricos y métodos de la gestión de riesgo a desastres (PNUMA, 2003), World Resources Institute (2003) y la Organización Mundial de la Salud (WHO, 2005; WHO, 2015).

Las investigaciones han contribuido a identificar las amenazas a la biodiversidad en Jalisco (Curiel y Garibay, 2017), analizar las amenazas para el ecosistema urbano y la importancia de las áreas verdes para regular la salud de los habitantes (Garibay, 2017), y evaluar la importancia de los servicios de regulación del ecosistema parques para la salud y el bienestar de la población (Díaz, 2012)

Conclusiones

En el abordaje de los Cambios Ambientales, Riesgo y Salud, el riesgo y la salud han sido el eje transversal que articula y permea la investigación y formación de recursos humanos en salud ambiental con enfoque interdisciplinario, Esto se realiza a partir de objetos de estudio de frontera relacionados con los cambios ambientales: Desastres Agudos y Crónicos, Contaminación del aire; Cambio Climático, Urbanización y Dispersión Urbana y Biodiversidad. La investigación se plantea desde el paradigma positivista y el paradigma interpretativo para abordar la complejidad y dinamismo de los problemas que se estudian en salud ambiental. Los marcos teóricos y métodos que se incorporan son procedentes de distintos campos del conocimiento, sobre todo de aquellos que han tenido históricamente importantes contribuciones a la salud ambiental, como la ecología, la toxicología, la física, la epidemiología, la sociología, la psicología, la geografía y la educación y la comunicación. Los estudios realizados son cuantitativos, cualitativos y mixtos, y usan diversidad de técnicas e instrumentos para recabar y analizar los datos.

La interdisciplina está presente en los objetos de estudio que se analizan, la formación académica de los profesionales que sustentan la maestría y la convergencia de los estudiantes que ingresan. En muchos casos la investigación y formación de recursos

humanos ha logrado un trabajo transdisciplinario para la construcción del conocimiento y adquisición de competencias profesionales incorporando a distintos sectores, grupos sociales y saberes, también al someter los resultados de la investigación al escrutinio de otros posicionamientos, visiones y realidades como un criterio de calidad y pertinencia.

La mayor abundancia de la investigación y experiencia en esta área de especialización se tiene en la evaluación y gestión del riesgo, sin embargo hay un conocimiento sólido en contaminación del aire y cambio climático. Los cambios ambientales que menor desarrollo han tenido en esta área de especialización son Urbanización, Dispersión Urbana y Biodiversidad, empero su alta pertinencia social, los nuevos contextos sociales y el establecimiento de la Década de la ONU para la Restauración de los Ecosistemas (2021-2030), será un fuerte impulso para seguir contribuyendo desde la investigación y formación de recursos humanos a nivel posgrado, en la reducción de riesgo, prevención de desastres, cambio climático, contaminación del aire, urbanización y biodiversidad. Los contextos sociales y los problemas de salud ambiental que se presentan a nivel internacional, nacional y local que ponen en riesgo la vida, la salud y el bienestar de la población y la estabilidad y función de los ecosistemas, determinan las prioridades en investigación y formación de recursos humanos.

Referencias bibliográficas

- Álvarez Barajas, S. (2010). *Parámetros genéticos y ambientales asociados con compuestos organoclorados persistentes (COP´s) en Chirostoma chapalae del lago de Chapala*. [Tesis de Maestría en Ciencias de la Salud Ambiental]. Universidad de Guadalajara.
- Caminos Serrano, L.G. (2013). *Expansión urbana, transporte y accidentes vehiculares en el municipio de Tlajomulco de Zúñiga en la primera década del siglo XXI*. [Tesis de Maestría en Ciencias de la Salud Ambiental]. Universidad de Guadalajara.
- Canales Aguirre, A.A. (2002). *Biomarcadores de riesgo para cáncer de mamá, en ratas hembra con exposición crónica a un xenoestrógeno ambiental organoclorado (DDT)*. [Tesis de Maestría en Ciencias de la Salud Ambiental, Universidad de Guadalajara].
- Corvalán, C.F., Kjellström, T., y Smith, K.R. (1999). Health, Environment and Sustainable Development. Identifying Links and Indicators to Promote Action. *Epidemiology* 10(5): 656-660.
- Cruz Hernández, A.G. (2006). *Evaluación del riesgo a la salud, por la emisión del polvo generado en el proceso de trituración de roca, estudio de caso en una planta productora de agregados para el concreto, ubicada en Tonalá, Jalisco. 2000-2005*. [Tesis de Maestría en Ciencias de la Salud Ambiental, Universidad de Guadalajara].
- Curiel Ballesteros, A. y Garibay Chávez, M. G. (2008). *Contaminantes atmosféricos en la zona metropolitana de Guadalajara de impacto en la salud ambiental*. Universidad de Guadalajara
- Curiel Ballesteros, A. y Garibay Chávez, M. G. (2008). *Contaminantes atmosféricos en la zona metropolitana de Guadalajara de impacto en la salud ambiental*. Universidad de Guadalajara
- Curiel Ballesteros Arturo. (1997). Evaluación de riesgo a desastres. (Pp. 43-63). En Garibay Chávez, María Guadalupe. (Compiladora). *La Salud Ambiental Retos y Perspectivas hacia el siglo XXI*. Universidad de Guadalajara.
- Curiel Ballesteros, A. y Garibay Chávez, M.G. (2009). Comportamiento humano y cambio climático. (Capitulo Jalisco). Urbina Soria, J. (Coordinador responsable del proyecto general) Proyecto de

Investigación Comportamiento humano y cambio climático.
Universidad Autónoma de México.

- Curiel Ballesteros, A., M.G. Garibay-Chávez, V. Davydova-Belitskaya, M.L. García- Bátiz, A. Sánchez Bernal y A.L. Romero Salcedo. (2006). Control conjunto de las emisiones locales y globales en la zona metropolitana de Guadalajara. Plan de acción local para mejorar la calidad del aire en la zona metropolitana de Guadalajara. Informe. Universidad de Guadalajara.
- Curiel Ballesteros, A., Garibay Chávez, M.G., Hernández Trujillo, V. (2007). Partículas suspendidas en el aire de Guadalajara. *Ciencia* 58 (1):40-50
- Curiel Ballesteros, A., Garibay Chávez, M.G., Ramos de Robles, S.L., Ramírez Ojeda G., Amaya Acuña, F.G., Ruíz Corral, J.A. (2015). *El Clima cambiante. Conocimientos para la adaptación en Jalisco*. Instituto de Medio Ambiente y Comunidades Humanas, Universidad de Guadalajara.
- Curiel Balzarette, C. (2018). Indicadores de salud ambiental desde un entorno saludable para la prevención de muertes prematuras en el área metropolitana de Guadalajara. [Tesis de Maestría en Ciencias de la Salud Ambiental, Universidad de Guadalajara].
- De la Cabaña Ruíz, K. (2012). *Dispersión urbana e impacto al bienestar de la población en el sur poniente de la zona metropolitana de Guadalajara*. [Tesis de Maestría en Ciencias de la Salud Ambiental, Universidad de Guadalajara].
- Díaz Vásquez, J. (2012). *Servicios ecosistémicos culturales y de regulación en el parque Bosque Colomos para el bienestar social*. [Tesis de Maestría en Ciencias de la Salud Ambiental, Universidad de Guadalajara].
- Estrella, L.E. (2017). *Variabilidad climática y extremos de temperatura: efectos en la mortalidad por enfermedades del sistema circulatorio, Guadalajara, Jalisco 2000-2014*. [Tesis de Maestría en Ciencias de la Salud Ambiental, Universidad de Guadalajara].
- Ewin, R., Pendall, R. y Chen, D. (2003). *Measuring sprawl and its impact*. Smarth Growth America.

- Foskett, E.W. (1999). Historical development of environmental health in the United Kingdom (Pp. 24-59). W.H. Basset (ed). *Clay´s handbook of environmental health*. E&FN Spon.
- Gallegos Sánchez, G. (2013). *Diagnóstico de salud de la especie Fresno (Fraxinus uhdei) en zonas críticas por contaminación atmosférica en la zona metropolitana de Guadalajara, Jalisco*. [Tesis de Maestría en Ciencias de la Salud Ambiental, Universidad de Guadalajara].
- Garibay-Chávez, M.G., Curiel-Ballesteros, A. (2021). Demands to the health sector front the manifestations of climate change in Jalisco. *Revista Bio Ciencias* 8, e884.
- Garibay Chávez, M.G. (2017). *La salud ambiental en la Universidad de Guadalajara. Tres décadas desde lo local con perspectiva global*. Guadalajara. Universidad de Guadalajara.
- Garibay Chávez, M.G. y Curiel Ballesteros, A. (2014). Riesgos ambientales y vulnerabilidad a desastres en Jalisco. (Pp. 375-389). En Solís Gadea, R. y Planter Pérez, K. A (Coords.). *Jalisco en el mundo contemporáneo. Aportaciones para una enciclopedia de la época*. Universidad de Guadalajara y Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología.
- Garibay Chávez, M.G. y Curiel Ballesteros, A. (2015). Vulnerabilidad de los asentamientos humanos urbanos de Jalisco. En Curiel, A. (Dir.). *El Clima Cambiante, conocimientos para la adaptación en Jalisco*. Universidad de Guadalajara. pp. 61-77.
- Garibay Chávez, M.G. y García Bátiz, M.L. (2009). Comunicación de riesgos: análisis de la gestión gubernamental. El caso de Miravalle en la zona metropolitana de Guadalajara (Pp. 129-158). En Garibay Chávez, M.G. (Coord.). *Aire y Salud*. Universidad de Guadalajara
- Garibay Chávez, M.G., Curiel Ballesteros, A., Davydova Belitskaya, V., Medina Orozco, M.G., Ramos de Robles, S.L., Regalado Santillán, J. (2015). *Salud Ambiental en la zona metropolitana de Guadalajara. Imaginando futuros diferentes*. Universidad de Guadalajara.
- Garibay Chávez, M.G., Curiel Ballesteros, A., Medina Orozco, M.G. y Hernández Pérez, G. (2007). *Diez años de investigación en salud*

ambiental desde la Universidad de Guadalajara. Universidad de Guadalajara

Gobierno de Jalisco. (2013). Plan Estatal de Desarrollo Jalisco 2013 – 2033; Un plan de todos para un futuro compartido. Secretaría de Planeación y Participación Ciudadana.

Gordis, L. (2015). *Epidemiología*. Quinta edición. Elsevier Saunders

Haro Castillo, B.E. (2013). *Morbilidad y mortalidad por dengue, asociada a eventos de lluvias intensas e inundaciones en la zona metropolitana de Guadalajara*. [Tesis de Maestría en Ciencias de la Salud Ambiental, Universidad de Guadalajara].

Hernández Pérez, G., García Bátiz, M.L., Garibay Chávez, M.G., Orozco Medina, M.G. y García Velasco, J. (2009). *Factores sociales que influyen en la percepción del riesgo por la contaminación del aire en la zona de Miravalle*. (Pp. 81-105). En Garibay Chávez, M.G. (Coord.). *Aire y Salud*. Universidad de Guadalajara

Herrera Torres, V. (2009). *Contaminación atmosférica y cáncer de pulmón en la zona metropolitana de Guadalajara, Jalisco*. [Tesis de Maestría en Ciencias de la Salud Ambiental, Universidad de Guadalajara].

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2012). Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation. A special report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. <https://www.ipcc.ch/report/managing-the-risks-of-extreme-events-and-disastersto-advance-climate-change-adaptation/>

Limón Aguirre, C.I. (2013). *Exposición infantil a Manganeso en la zona metropolitana de Guadalajara*. [Tesis de Maestría en Ciencias de la Salud Ambiental, Universidad de Guadalajara].

Medina Covarrubias, J.A. (2010). *Estrategia educativa ambiental para reducir exposición y vulnerabilidad por contaminación del aire. Unidad habitacional José Clemente Orozco. Miravalle*. [Tesis de Maestría en Ciencias de la Salud Ambiental, Universidad de Guadalajara].

Moreno-Ceja, F., Zumaya-Leal, R., y Curiel Ballesteros, A. (2015). El transporte

motorizado como presión al bienestar en ciudades en expansión.
Rev. Salud pública, 17 (2): 242-253.

Moreno Sánchez, A.R. (1997). Trabajos pioneros. En Garibay, G. (Comp.). *La Salud Ambiental. Retos y Perspectivas hacia el siglo XXI.* (pp. 13-29). Universidad de Guadalajara.

Naciones Unidas (2002). Informe de la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible, Johannesburgo, Sudáfrica, 26 de agosto a 4 de septiembre de 2002 (Publicación de las Naciones Unidas, N° de venta S.03.II.A.1 y corrección), cap. I, resolución 2, anexo.
<https://undocs.org/pdf?symbol=es/A/CONF.199/20>

Naciones Unidas (1972, 16 de junio). Declaración de Estocolmo sobre el medio ambiente humano. Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano. Estocolmo, Suecia.
<http://ordenjuridico.gob.mx>.

Naciones Unidas. (2005, 18-22 de enero). Informe de la Conferencia Mundial sobre la Reducción de los Desastres. Kobe, Hyogo, Japón.
https://www.unisdr.org/files/1037_finalreportwcdspanish1.pdf

Naciones Unidas. (2005, 18-22 de enero). Examen de la Estrategia y Plan de Acción de Yokohama para un mundo más seguro. Conferencia Mundial sobre la Reducción de los Desastres Kobe, Hyogo, Japón.
<https://www.unisdr.org/2005/wcdr/intergover/official-doc/L-docs/Yokohama-Strategy-Spanish.pdf>

Naciones Unidas. (1994). Decenio Internacional para la Reducción de los Desastres Naturales Estrategia y Plan de Acción de Yokohama para un Mundo más Seguro. Naciones Unidas.

Orozco Medina, M.G. (2007). La contaminación ambiental, un campo interdisciplinar de la salud ambiental. Eventos, casos, análisis y discusión. En Garibay Chávez, M.G., Curiel Ballesteros, A., Medina Orozco, M.G. y Hernández Pérez, G. (2007). *Diez años de investigación en salud ambiental desde la Universidad de Guadalajara.* Universidad de Guadalajara.

Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2003). *Identificación y evaluación de riesgos en una comunidad local.* Guía Técnica No.12. Editorial PNUMA/UDG. Edición en español.

- Padilla Parra, G. (2009). *Comunicación de riesgos por contaminación de aire en Miravalle, zona metropolitana de Guadalajara desde una actuación gubernamental*. [Tesis de Maestría en Ciencias de la Salud Ambiental, Universidad de Guadalajara].
- Parada Gallardo, T. (2012). *Variabilidad climática y Mortalidad por enfermedades respiratorias y cardiovasculares: en la Zona Metropolitana de Guadalajara 1996-2009*. [Tesis de Maestría en Ciencias de la Salud Ambiental, Universidad de Guadalajara].
- Payan-Rentería, R., Garibay-Chávez, G. Ascencio, R., Preciado-Martínez, V. Muñoz-Islas, L., Beltrán-Miranda, C., Mena-Munguía, S. Javé-Suárez, L., Feria-Velasco, A. & De Celis, R. (2012). Effect of chronic pesticide exposure in farm workers of a Mexico Community. *Archives of Environmental & Occupational Health*, 67 (1):22-30 <https://doi.org/grcw>
- Pinal Gómez, G. y Curiel Ballesteros, A. (2009). Indicadores de salud ambiental en materia de calidad del aire para la zona metropolitana de Guadalajara. (Pp. 21-42). En Garibay Chávez, M.G. (Coord.). *Aire y Salud*. Universidad de Guadalajara
- Preciado Caballero, N. (2010). *Estudio comparativo de niveles de atención en niños expuestos a ruido ambiental en tres planteles educativos de la ciudad de Guadalajara, 2009*. [Tesis de Maestría en Ciencias de la Salud Ambiental, Universidad de Guadalajara].
- Richardson, J.R. y Miller, G.W. (2016). Toxicology. In Frumkin, H. (Ed.). *Environmental health: from global to local*. (Third edition. Pp.49-78). Jossey-Bass.
- Rivera Valerio, A.A. (2013). *Riesgo por accidentes vehiculares en jóvenes conductores de 16 a 24 años de la zona metropolitana de Guadalajara:2000-2013*. [Tesis de Maestría en Ciencias de la Salud Ambiental, Universidad de Guadalajara].
- Rojas, M. (2011). Más allá del ingreso: progreso y bienestar subjetivo. En Rojas M., (Coord.). *La medición del progreso y el bienestar. Propuestas desde América Latina*. Foro Consultivo Científico y Tecnológico AC.
- Rosas Ramírez, A. (2003). *Evaluación del proceso de tratamiento de aguas residuales y los riesgos a la salud en la comunidad universitaria del*

- CUCBA. [Tesis de Maestría en Ciencias de la Salud Ambiental, Universidad de Guadalajara].
- Ruíz Montero, A.P. (2006). *Evaluación de la percepción del riesgo en la zona petrolera norte del estado de Chiapas*. [Tesis de Maestría en Ciencias de la Salud Ambiental, Universidad de Guadalajara].
- Salishev, K.A. (1990). Fundamentos de cartografía. Universidad de Moscú.
- Secretaría de Salubridad y Asistencia. Dirección de efectos al ambiente en la salud; ECO; OPS. s.f. Evaluación de la calidad del aire y riesgos para la salud por la contaminación atmosférica en el valle de México (Pp.1-7).
- Steenland, K. and Moe, C.L. (2016). Environmental and Occupational Epidemiology. In Frumkin, H. (Ed.). Environmental health: from global to local. Jossey-Bass, (Third edition. Pp.79-108)
- Stone, B., J. Hess, J. and Frumkin, H. (2010). Urban Form and Extreme Heat Events: Are sprawling Cities more vulnerable to Climate Change Than Compact Cities?. *Environmental Health Perspectives*, 118 (10): 1425-1428.
- United Nations. (1992). *Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo*. <https://www.un.org/spanish/esa/sustdev/documents/declaracionrio.htm>
- United Nations. (1992b). *Programa 21*. United Nations. <https://www.un.org/spanish/esa/sustdev/agenda21/index.htm>
- United Nations, Departamento de Asuntos Humanitarios. (1992). Glosario Multilingüe de términos convenidos internacionalmente relativos a la Gestión de Desastres. IDNDR 1990-2000. Recuperado el 15 de octubre de 2012. <https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/004DFD3E15B69A67C1256C4C006225C2-dha-glossary-1992.pdf>
- United Nations Development Programme. (2010). Disaster Risk Assessment. Recuperado 13 de octubre <https://www.undp.org/content/dam/undp/library/crisis%20prevention/disaster/2Disaster%20Risk%20Reduction%20-%20Risk%20Assessment.pdf>

- United Nations Environment Programme [UNEP]. (2021). Climate Change (On line). <https://www.unep.org/explore-topics/climate-change>
- United Nations Office for Disaster Risk Reduction. Milestone in the History of Disaster Risk Reduction. S.f. Recuperado el 16 de octubre de 2021. <https://www.undrr.org/about-undrr/history#idndr>
- Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y de los Recursos Naturales. (2001). Biodiversidad en el Desarrollo. Enfoque Estratégico para integrar la biodiversidad en la Cooperación para el Desarrollo. UICN
- United Nations Environment Programme. (1998). Handbook on Methods for Climate Change Impact Assessment and Adaptation Strategies. UNEP y Vrije Universiteit Amsterdam.
- United Nations Environment Programme Industry and Environment. (1992). Hazard Identification and Evaluation in a Local Community. APELL UNEP (Technical Report, No.12)
- Villafán Flores, N. I. (2013). *Amenaza de sequía y exceso de humedad para la producción de maíz blanco de temporal en el contexto del cambio climático en Jalisco. Implicaciones para la seguridad alimentaria* [Tesis de Maestría en Ciencias de la Salud Ambiental, Universidad de Guadalajara].
- Wilcox, B. & Jessop, H. (2016). Ecology and environmental health. In Frumkin, H. (Ed.). *Environmental health: from global to local*. (Third edition, Pp.3-47). Jossey-Bass
- World Health Organization Regional Office for Europe (2005). *Ecosystems and human well-being. Health synthesis. A report of the Millennium Ecosystem Assessment*. Corvalan, C., Hales, S., & McMichael, A. (Core writing team).
- World Health Organization-cbd Secretariat of the Convention on Biological Diversity (2015). *Connecting global priorities: biodiversity and human health: a state of knowledge review*. World Health Organization.
- World Resources Institute (2003). *Ecosistemas y bienestar humano: Marco para la evaluación*. Informe del Grupo de Trabajo sobre Marco Conceptual de la Evaluación de Ecosistemas del Milenio. WRI. (Traducción de Fernando Javier Wittig González).

Epidemiología socioambiental

Felipe de Jesús Lozano Kasten

Georgina Vega Fregoso

René Croker Sagastume

Humberto González

Introducción

La salud ambiental, es una disciplina con cronología relativamente reciente, que evoluciona a la par de los fenómenos que ocurren en el mundo y que afectan la salud y el bienestar de los humanos y de los ecosistemas. El modelo agroindustrial y extractivo actual utiliza tecnologías que le permite producir más y ganar más. Este modelo llamado de “progreso” produce desigualdad, injusticia ambiental, pobreza y exclusión social. Para estudiar la relación entre salud y ambiente se demanda lo que Kuhn (1981) llama un cambio de paradigma que permita comprender integralmente los problemas ambientales, económicos y sociales y plantear alternativas eficaces de solución a los mismos. La ciencia, de acuerdo a este mismo autor, no es estrictamente acumulativa y los cambios en la naturaleza y la sociedad llevan a plantear nuevas preguntas y a buscar nuevos

derroteros para contestarlas. Las antiguas preguntas y respuestas pueden dejar de ser importantes y hasta pueden volverse ininteligibles. El nuevo paradigma plantea una perspectiva capaz de dialogar con diversos saberes disciplinarios y con los saberes no académicos que tienen perspectivas holísticas. Este paradigma transdisciplinario aspira, por una parte, a una comprensión compleja de los problemas que enfrentamos; por otra, a hacer de la aplicación del conocimiento y de incidencia del mismo en la sociedad una forma de investigación que permite verificar los alcances y la validez de los conocimientos.

Este capítulo integra diversos acercamientos a una epidemiología que integre el ambiente y la sociedad. En la primera parte, se presenta el contexto teórico de la epidemiología socioambiental. En la segunda, se profundiza sobre las relaciones socioambientales en la atención de la salud y la enfermedad. En la tercera, el estudio sobre la epidemiología se realiza a partir de una perspectiva intercultural en los espacios de educación escolar; además, presenta el aporte de la agroecología a la integración entre salud y alimentación, desde una perspectiva que busca la soberanía alimentaria. Finalmente, la cuarta parte nos presenta un ejemplo específico de una propuesta de investigación que busca disminuir los daños físicos y neurológicos de la infancia a partir de una reconfiguración agroecológica, alimentaria y de salud.

I. El contexto y desarrollo teórico de la epidemiología socioambiental.

La utilización del enfoque epidemiológico socioambiental en salud surgió en las últimas décadas del siglo XX y principios del XXI (América Latina y el Caribe) como consecuencia de la confluencia de varias corrientes de pensamiento en el ámbito sistémico-ambiental y de salud (Forget y Lebel 2001; Waltner-Toews y Kay 2005; Charron

2012; Fleury, S., 2007; Laurel, A.C., 2005). Este enfoque epidemiológico aborda los determinantes sociales y ambientales de salud a través de un marco conceptual y metodológico basado en la teoría de la complejidad y fundamentado en el pensamiento complejo y sistémico, implicando la obtención de un equilibrio entre factibilidad e inclusividad, la transdisciplinariedad. El proceso en el que se fundamenta está basado en etapas conceptualmente consecutivas que pueden traslaparse en el tiempo; en el diseño de la investigación de forma participativa, identificando en otros elementos los sectores involucrados y disciplinas necesarias; una segunda etapa en la que se desarrolla conocimiento que representa el modo activo de fase de descubrimiento; una tercera etapa en la que se desarrollan, prueban, implementan y modifican según sea necesario las estrategias de intervención en base a los conocimientos y datos obtenidos en la fase anterior y la propia experiencia de implementación; una cuarta etapa en la que se realiza una sistematización del conocimiento generado. (Charron, 2012)

El desarrollo teórico y el contexto de la epidemiología socioambiental

La socioepidemiología aborda el estudio de la salud humana en el ambiente donde se vive; las exposiciones, la vulnerabilidad, amenaza o eventos, y sus efectos negativos y positivos en la salud humana, pero no solo estudia los fenómenos de salud en esa dirección o trayectoria, estudia también, a través del abordaje de las relaciones complejas que el mismo hombre por sus procesos sociales, económicos y políticos genera vulnerando o amenazando al ambiente, ya sea por la explotación de sus recursos, renovables o no, o bien por los pequeños o grandes asentamientos humanos de diversos tipos. Supone así la consideración de elementos que intervienen en este proceso de ida y vuelta entre al ambiente y el

humano, el humano y el ambiente, en una relación que crea constantemente peligros, riesgos, efectos mutuos en un espiral o bucle complejo de sus partes o factores constitutivos, interrelaciones, sus interacciones y efectos mutuos.

El abordaje desde la epidemiología socioambiental supone concebir el estudio de los efectos de la salud y el medio ambiente como un sistema complejo, desde un marco conceptual que se fundamenta sobre bases epistemológicas, sobre el trabajo interdisciplinario, en escenarios donde las características de la salud humana y del ambiente no están dadas con características estables, lineales y sean accesibles a una disciplina, convirtiendo el objeto de estudio en un estudio neutro para otras disciplinas. Ninguna explicación unidisciplinar sobre la salud puede ser aceptable si las constataciones empíricas de otras disciplinas las refutan, si las *observaciones y los hechos* que se intentan interpretar sobre la salud humana no concuerdan con *las observaciones y hechos* para todos los individuos y común a todas las disciplinas. Por tanto, la observación como punto de partida se da en todos individuos y en todas las disciplinas, se deja de lado la observación y los hechos desde el método inductivo, que sustenta que la ciencia procede, a partir de hechos particulares, por generalizaciones que conducen a las leyes y las teorías. Lo anterior ha tenido una influencia durante la primera mitad del siglo XX, bajo un pensamiento científico no habituados a la reflexión epistemológica.

El contexto de la epidemiología socioambiental

Contextualmente nos encontramos ante un nuevo escenario como humanidad, como comunidad internacional de salud pública y también como planeta, M. Acuña (Acuña, 2021) refiere que éste es un momento crítico en el que debemos abrir nuestra mente y pensar de manera científica, pero al mismo tiempo humanista, a fin de identificar aquellos elementos esenciales del actual escenario

que nos permitan tener una visión prospectiva y constructiva del futuro de nuestra especie y de cómo podemos seguir adelante. Este escenario plantea una serie de elementos contextuales de la crisis: socioambientales, económicos, políticos, culturales y educativos. Hasta hace algunas décadas, sin ir más lejos en la década de los setenta, existía un gran optimismo respecto de nuestra capacidad como especie de derrotar a los agentes causales de enfermedad, y que gracias al uso de agua potable, la cloración del agua, los antibióticos y las vacunas, nosotros como especie íbamos a poder reducir la carga enfermedad hasta niveles muy bajos, de manera tal que podríamos pensar por ejemplo en cómo lograr la inmortalidad, porque la enfermedad ya no iba a ser un problema, dada nuestra creciente capacidad de curar, radicada en el personal de salud y particularmente en los médicos, las enfermeras, los odontólogos, los prescriptores en general y los científicos de la salud pública. Esta creciente capacidad de curar se potenció con un espectacular desarrollo de la capacidad de diagnosticar, con la automatización y producción en serie de reactivos de laboratorio clínico a partir de la década de 1960, el desarrollo del ultrasonido y del tomógrafo en la década de 1970 y la resonancia magnética en 1981. Como consecuencia de esto, los sistemas de salud se enfocaron crecientemente en modelos de atención predominantemente curativos, centrados en los órganos, organizados en torno a los hospitales, orientados hacia la hiperespecialización y enamorados de la tecnología y de las posibilidades que ofrecía el mercado. Entonces, como especie, nos volvimos arrogantes. Se diría que siempre hemos sido un poco arrogantes, pero en salud nos volvimos extremadamente arrogantes y nuestra arrogancia creció hacia finales del siglo xx.

Con estos nuevos logros de la tecnología en salud, que ya no eran sólo logros de la salud pública, de la salud ambiental y de los

investigadores de laboratorio, sino que eran logros de la ingeniería biomédica, nos concentramos tanto en mirar órganos, que perdimos la capacidad de visualizar a las personas y el proceso de salud-enfermedad en toda su complejidad. Y nuestro abordaje del fenómeno salud-enfermedad se redujo a la visión mecanicista de arreglar órganos mediante técnicas quirúrgicas y otras tecnologías sanitarias, cada vez más enamorados de las estrategias diagnósticas y terapéuticas que habíamos desarrollado a partir del siglo xviii y sobre todo en el xx.

En el proceso de enamorarnos del dinero y de la tecnología como elementos centrales del progreso y como fuente de la felicidad, millones de seres humanos perdieron de vista lo que realmente importaba. Quisieron creer que los recursos naturales eran infinitos, con una infinita capacidad de renovarse, de absorber nuestros desechos y de regenerarse. Y se impuso en el mundo un modelo de desarrollo excluyente, inequitativo y sin ningún respeto por las otras especies que habitan este planeta. Las consecuencias de esto han sido devastadoras. El cambio climático, ha dejado a millones de personas afectadas por sequías y huracanes de creciente potencial catastrófico. La contaminación del aire ha multiplicado el riesgo de sufrir enfermedades respiratorias agudas y crónicas, las altas temperaturas han favorecido la proliferación de vectores en territorios donde antes no se desarrollaban, y el uso poco racional e intensivo de insecticidas y medicamentos antimicrobianos ha generado un fenómeno de resistencia que tiene el potencial de causar la muerte de 10 millones de seres humanos para el año 2050.

Este modelo de desarrollo económico de crecimiento irrestricto nos ha pasado la factura a nivel mundial y ha generado un escenario complejo, con nuevos desafíos para la salud pública donde se mezclan una epidemia de enfermedades crónicas no transmisibles

como la hipertensión arterial, diabetes, obesidad, adicciones, hábitos que los individuos no pueden dejar, junto con enfermedades transmisibles, emergentes y emergentes y problemas de salud mental, con una incidencia creciente de depresión y de suicidio. El suicidio se ha convertido, por ejemplo, en la principal causa de muerte en el grupo de 29 a 59 años en muchísimos países del mundo. El fenómeno de la resistencia antimicrobiana ha creado súper gérmenes y nos ha dejado sin herramientas terapéuticas valiosas frente a infecciones que antes podíamos controlar. Y a esto se agrega el envejecimiento poblacional con mala calidad de vida. La promesa de la Revolución Industrial, o de la Revolución Verde generada por este modelo de desarrollo intensivo en tecnología que se instaló en el mundo en el siglo XX, era que si lográbamos derrotar las enfermedades infecciosas, si lográbamos eliminar aquellas especies que nos molestaban o que nos provocaban enfermedades o plagas, o que interrumpían el comercio y la producción agrícola, si lográbamos competir y ganarle a otros seres humanos y a otras especies por el dominio de la tierra y la extracción de recursos naturales, y si lográbamos sobre todo acumular dinero, acumular capital, entonces íbamos a ser felices. Esa era la promesa. Para la gran mayoría de las personas, esta promesa no se ha cumplido. Y lo que tenemos ahora en términos sanitarios es un nuevo panorama global en el cual no solo no hemos logrado derrotar a las enfermedades transmisibles, sino que se nos ha instalado la cronicidad, tanto de enfermedades no transmisibles como de enfermedades transmisibles. Y tenemos además todos aquellos fenómenos que no logramos comprender muy bien todavía, que son los que tienen que ver con el suicidio, con las lesiones autoinfligidas y con esta espiral de violencia a la cual los seres humanos parecemos estar una y otra vez inducidos por nuestros mismos hábitos. Esto plantea la necesidad de volcar nuestra atención ya no en las enfermedades crónicas, que era lo que estábamos haciendo, sino sobre sus factores de riesgo. Y

cuando uno empieza a mirar cuáles son los factores de riesgo del panorama global que tenemos en este momento, nos encontramos de manera directa con la determinación social y ambiental de la salud.

Un ejemplo, si consideramos la generación de eventos de salud de potencial pandémico como el que estamos viviendo ahora, el origen de las pandemias más recientes en el mundo (ébola, sars, mers y Covid-19) es zoonótico, inducido por la deforestación y cambios en el uso del suelo; por el comercio ilegal o poco regulado de vida silvestre; por la agricultura y ganadería intensivas sin respeto al medio ambiente; por la resistencia antimicrobiana debido al uso indiscriminado de insecticidas y de antibióticos, no sólo para curar o tratar enfermedades de la especie humana, sino también para engordar el ganado, las aves y los peces en la industria alimenticia; y finalmente, por el cambio climático, que tiene que ver con este modelo extractivo en el cual hemos instalado la codicia del ser humano por sobre las necesidades del planeta en su conjunto.

Todo esto nos lleva a la siguiente pregunta: ¿para qué tratar a la población y devolverla luego a las condiciones de vida que la enferman? ¿No sería más inteligente abordar esas condiciones de vida? ¿No sería más inteligente y estratégico entender que tenemos que abordar no sólo los factores de riesgo, sino también sus determinantes socioambientales, y que los determinantes son a su vez generados por el modelo socioeconómico que hemos creado y que es el que está detrás de toda esta crisis? La ola más grande es la del cambio climático, la contaminación del suelo, del agua y del aire en niveles que no habíamos visto nunca. El incremento de la temperatura ambiental por sobre 1.5 grados, cuando ya sabemos que, si la temperatura sube más de dos grados centígrados, entonces vamos a estar en peligro no sólo de extinguir a los demás, sino de extinguirnos nosotros mismos como especie. Este es el

escenario actual, esto es lo que le estamos heredando a las generaciones futuras. Esto es lo que van a tener que enfrentar desde el punto de vista de la formulación de políticas sociales, económicas, educativas, sanitarias, de investigación las nuevas generaciones. Este es el planeta que estamos dejando. Esto es lo que nos puede extinguir como especie, no sin antes haber extinguido a la mayor parte de las otras especies que viven en este planeta. Por tanto, es necesario y urgente que restablezcamos el equilibrio. El equilibrio entre nosotros como seres humanos y el equilibrio con las otras especies animales y vegetales, con todos los seres vivos que pueblan el planeta.

La evolución de la salud ambiental debe abordar la compleja interacción de los factores que configuran la relación salud-enfermedad, dentro de los cuales nuestros servicios de salud llenos de tecnología sólo dan cuenta de menos del 10% del devenir de la salud de la población. El abordaje de estos factores es la puerta de entrada estratégica para una recuperación resiliente de la pandemia que enfrentemos hoy en día y de las que van a venir, y para enfrentar la epidemia de enfermedades no transmisibles más allá de las prescripciones de medicamentos, ejercicio físico, alimentación saludable y manejo del estrés, que son valiosas pero insuficientes si no logramos cambiar el entorno en el que viven las personas.

Esta puerta de entrada estratégica debe necesariamente orientarse a partir de un enfoque ecosistémico, de carácter multidisciplinario y transdisciplinario sobre la base de los principios de equidad de género, participación social, o comunitaria, ya no sólo confinados al modelo biologicista y tecnologizado bajo el paradigma de curar la enfermedad, sobre todo teniendo en consideración nuestra creciente incapacidad de curarla. Este análisis nos lleva a plantear

que todas las intervenciones que hagamos de aquí en adelante deben considerar esta crisis que estamos viviendo.

En este marco, la salud de todos los seres vivos debe ser concebida como una respuesta social organizada en todos los ámbitos del quehacer humano, no sólo en los sistemas de salud, sino también de los ecosistemas donde vivimos. Quizá ya sea tiempo que el método científico positivista basado en la idea de la verdad universal a través de la *mathesis* o “comparación de las cosas con el mundo” deba dar paso a una propuesta metódica que considere las verdades particulares y diversas, ya que la salud ocurriría en la medida en que el organismo social y el cuerpo humano conserven su capacidad de instituir nuevas normas (Granda, 2009).

La necesidad de conectar el estudio de la salud de las personas con los determinantes sociales y ambientales, y la salud de los ecosistemas, demanda una metodología que reconozca la importancia de articular los diversos sistemas de pensamiento en proyectos de investigación-acción que accedan a transformar realidades cada vez más complejas e inciertas. Las líneas anteriores nos hacen pensar en interacciones múltiples, entre ambiente -ser humano -sociedad- salud humana y traspasar la disyunción en el saber para conocerlas en su complejidad, nos lleva al *pensamiento complejo*, como parte del paradigma sistémico, aproximar los presupuestos de base implicados en el conocimiento de la ciencia clásica, de la epidemiología clásica en el que se destacan las nociones de simpleza y certidumbre donde la explicación del todo por las partes que lo constituyen es, en términos de causalidad, riego o efectos, aislada de su entorno, separable del observador y de sus percepciones, premisas o creencias, sustenta que la certidumbre lleva a un mundo “real y objetivo” constituido por *objetos* independientes de las personas o sujetos que los experimentan,

donde tiene que ser posible decir cosas que son objetiva, absoluta e intencionalmente verdaderas o falsas (Wainstein, 1994).

La investigación transdisciplinaria y la participación social son considerados por la epidemiología socioambiental como principios del proceso que los investigadores deben tomar en cuenta al momento de diseñar e implementar sus proyectos de investigación-acción, esperando resultados medidos en la sostenibilidad ambiental, la equidad social, y el conocimiento para la acción se centran en los objetivos y los resultados propios de la investigación. Este proceso llevado a cabo en forma sistémica, transdisciplinaria y participativa, arrojará mayores posibilidades de obtener resultados con equidad, sostenibles y en los que la evidencia sea utilizada para la acción. El abordaje de la salud desde la complejidad obliga a *componer otro paisaje conceptual*, que nos permita pensar a la salud-enfermedad no como un *desperfecto mecánico*, sino como una problemática del vivir humano como *sujetos entramados*, donde la salud puede pensarse en referencia al itinerario que la misma vida fija, a los valores que el ser humano construye, a las prácticas culturales que le dan sentido. Por lo tanto, la exigencia de una explicación compleja nos encuentra con la búsqueda del método, crucial para el pensamiento complejo, por cuanto, *la razón, el hombre, la historia, la sociedad*, pensadas unilateral y excluyentemente hasta ahora, requieren ser pensados de otra manera. Se requiere una reorganización de la estructura misma del saber, nos *demand*a por una lado a concebir al ser humano como un concepto trinitario: individuo/ especie/ sociedad y, por otro, a rearticular individuo y sociedad, así como efectuar la articulación entre la esfera biológica y la esfera antro-po-social y articular una y otra a la esfera física. Articulaciones, de implicación mutua, en una relación *circ*ular. Circularidad que es un *circ*uito que forma *bucle*, a partir de la cual se abre la posibilidad de un método, que al hacer interactuar los términos, que se remiten unos a otros, generaría, a través de estos procesos y cambios, un conocimiento

complejo que comporte su propia reflexividad (Morin, 1977). Complejidad que se expresa en el avance hacia la comprensión de los objetos del mundo como sistemas de unidad global organizada, de interrelaciones entre elementos, acciones o individuos o entidades complejas e irreductibles (Morin, 1977).

II. Las Relaciones socioambientales en el proceso salud-enfermedad-atención

La Salud Ambiental como rama de la Salud Pública se ocupa de generar dispositivos teóricos y prácticos, para prevenir y proteger, de la contaminación y de sus efectos negativos, tanto a los seres humanos como a los ecosistemas de los que depende la vida (Frumkin, 2010). En este trabajo, comprendemos que el Medio Ambiente es un complejo entramado de factores físicos, químicos, biológicos y factores no genéticos o socio culturales como la nutrición, las dinámicas económicas y la expansión urbana, es decir, existe una *totalidad ambiental* que incluye a la sociedad y a la naturaleza. Las ciencias de la salud, las ciencias ambientales y las ciencias sociales constituyen campos disciplinares que producen conocimientos específicos, conceptos y métodos de acción para conocer la realidad, que se vuelven más potentes, cuando los profesionales abordan la comprensión de los fenómenos, desde una perspectiva de complejidad y transdisciplinaria.

En América Latina en la década de 1970 hubo un movimiento importante que cuestionó los cimientos de los conocimientos y prácticas que se habían venido dando en el campo de la salud y la epidemiología. En México este cuestionamiento llevó a establecer una corriente que se conoce como Medicina Social, mientras que en Brasil se ubicó como Salud Colectiva (Iriart, Waitzkin, Breilh, Estrada, & Merhy, 2002).

A nivel institucional la confirmación del reconocimiento de la relación entre salud y medio ambiente en nuestro País se traduce en la creación en 1972 de la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente dependiente de la entonces Secretaría de Salubridad y Asistencia (SSA), instancia que oficialmente implementaba las acciones de Salud Ambiental, orientadas a prevenir y controlar la contaminación ambiental además de coordinar la provisión de servicios de saneamiento básico a la población rural (Alatorre, Ramirez, Luz, Rosales & Victoria, 2017). Pero pese a los esfuerzos, la temática de salud ambiental se desdibujó durante toda la década de 1980 y es hasta mediados de 1990 cuando resurge, producto de una serie de eventos catastróficos, entre los que destacan las explosiones del 22 de abril de 1992 en Guadalajara; suceso clave para la conformación de la Maestría en Ciencias de la Salud Ambiental.

Desde entonces, los estudios sobre sociedad y naturaleza en las últimas décadas se han desplazado hacia una visión ecosistémica que estudia los impactos del desarrollo urbano industrial en la salud humana considerando los niveles diferenciales de acceso a bienes, servicios y equipamientos básicos que gozan o carecen los grupos sociales tanto en áreas rurales como urbanas (Breilh, 2010).

Si tuviéramos que organizar una genealogía de la concepción de la salud-enfermedad como proceso social colectivo, tendríamos que señalar que esto tiene una larga data; Emilio Durkheim en el estudio pionero *El Suicidio (1898)* fue de los primeros científicos en esbozar la relación de este hecho social con factores ambientales. En 1959 apareció la primera edición de *El Espejismo de la Salud*, donde René Dubos lanzó un cuestionamiento frontal sobre las causas del descenso de las enfermedades, exponiendo que las luchas sociales contra las desigualdades y las acciones preventivas son fundamentales para lograr la reducción de la mortalidad más allá de los avances en la teoría microbiana, las vacunas y los antibióticos.

Por el mismo tiempo Thomas McKeown iniciaba los estudios que habrían de convertirlo en un controvertido crítico del papel de la medicina pues con procedimientos tan relativamente sencillos como el de graficar la caída en el tiempo de las tasas de mortalidad por ciertas enfermedades infecciosas, McKeown pudo demostrar que, al menos en el caso de Inglaterra, la introducción de vacunas y antibióticos había ocurrido cuando la mortalidad ya venía en abierto descenso (Frenk, 1985). Una década antes, en los Estados Unidos, Aldo Leopold en el libro *A Sand County Almanac (1949)* ya había propuesto la necesidad de mantener la integralidad y belleza de los ecosistemas por su contribución al mantenimiento de la salud humana y al bienestar, planteando que la sociedad norteamericana debería dar un giro ético y establecer otro tipo de relación con la naturaleza.

Por su parte, Rachel Carson en *Silent Spring (1962)* documentó el impacto ambiental de los pesticidas en el ambiente natural y en ese mismo año Steven Polgar (1962) publicaba su artículo *Health and human behavior: Areas of interest common to the social and medical sciences* donde expuso que cada vez era más usual encontrar antropólogos y otros científicos sociales en entornos médicos o discutiendo aspectos de ciencia aplicados que explican el éxito y el fracaso de las intervenciones de los programas de salud pública. Mientras que el epidemiólogo ambiental John Cassel en el texto *The contribution of the social environment to host resistance* publicado en *American Journal of Epidemiology (1976)* explico como la ciencia epidemiológica se abría fortalecido estratégicamente al considerar la contribución del ambiente y las interacciones del organismo con estímulos o circunstancias sociales externas nocivas a la salud humana. En México, Asa Cristina Laurell en su texto pionero *La Salud-Enfermedad como proceso social*, se dispuso a demostrar que la enfermedad efectivamente, además de

su esencia biológica, tiene un carácter histórico y social, al plantear que “la mejor forma de comprobar empíricamente el carácter histórico de la enfermedad no está dada por el estudio de su apariencia en los individuos sino en cuanto al proceso que se da en la colectividad humana” (1980:2). De forma más reciente Mark Nitcher en su libro *Global Health: Why Cultural Perceptions, Social Representations, and Biopolitic Mettaer* (2008) enfatiza la necesidad de considerar un grupo de enfermedades presentes en determinados países como enfermedades de la pobreza y no como una casualidad geográfica; exhortando a los lectores a no naturalizar ciertas enfermedades sin antes cuestionar dimensiones sociales, económicas y políticas que favorecen su propagación. Finalmente, desde la antropología médica, Eduardo L. Menéndez en el libro *De sujetos, saberes y estructuras* (2011), dentro del Capítulo 2 sobre Estilos de vida, riesgo y construcción social, plantea una genealogía de convergencias y divergencias entre la perspectiva biomédica, la epidemiología clásica y las disciplinas sociales que complican, pero no hacen imposible, dice, el trabajo colaborativo (Menéndez, 2009).

Las epidemiologías: crítica, socio cultural y ambiental para estudios de caso

Una definición ortodoxa de epidemiología es que es la ciencia que estudia la distribución y determinantes de los estados de salud de las poblaciones, orientada al control de los problemas de salud a partir de estudiar eventos como causas de enfermedad, muerte, complicaciones en salud, mecanismos de curación y estrategias de protección.

La epidemiología cuando es descriptiva organiza e identifica la frecuencia y distribución de los eventos o estados de salud en la población – incidencia, prevalencia y mortalidad-, a partir de tres

variables: tiempo ¿Cuándo?, lugar ¿Dónde? y persona ¿Quién? La epidemiología analítica estudia los determinantes de estos problemas de salud a partir de comparar un grupo expuesto, con un grupo control, con el objetivo de establecer relaciones causales entre factores a los que se exponen personas y poblaciones y las enfermedades que presentan; se centra en identificar causas y efectos, el por qué y el cómo de una enfermedad.

Esta epidemiología clásica, sin embargo, está soportada en un empirismo cognitivo de lógica cartesiana y si bien, ha resultado de gran utilidad a la humanidad, hoy es insuficientes para explicar la complejidad de los impactos de las sustancias tóxicas generadas por las actividades antropogénicas en el medio ambiente y en la salud humana; porque el método utilizado por los epidemiólogos para demostrar la transmisibilidad y contagiosidad de los padecimientos, ha consistido en comparar de múltiples formas, la proporción de personas expuestas a ciertas circunstancias, con la proporción de enfermos no expuestos a ella (López-Moreno, Garrido-Latorre & Mauricio Hernández-Ávila, 2000).

Es decir, la epidemiología clásica deja fuera el hecho de que existen distintas formas de la determinación del proceso salud – enfermedad- atención como la clase social, el género, la pertenencia étnica, la ocupación, el lugar donde vives. Como una reacción a esta forma de hacer epidemiología surgió la epidemiología crítica que busco superar esta noción restrictiva; poniendo de manifiesto que la realidad es una totalidad que no puede ser reducida a factores y hábitos individuales; sino que implica una relación dialéctica entre procesos de producción, es decir cómo se piensa y concibe el medio ambiente – agua, suelo, aire, alimentos -, ¿cómo recursos? ¿cómo madre tierra? ¿cómo bien privado? ¿cómo bien público? En un contexto histórico específico y, cómo las personas reproducen prácticas de consumo, sometimiento y explotación del medio

ambiente relacionadas con el grupo social del que forman parte. De esta manera la epidemiología crítica retoma los elementos de la epidemiología clásica, pero agrega tres categorías que constituyen una propuesta teórico – metodológica que rompe con el paradigma dominante de la salud pública y contribuye a hacer una lectura problematizadora y en clave política de los resultados; las tres categorías analíticas son 1. Determinación social de la salud, 2. Reproducción social y 3. Metabolismo sociedad – naturaleza (Breilh, 2010).

La primera, plantea que, fenómenos como desigualdades sociales, pobreza, discriminación, inseguridad alimentaria, contaminación ambiental, trabajo precario atraviesan el proceso salud-enfermedad, donde la posición social del individuo hace que tenga niveles de marginación, vulnerabilidad y exposición diferenciales, en el pensamiento epidemiológico caracterizar la Determinación, es pugnar por hacer visibles las relaciones de poder y los intereses creados en torno al proceso de salud-enfermedad-atención, desvelando las dinámicas de acumulación de recursos económicos (Morales-Borrero, Borde, Eslava-Castañeda, & Concha-Sánchez, 2013).

La reproducción social implica comprender que las medidas de frecuencia y distribución como incidencia y prevalencia de enfermedades está en relación con la manera en que las estructuras e instituciones imponen estilos de vida que favorecen la persistencia de las desigualdades y, finalmente el metabolismo sociedad naturaleza muestra como los seres humanos usamos y transformamos materiales y energías – agua, aire, suelo de la naturaleza – a través de la agroindustria, industria farmacéutica o turística -, para volverlo emanaciones, residuos y desechos que se incorporan nuevamente al medio ambiente como xenobióticos.

Casi a la par que se cuestionan las bases de la epidemiología clásica y

surge, para complementarla la epidemiología crítica; se constituye también la epidemiología socio cultural alrededor de la década de 1980, esta corriente se fundó en la necesidad de ofrecer explicaciones sanitarias, desde las ciencias sociales, que abrieran nuevas perspectivas sobre el cerco impuesto por el modelo biomédico y la epidemiología clásica para explicar la aparición de enfermedades pues el proceso salud-enfermedad-atención opera en la mayoría de las sociedades actuales latinoamericanas, en un campo sociocultural heterogéneo, que implica la existencia de diferentes formas de desigualdad y estratificación social, las cuales suponen no sólo la presencia de relaciones de explotación económica, sino de hegemonía/subalternidad en términos ideológico-culturales. Esto opera a nivel de los sujetos, de las instituciones y de los conjuntos sociales (Menéndez, 1998: 73).

La epidemiología socio cultural va a considerar entonces que para comprender dónde, cómo y de que enferma y mueren las personas es necesario además de conocer el proceso biológico, recuperar y describir los procesos socio culturales de cada población; lo cual nos permitirá considerar además de las entidades nosológicas reconocidas en el paradigma de la medicina basada en evidencias identificar incluir y reconocer las enfermedades que carecen de equivalente en la nosología médica oficial como el susto, la tristeza, el empacho, el mal aire, entre otros padecimientos (Hersch, 2008).

La epidemiología sociocultural, propone identificar además de la dimensión biológica otras dimensiones inherentes a la salud – enfermedad como son los elementos simbólicos y subjetivos; busca que los epidemiólogos se nutran de saberes, representaciones, prácticas y recursos reconocidos como científicos, pero también de saberes y recursos de las comunidades locales además de preocuparse por indagar cómo opera el pluralismo médico en patologías de importancia colectiva (Haro, 2013).

Tanto para la epidemiología crítica como para la epidemiología socio cultural es fundamental, al momento de llevar a cabo un estudio epidemiológico, establecer para el análisis un modelo histórico – estructural que contribuya a identificar, dentro del proceso salud – enfermedad-atención, la reproducción social, es decir, las estrategias de sobrevivencia de los grupos sociales y la mortalidad asociada a sus condiciones económicas y ambientales, pues las enfermedades operan estructuralmente y en forma diferenciada en cada sociedad; es decir los daños a la salud afectan la vida cotidiana de los conjuntos sociales determinados históricamente y anclados en un territorio (Campos-Navarro, 2016).

La mirada epidemiológica crítica y socio cultural se complementan con el componente ambiental. La epidemiología ambiental, nos remite básicamente, a los estudios de campo realizados por John Snow sobre la epidemia de cólera en el Londres del siglo XIX así como a la crisis por smog que vivió esa misma ciudad en 1952 y que mató a más de 12 mil personas y derivó en la Ley de Aire Limpio que estableció límites y controles al humo (Fagan, 2017) o al desastre ocurrido en Bhopal, India en 1984 que dio como resultado el establecimiento del 3 de diciembre como el Día Mundial del No uso de Plaguicidas.

Todos estos desastres cobraron la vida y comprometieron la salud de millones de seres vivos y obligaron a, nuevamente, recuperar los postulados de la epidemiología clásica y constituir la disciplina de la epidemiología ambiental, que va a estudiar, en específico, los efectos de la contaminación ambiental sobre la salud humana, planteando categorías como exposición, tipo de agentes, rutas, y vías potenciales de entrada, magnitud del daño, riesgo y susceptibilidad.

La epidemiología ambiental enfatiza comprender la exposición a factores ambientales para explicar y establecer relaciones causales así como frecuencia de ciertas afecciones como cáncer, alteraciones del sistema endocrino y enfermedades del aparato

respiratorio; su foco de interés se aparta de la visión nosológica predominante y se orienta a la detección de impactos a la salud humana producidos por factores químicos como los bifenilos policlorados, los fármacos, metales pesados, plaguicidas e hidrocarburos y factores físicos como el ruido, campos electromagnéticos, cambios meteorológicos y factores biológicos como hongos, virus y alimentos (Paz, 2011).

Esta perspectiva epidemiológica centrada en el medio ambiente natural y construido, fortalece la práctica de la salud ambiental pues caracteriza cómo la contaminación del aire, la contaminación del agua, los contaminantes orgánicos persistentes, los plaguicidas, los metales pesados, los fármacos y las ondas electromagnéticas de extremada alta frecuencia impactan los ecosistemas y la salud humana. Permite también caracterizar como algunas técnicas usadas para los diagnósticos en salud, como las radiofrecuencias se ubican como factores ambientales que se han relacionado con efectos adversos sobre la salud.

Los estudios epidemiológicos ambientales permiten hacer converger la atención del público, la de los gobiernos y la de los medios de comunicación sobre los problemas ambientales que impactan negativamente la salud humana porque evalúan las condiciones ambientales en su relación con la salud poblacional.

Estas tres grandes vertientes de la epidemiología: crítica, socio cultural y ambiental robustecen la investigación en salud ambiental, pues permiten identificar casos en las poblaciones, desde una mirada holista, identificando dónde hay exposición involuntaria a agentes contaminantes ambientales, cómo viven las personas y porque se relacionan de esa manera con el medio ambiente, por otro lado, sus hallazgos permiten generar marcos normativos para reducir los peligros de enfermar y morir.

Una estrategia en salud ambiental para aproximarnos a la realidad es usar las herramientas que cada aproximación epidemiológica nos provee, con sus énfasis particulares. En epidemiología un caso es un individuo “en quien se sospecha, presume o confirma que padece una enfermedad o evento de interés epidemiológico” (INSP, 2021) pero en términos metodológicos para la investigación, los estudios de caso por ejemplo, en sentido amplio, centran su interés en grupos específicos: niños y niñas expuestos a plaguicidas, trabajadores de la construcción, habitantes de zonas propensas a inundaciones; para buscar comprender las dinámicas que regulan sus relaciones económicas, sociales, ocupacionales, políticas y los tipos de exposiciones ambientales cotidianas que estos grupos tienen y de esta manera reducir o evitar los daños futuros.

III. Análisis con elementos de la epidemiología socioambiental desde una perspectiva intercultural en comunidades de espacios de educación escolar, saberes, visiones actuales de agroecología, soberanía alimentaria y salud.

El estudio se realiza con elementos de epidemiología socioambiental, la agroecología, la alimentación, sustentabilidad intercultural y las escuelas secundarias técnicas de la Región Valles del Estado de Jalisco, con participación directivos de los espacios escolares, tres investigadores de la Universidad de Guadalajara, y un promotor intercultural de la etnia Wixárika, con el propósito de fundamentar un proceso que contribuya a la transformación de los espacios escolares, en centros educativos que promuevan la agroecología, la soberanía alimentaria, la salud y el cuidado de los entornos socioambientales con un enfoque intercultural. Se aplica una metodología de investigación acción participativa utilizando técnicas cuantitativas, a través de una encuesta y con técnicas

cualitativas, a través de análisis del discurso y talleres de diálogo intercultural.

Para el desarrollo de la presente investigación se formulan las siguientes preguntas de investigación: ¿Cuál es el contexto histórico socio cultural, socio ambiental y las formas de respuesta de las poblaciones en que se desarrollan los procesos educativos agroalimentarios de las escuelas secundarias técnicas de la Región Valles? ¿Cuál es la situación de sustentabilidad intercultural de las escuelas secundarias técnicas de la Región Valles que participan en el estudio para promover modos de vida relacionados con la salud, alimentación sana y entornos socioambientales sustentables?

¿Cuáles son las prioridades de transformación definidas por los directivos para transformar a las secundarias técnicas en espacios sustentables interculturales?

Se parte de la siguiente premisa: El abandono de los sistemas tradicionales de producción agropecuaria que se promomueve en las secundarias técnicas ubicadas en las comunidades de la Región Valles de Jalisco está contribuyendo al deterioro de la biodiversidad de los entornos socioambientales y a la inseguridad alimentaria, afectando la salud de los alumnos y sus familias, por lo que promoción de escuelas secundarias técnicas, basadas en la agroecología intercultural y la tecnología apropiada son alternativas para recuperar la biodiversidad de los entornos socioambientales, los modos de vida sostenibles y salud alimentaria en las comunidades.

Entre los antecedentes de programas de soberanía alimentaria, salud alimentaria los estados del conocimiento plantean la urgente necesidad de transitar a un modelo de producción agrícola sostenible para preservarla, sumado el hecho de que la producción agroecológica es la base de la agricultura tradicional. Un claro

ejemplo de los beneficios de la adopción de sistemas alternativos agroecológicos se reporta en el metanálisis realizado Altieri y Nicholls, 2012 titulado “Agroecología: única esperanza para la soberanía alimentaria y la resiliencia socio-ecológica” donde los autores argumentan que los productores de pequeña y mediana escala cuentan con los recursos necesarios para aumentar la producción de alimentos por medio de la implementación de sistemas sostenibles. En el metaanálisis, se analizan los casos de éxito en África, Asia y América Latina.

Con relación al estado de conocimiento de los procesos formativos con profesores y su relación con la cultura de soberanía alimentaria y sustentabilidad de los entornos familiares, se rescatan los siguientes antecedentes:

Se analiza el trabajo de Tomas y colaboradores de 2017, quienes estudiaron las actitudes hacia la sustentabilidad que tienen los estudiantes para profesores de la Universidad James Cook de Australia. En el estudio implementaron metodologías cuantitativas y cualitativas mediante encuestas y entrevistas semiestructuradas para evaluar los cambios de conducta de los profesores en formación.

Los autores concluyen, que no existe asociación entre el conocimiento de los profesores y su comportamiento, pero si influye en las decisiones que tienen en su carrera como docentes. Señalan, que aunque consideraron importante la educación en sustentabilidad para su formación y su práctica profesional, tanto para ellos, como para otros australianos, los profesores mostraron niveles medios de interés en temas de sustentabilidad. Recomiendan que es necesario analizar a los profesores desde la formación hasta los primeros años de carrera para identificar las áreas de mejora y fortalecer la formación y el compromiso para lograr profesores eficaces en la sostenibilidad alimentaria y cuidado de los entornos ambientales (Tomas, Girgenti & Jackson, 2017).

En América Latina, se analiza el trabajo de Porras Contreras de 2016, quienes plantearon una propuesta para la formación de profesores de ciencias con competencias interculturales en el área de la sustentabilidad. El autor desarrolló la propuesta a partir de la revisión documental y de los resultados del instrumento “Ideas sobre la Sustentabilidad de Futuros Profesores de Química” de su propia autoría. Su análisis considera: las creencias, conocimientos y habilidades del profesor sobre la sustentabilidad desde su propia experiencia; la relación entre las prácticas culturales, el territorio y la sustentabilidad y las propuestas didácticas para promover la sustentabilidad alimentaria.

En México se analiza la investigación de León Rodríguez e Infante Bonfiglio (León Rodríguez & Infante Bonfiglio, 2014) sobre la introducción de la sustentabilidad y la educación ambiental en la educación formal en escuelas de nivel básico en Nuevo León. Analiza la experiencia de tres instituciones de nivel básico mediante la revisión documental, entrevistas en las instituciones y observación.

Con base en el análisis del estado del conocimiento, se concluye que: en el proceso para la transformación de las escuelas secundarias técnicas de la Región Valles en espacios de educación para la promoción de la soberanía alimentaria intercultural de los alumnos y sus familias, a través de la formación de sus directivos y profesores, es necesario tomar en cuenta lo siguiente:

- a) La soberanía alimentaria intercultural es una estrategia fundamental para mejorar la salud alimentaria de los alumnos y sus familias como un elemento central en la prevención de las enfermedades crónico-degenerativas, la biodiversidad de sus territorios y el rescate de sus culturas productivas alrededor del cultivo del maíz.
- b) La importancia de rescatar los aspectos socioculturales para la educación en aspectos alimentarios, socioambientales y modos

de vida sustentables, por estar cercana a la vida cotidiana de los adolescentes y sus familias; considerar la educación continua en soberanía alimentaria familiar para lograr un mayor impacto en la formación de profesores en las comunidades educativas y en sus familias.

- c) El rescate cultural como elemento para la generación de propuestas emancipadores para la promoción de la soberanía alimentaria intercultural en los espacios escolares; la formulación de procesos participativos constructivistas con los docentes y las comunidades educativas para evitar el divorcio entre teoría y práctica.
- d) La necesidad de superar el enfoque de soberanía alimentaria, transformándolo en un proceso de salud alimentaria e intercultural.

A partir de estas reflexiones relacionadas con el estado del conocimiento, los investigadores consideran que el presente trabajo de investigación aporta elementos para innovar el conocimiento en aspectos relacionados con el análisis del contexto socio histórico, político y cultural en donde se inserta las escuelas secundarias técnicas y la importancia de los aportes de los pueblos originarios en el cuidado de la Madre Tierra, para que las comunidades educativas recuperen, desde una perspectiva intercultural en salud alimentaria, los saberes de estos pueblos, y superar la visión antropocéntrica de las visiones actuales de agroecología sustentable.

La investigación epidemiológica socioambiental de tipo participativo se realiza desde el Paradigma de la Complejidad Crítico-constructivista, donde se plantea que este paradigma sustentado en la Epistemología Postmoderna, aborda, a través de metodologías complementarias de investigación, la salud de los entornos socioambientales y la soberanía alimentaria como un

problema complejo sociopolítico, ecológico y cultural en donde es importante analizar los problemas micro sociales contextualizados en la problemática macrosocial para generar transformaciones sociales que impacten grupos humanos con su propia participación. (Breihl, 2010)

Una perspectiva que apoya la propuesta epistémica Crítico Constructivista en el campo de la educación postmoderna, son los aportes de la Pedagogía de Frontera de Henry Giroux, quien señala que las comunidades educativas (González, 2007) cogestionan su proceso de aprendizaje con los pueblos y los profesores para generar propuestas de transformación social.

En ese sentido, el conocimiento, las destrezas y los valores se convierten en contenidos educativos necesarios para que los directivos, los profesores, las familias y los alumnos puedan negociar de manera crítica los límites culturales que le ofrece la sociedad y, en consecuencia, para proceder a transformar el mundo en que viven...

Como teorías particulares, la investigación se sustenta en la educación cogestiva y participativa. (Murillo y Nuñez, 2016) La cogestión en el proceso de enseñanza-aprendizaje es una actividad común que se retroalimenta entre los participantes del proceso. La interacción simétrica entre docentes y estudiantes, viene a propiciar un cambio en el modo tradicional del proceso de enseñanza en el cual el docente es quien maneja el conocimiento.

La educación Participativa, parte de una concepción de enseñanza desde la cogestión, como co-determinación, la cual se orienta a una autoridad común, generando una práctica educativa sustentada en principios democráticos de participación y libertad. El proceso educativo no privilegia a ninguno de los participantes, sino que más bien opera con base en el estímulo y principios orientadores que

permiten la adquisición de estrategias y conceptos que puedan ser aplicados a la realidad y redunden en un aprendizaje significativo. Esta cogestión educativa en su modalidad cogestionaria, demanda del docente, un trabajo de planificación sujeto a modificaciones conjuntas entre educadores y educandos, revisión y actualización de los métodos y formas de enseñanza. Esto implica que en tal dinámica, los profesores deben estar dispuestos a deponer su tradicional papel de autoridad, colocarse en el lugar del otro y asumir al estudiante como un ser psico-social. Además, es clave tener disposición para trabajar en un equipo interdisciplinario.

Otro elemento que sustenta el análisis epidemiológico socioambiental participativo de tipo cogestivo para promover la soberanía alimentaria y la sustentabilidad intercultural es el Paradigma de la Educación Intercultural Crítica propuesto por Walsh (2007) quien cuestiona el modelo de sociedad vigente con la siguiente argumentación:

Mientras que la interculturalidad funcional asume la diversidad cultural como eje central, apuntalando su reconocimiento e inclusión dentro de la sociedad y el Estado nacional (uninacional por práctica y concepción) y dejando por fuera los dispositivos y patrones de poder institucional estructural -las que mantienen la desigualdad-, la Interculturalidad Crítica parte del problema del poder, su patrón de racialización y la diferencia (colonial no simplemente cultural) que ha sido construida en función de ello. El Multiculturalismo Postcolonial y el Interculturalismo Funcional, responden a y parte de los intereses y necesidades de las instituciones sociales dominantes; la interculturalidad Crítica, en cambio, es una construcción de y desde la gente que ha sufrido un histórico sometimiento y subalternización...

La teoría utilizada para definir las prioridades de transformación se sustenta en la teoría de las necesidades de Bradshaw (1972). El autor señala que para diagnosticar las necesidades humanas dentro de una comunidad y determinar las problemáticas que deben ser atendidas como prioridades, se deben de dividir en cuatro tipos de necesidades:

- a) Necesidad normativa, determinada por profesionales donde se utilizan indicadores científicos de referencia;
- b) Necesidad comparativa, caracterizada por la comparación de dos poblaciones en diferentes condiciones;
- c) Necesidad percibida, involucra la percepción o razonamiento propio del individuo ante una carencia.
- d) Necesidad expresada, donde el sujeto manifiesta la inconformidad ante la falta de un servicio o apoyo.

Otro concepto importante para el diagnóstico situacional es el de Soberanía para la Seguridad Alimentaria y Nutricional, definido como:

un proceso socio-histórico e intercultural en el cual, todos los miembros de un pueblo participan como sujetos sociales en la construcción de un modelo alimentario que garantice que los miembros de las comunidades tengan en forma oportuna y permanente acceso físico, psicológico, económico y social a los alimentos que necesitan, en cantidad y calidad, para su adecuado consumo y utilización biológica, garantizándoles un estado de bienestar general que coadyuve al logro del desarrollo sustentable, conservando su cosmovisión étnico-cultural y su entorno ecológico (Crocker, 2010)

Sujetos y Metodología

Para analizar la problemática de la Región Valles, como contexto geográfico, socio ambiental y cultural, se emplea la investigación acción participativa (IAP) que se caracteriza por los siguientes elementos: integra las acciones de investigación, la educación popular y las acciones de transformación como parte de un solo proceso; se establece una situación intersubjetiva (intercultural) de igualdad entre investigadores y comunidades; combina metodologías cualitativas y cuantitativas; el criterio de validez de análisis es el potencial de transformación de los datos y tiene una intencionalidad política de empoderar a las comunidades. (Balcazar, 2003)

En la presente etapa del proceso de investigación, se analizan los aspectos epidemiológicos socioambientales de la sustentabilidad intercultural de los espacios escolares con una metodología participativa de tipo co-gestiva, que permitan a los sujetos sociales de las comunidades escolares, establecer prioridades de transformación y propiciar en otras etapas de la investigación la formación de directivos y profesores de secundarias técnicas de la Región Valles, que conduzcan la transformación y el desarrollo de escuelas sustentables interculturales que promuevan la salud integral, la soberanía alimentaria para la promoción de dietas sostenibles y el cuidado de los entornos socioambientales en la comunidad educativa e impacten a sus familias.

El estudio epidemiológico socioambiental de tipo participativo se realiza en dos fases: en la primera, se analiza el contexto histórico socio cultural, ambiental y las formas de respuesta de las poblaciones a su problemática en donde se desarrolla el proceso educativo de las escuelas secundarias técnicas de la Región Valles; en la segunda fase, los directores de las siete secundarias técnicas

realizan el análisis de la sustentabilidad intercultural, con énfasis en la soberanía alimentaria de sus espacios escolares, para priorizar proyectos agroecológicos de transformación de los espacios escolares y promover de dietas sostenibles, la salud integral de las comunidades educativas y sus familias, así como la sustentabilidad de sus entornos socioambientales.

Participan como apoyo a la investigación, tres investigadores del Instituto Regional de Investigación en Salud Pública de la Universidad de Guadalajara un promotor intercultural de la etnia Wixárika, 7 directivos de secundarias técnicas y 1 supervisor de dichas escuelas que laboran en escuelas ubicadas en los municipios de Ameca, Cocula, San Martín Hidalgo y Tala de la Región Valles.

Las técnicas y procedimientos para la recuperación de datos del diagnóstico son los siguientes: el análisis del discurso científico formulado en las investigaciones en salud, alimentación y modos de vida sustentables realizadas en la Región Valles por el equipo del Programa de Educación en Salud, Alimentación y Ambiente (PROESANC) del Instituto Regional de Investigación en Salud Pública del Centro Universitario de Ciencias de la Salud de la Universidad de Guadalajara; en segundo lugar, el análisis estadístico del grado de sustentabilidad de las escuelas secundarias técnicas con base formulario elaborado por el equipo de investigación y por último, los talleres de diálogo intercultural, en donde participan los directivos de las escuelas secundarias, los investigadores y un facilitador comunitario de la etnia Wixárika, para jerarquizar los problemas y definir las prioridades de transformación.

Resultados y análisis del contexto

A continuación, se presentan los resultados y el análisis del contexto histórico socio cultural, ambiental y las formas de respuesta de las poblaciones a su problemática, en donde se desarrolla el proceso

educativo de las escuelas secundarias técnicas de la Región Valles. Con relación al marco histórico y sociocultural de la soberanía y seguridad alimentaria de los estudios se ha observado que Jalisco se caracteriza por el desarrollo de microcuencas con gran riqueza en su biodiversidad que ha permitido que se asienten diversos pueblos. Para los proyectos de estudio se ha analizado a la Región Valles que comprende las microcuencas: Primavera-Presa de la Vega, Cocula Ameca y Etzatlán (Cultura Teuchitlán y Mestizos de la Región Valles). Una de las razones por las que se han trabajado las microcuencas de la Región Valles es porque hace 7,000 años se inició el cultivo de maíz, frijol y amaranto, como base de la alimentación y en el año 1000 a.C. surgen las primeras sociedades con una compleja organización, y sistema de irrigación estilo chinampas. Al proceso civilizatorio se le llama Tradición Teuchitlán con características bien definidas, de la cual surge el sitio arqueológico Guachimontones. Al respecto el promotor Intecultural Wixárika comenta:

Para poder entender la cultura Wixárika y para poder transferir ideas positivas con la madre naturaleza en la Región Valles y que te puedan escuchar montañas, el viento, el sol, el fuego, el agua, la Madre Tierra y los cinco puntos cardinales, es importante conectarte con ellos, visitarlos y practicar la cultura (...) Ya que en la actualidad no sabemos, si en los lugares donde vivimos son lugares sagrados o nos estén pidiendo algo las montañas, solo nosotros estamos viendo cómo ganar dinero. Pero si empezamos a confiar en los grandes sabios y soñadores (sic) quizá ellos nos puedan orientar y ayudar, para así nosotros poder entender, a respetar la naturaleza, empezar a comunicarnos con ella y conectarnos...

El abordaje del contexto sociopolítico de la Región Valles se realiza con base en el análisis de las determinantes socio-histórico

culturales y los elementos de la cadena epidemiológica de la soberanía alimentaria y los modos de vida sustentables a partir del análisis de los estudios de caso en la Región Valles de Jalisco (Crocker, Muñoz, Vázquez y Pérez, 2019). Al respecto uno de los investigadores comenta:

Los registros muestran que en la época colonial, la Región Valles tuvo gran importancia por la riqueza mineral, la producción agrícola y ganadera, la construcción de acueductos, presas y terrazas, así como se crearon los ingenios que procesaban caña para hacer azúcar y alcohol al igual que la producción de tequila a partir del Siglo XVIII, así como una zona de tala para la construcción de muebles (...) Desde hace 65 años existe una hegemonía norteamericana de postguerra que impuso la política económica de Sustitución de Importaciones y el Modelo de Estado de Bienestar; esta problemática se agudizó desde inicio de los ochenta con el modelo de Globalización Neoliberal. Este contexto modificó el campo en la Región Valles, en donde se ha priorizado el uso de agricultura intensiva y abandono de la agricultura tradicional y escasa incorporación de sistemas agroecológicos, lo que ha propiciado la dependencia externa de semillas, el uso tecnología agrícola mecanizada y la incorporación de abonos químicos e insecticidas órgano-fosforados...

Estos cambios producidos por la modernidad, han impactado las formas de respuesta sociales que se expresan en las políticas públicas, como ejemplo de esto se ha observado que: las políticas públicas formuladas no integran la salud, la alimentación y el ambiente, por lo que el impacto es aislado y reducido; las políticas públicas ante la problemática planteada han surgido de la hegemonía del Estado y de los sectores que controlan el capital económico y político del país y por último, hay una ausencia

importante de la sociedad civil y la población campesina e indígena, que son los más afectados por las crisis mencionadas. (Crocker, Moreno y Rodríguez, 2018)

El impacto de estas políticas en la alimentación sustentable, la salud y la biodiversidad de los territorios de la Región Valles, ha sido importante. En la actualidad, la principal actividad de producción es la agricultura intensiva con uso de químicos y semillas “mejoradas”, se privilegia la siembra de caña, maíz y cacahuate y hay una escasa crianza de animales para el consumo; el consumo alimentario se ha distorsionado, menos de la mitad de la población consume frutas y verduras el 81% consume cereales a diarios y más del 80% consume aceites y azúcares diariamente, además, más de la mitad ingiere refrescos o bebidas industrializadas a diario que ha impactado la salud de los jóvenes y adultos, en donde el 71% presentan sobrepeso u obesidad, el 67% de ellos presentan riesgo cardiovascular aumentado, según su circunferencia de cintura. El 22% de estos presentan hipertensión arterial y 11 % tiene diabetes y complicaciones renales, además se observó tasas elevadas de cáncer. (Crocker y cols. et al 2019). En estos trabajos de investigación, se proponen alternativas para impulsar proyectos agroecológicos para la promoción de dietas sostenibles, la salud integral de las comunidades educativas y sus familias, así como la sustentabilidad de sus entornos socioambientales. Al respecto uno de los directivos de una de las escuelas secundarias técnicas, comenta:

Yo creo que este proyecto que se propone [La sustentabilidad intercultural de las escuelas] es lo que viene a darle vida a la funcionalidad real de lo que eran las secundarias técnicas, se ha perdido esa esencia en secundarias técnicas, desde el momento en cuanto nos empezaron a reducir las horas de tecnologías empezamos a declinar (...) no conozco una secundaria técnica que maneje el conocimiento de la tecnología, que sea, porque nosotros contamos con

tecnologías pecuarias, con tecnologías agrícolas, con tecnologías pesqueras, con tecnologías de carpintería, de apicultura; pero no conozco todavía una escuela que reúne los requisitos o que tenga un proyecto de recuperación o de sustentabilidad intercultural...

Resultados y análisis epidemiológico de la sustentabilidad intercultural de los espacios escolares

Como parte del análisis para realizar el proceso de diagnóstico de la sustentabilidad intercultural de las escuelas secundarias técnicas, se abordan en primer lugar las experiencias productivas que han tenido estos espacios escolares. Las comunidades escolares y las familias, a pesar del predominio del modelo intensivo de alimentos, dominado por el uso de abonos químicos, insecticidas, herbicidas y tecnología agroindustrial, ya han trabajado, previamente, en el espacio escolar y en las parcelas que forman parte de las escuelas técnicas, con diferentes alternativas y cuidado de los cultivos con una visión sustentable; entre estas experiencias se observaron el uso de abonos orgánicos, como estrategia en la disminución de costos en la siembra, la implementación de huertos verticales, como estrategia de hogar sustentable y el abastecimiento del agua no solo para la escuela, sino para la comunidad, a través de la perforación de un pozo profundo.

Los maestros perciben que el proyecto en el que se quieren integrar es una estrategia acorde al trabajo que han venido desarrollando en sus comunidades, que considera el contexto en el que están inmersos y los ayudará a trabajar en resolver las necesidades de sus espacios escolares, por lo que quieren implementarlo en sus comunidades y servir de ejemplo exitoso para su replicación en otras escuelas de la región.

Creo que van de la mano, llevan el mismo interés que tienen sus investigaciones realizadas en los últimos años y creo que vamos a empatar y vamos a hacer compatibles de esta misma problemática que acontece en nuestra zona...

Como parte del diagnóstico situacional realizado por los directivos de las 7 escuelas secundarias técnicas del estudio en la Región Valles, cuentan con infraestructura y recursos materiales y humanos, se observa que la mayoría de las instituciones cuentan con espacio para la siembra directa, aunque algunos no los estén utilizando en este momento, datos que se pudieron corroborar en los talleres, donde los líderes educativos expresaron que la mayor parte de las instituciones tienen espacios protegidos y no protegidos para la siembra directa, y concluyen que se priorizara la siembra extensiva para mejorar la sustentabilidad y sostenibilidad en las escuelas. Con respecto de la siembra en los espacios escolares, se observa que antes de iniciar el trabajo de diagnóstico situacional, la mayor parte de las escuelas trabajan proyectos de producción agrícola con tecnologías no sustentables en más del 70%. Lo que se pudo observar tanto en las encuestas, como en los talleres de diálogo; sin embargo, los maestros expresan que se ha trabajado poco las plantas medicinales, lo que representa un área de oportunidad, tanto para la implementación de controladores biológicos de plagas, cómo para trabajar la atención a la salud, a través de recuperar la cultura de plantas medicinales de la región.

Un espacio fundamental para diseñar proyectos sustentables en las escuelas secundarias técnicas, por su importancia en la producción de abonos orgánicos es el traspatio. La mayoría de las escuelas secundarias cuentan con espacio para la producción de animales de traspatio, se analiza que los directores priorizan la avicultura y la capricultura, sin embargo, solo dos de las instituciones cuentan con

infraestructura que no se encuentra en óptimas condiciones para su uso. Se considera la implementación del traspatio, como un área de oportunidad para el trabajo sustentable en las instituciones educativas, y hay disposición de sus directivos de trabajar este elemento fundamental en sus instituciones, los recursos actuales y potenciales para desarrollar escuelas secundarias técnicas sustentables, que son identificados a través de la encuesta. Respecto de los recursos que tienen las escuelas para desarrollar los programas se observa que la mayoría de ellas, (86%) cuentan con recursos materiales y de infraestructura.

Con base en el rescate de datos cualitativos en los talleres de diálogo, se analiza que los recursos económicos de las escuelas son de autofinanciamiento, principalmente de sus recursos propios para invertir en los proyectos surgen del intercambio por los productos que se generan; también adquieren recursos de la renta de sus instalaciones a terceros. Solo una escuela refiere tener un fondo para la inversión en los proyectos, aspectos que se documentan en los relatos de los directivos de uno de los talleres de diagnóstico, en respuesta a la pregunta: ¿Cómo sostener los proyectos de traspatio?

De la misma venta, lo único que hacemos es vender los lechones, no hacemos engorda, nada más. Lo que hacen en las prácticas los niños es con los lechones y ya cuando es el destete, los vendemos y ahorita en este momento tenemos en renta la caseta de pollos y prácticamente lo que es la caseta de la renta se hace lo de la pastura de los cerdos, es básicamente lo que está así estamos funcionando (...) en este momento si, ahorita está rentada, nunca la habíamos rentado y en este momento si, ahorita que no ha habido clases pues es como, de hecho ni siquiera recibimos fondos monetarios, nos llevan la pastura o sea lo equivalente a la renta nos lo lleva en la pastura para los cerdos...

Todas las escuelas secundarias técnicas que participan en el diagnóstico participativo, cuentan con recursos humanos para trabajar los proyectos, principalmente con los docentes que imparten la materia de agricultura, a su vez todas las escuelas beneficiarían con el proyecto a una gran cantidad de las familias de la comunidad. Lo anterior se puede observar en el siguiente dato empírico comentado por un directivo en su escuela en uno de los talleres:

Tenemos muchas personas beneficiarias, que contemplan a personal docente y alumnos: para trabajo en el huerto tenemos seis, número de alumnos de 193 y números familia 185...

Para mejorar la sustentabilidad y sostenibilidad de los sistemas productivos, el cuidado de la salud de las comunidades escolares, sus familias y el entorno socioambiental, en el diagnóstico participativo se analizan las categorías: manejo sustentable de residuos, producción de abonos orgánicos, el control biológico de plagas y animales del entorno y el uso sustentable del agua.

Al analizar el manejo sustentable de residuos, se observa que el 47 % de las escuelas no cuentan con recipientes especiales para la separación de residuos, sin embargo, gran parte de las escuelas realiza una separación parcial de residuos, sobretodo de residuos inorgánicos con el fin de venderlos a las recicladoras para obtener recursos. Son pocas las escuelas que tienen la experiencia de manejar los residuos orgánicos para la obtención de composta, lombricomposta y abonos foliares, lo cual se considera un área de oportunidad para trabajar con las instituciones, puesto que a partir del correcto manejo de los residuos orgánicos se pueden obtener abonos para la utilización en las parcelas escolares. Lo anterior se

fundamenta en el siguiente análisis realizado por uno de los directivos participantes en uno de los talleres diagnósticos:

Bueno entonces es una área de oportunidad, con la excepción de la secundaria de la Hacienda El Limón, es el único lugar de las 7 escuelas donde si tienen un sistema de separación de desechos, el resto solo separan reciclables y en algunas no existe...

Con respecto a las condiciones que se tienen en los espacios escolares para la elaboración de abonos orgánicos, se observa que el 70% de las escuelas cuentan con espacios con adecuada cantidad de sombra para la elaboración de abonos. También, hay algunas escuelas que tienen espacios y/o infraestructura para trabajar la composta y en menor cantidad con lombricomposta y abonos foliares. Sin embargo, no se ha establecido un programa sistematizado de producción de abonos orgánicos, lo cual es un área de oportunidad para trabajar con las secundarias.

Al analizar la presencia y manejo de fauna nociva en las instituciones educativas se observa que el 67% cuentan con recursos para el manejo de fauna nociva. Con respecto a la presencia de plagas, gran parte de las escuelas presentan numerosas plagas dentro de las instituciones, las cuáles son abordadas principalmente con plaguicidas e insecticidas, 57.1% en ambas.

A partir de los talleres también se pudo analizar que han buscado controlar las plagas con medidas de desinfección de los corrales de los animales, controlando el crecimiento de los árboles y mediante el uso de controladores biológicos en menor cantidad, sin embargo desconocen cuáles se emplean en sus instituciones, por lo cual esta se considera un área de oportunidad para trabajar los proyectos, como lo manifiesta un directivo de una de las secundarias técnicas participantes:

En San Isidro, tenemos el gusano llamado Pulgón y en otras pusimos el cual desconozco cuál sea exactamente lo que se utilizan...

Un elemento que no es percibido al inicio por los directivos en el proceso de diagnóstico de la sustentabilidad de las secundarias técnicas, es el aspecto de la interculturalidad, en donde, producto de la discusión colegiada, se propone por los participantes en uno de los talleres, la incorporación de los bancos de semillas nativas para promover la Soberanía Alimentaria de los campesinos de la región desde los espacios escolares y la recuperación de los saberes de los pueblos de la región, relacionados con el uso y aprovechamiento de las plantas medicinales para mejorar la situación de salud de las familias. Al respecto el promotor intercultural Wixárika, realiza los siguientes comentarios:

Uxatamai, mi padre, que es un anciano y sacerdote curandero de mi etnia, estuvo soñando en la Región Valles, hizo un compromiso cuando hizo la ceremonia al Teukari Werika [Abuelo Águila] y le hizo una visita al volcán y le entregó su ofrenda, así fue como supe que el Volcán de Tequila es un lugar sagrado (...) Desde esa vez el Volcán de Tequila fue declarado que es un lugar sagrado y se le puso un nombre en Wixárika "Teukari Werika" que significa El Abuelo Águila, cada que se hace ceremonia se le hace una ofrenda y se le entrega para que siga cuidando la Zona Metropolitana de Guadalajara y la Región Valles, además de eso, ayuda a la granja escuela donde vamos a realizar la formación de ustedes los directivos de las escuelas. Ahora viene la idea, de que los que vivían en Guachimontones, eran indígenas quienes cuidaban a su Abuelo Águila, por ello vivían abajo de esa tremenda montaña, pero poco a poco fueron perdiendo su cultura y su lengua hasta *poder extinguirse...*

Ahora la idea es, hacer un vínculo con la cultura Wixárika y cultura Mestiza, para así poder seguir descubriendo nuevos lugares de nuestros abuelos, hasta recuperar nuestros raíces culturales y empezar a vivir como vivían nuestros abuelos, alimentarnos con los maíces nativos y con las plantas medicinales, como ellos lo hacían, para enfrentar la crisis que estamos viviendo...

Prioridades de transformación de los espacios escolares

En el presente apartado se analizan las prioridades de transformación percibidas por las escuelas secundarias técnicas pertenecientes a la Región Valles, con el propósito de transitar a espacios de aprendizajes sustentables, sostenibles e interculturales. Las principales prioridades de transformación son: la implementación de proyectos agrícolas, específicamente la producción de maíz criollo y la siembra de árboles frutales, seguido de la elaboración de abonos orgánicos y la crianza de animales de traspatio, con el propósito de promover la creación de espacios sustentables y sostenibles para generar una cultura agroalimentaria saludable y ambientalmente amigable dentro del contexto familiar y educativo. Una de las principales problemáticas de las escuelas secundarias técnicas es la falta de recursos económicos, por lo que dicha situación dificulta la operación y habilitación de los espacios de aprendizaje para los alumnos. Asimismo, es fundamental la participación de docentes capacitados para la formación educativa de los estudiantes.

Se analizan las actividades planeadas a corto, mediano y largo plazo para transformar las escuelas secundarias técnicas en espacios sustentables, sostenibles e interculturales. Las escuelas secundarias plantean sus prioridades a corto plazo de diferente manera, de acuerdo a sus proyectos de desarrollo como se expresan en los diferentes relatos de los directivos:

Habría que empezar con el sustento para los animales en este caso el forraje"... "Pues hemos platicado un poquito de lo que íbamos a vincular lo de las tecnologías, para hacer lo del alimento de los cerdos (...) Le pedí al ingeniero que hiciera estudios de suelo para producir y hacer abonos (...) Por octubre podemos empezar a ver cuestiones de hortaliza (...) Dotar borregos en noviembre, diciembre cuando ya tenemos pastura con que alimentarlos, y garantizo que estos animales comen..." "Mi prioridad es el abono orgánico, y ya de eso, la cría de borregos, que vayan viendo [los alumnos] el proceso..." "La prioridad más importante es adaptar esos maíces al terreno de nosotros. Después sería empezar a trabajar sobre la utilización del maíz y el nopal asociado..."

Discusión

El autor del presente estudio considera que el trabajo de investigación aporta elementos para innovar el conocimiento en aspectos relacionados con el análisis epidemiológico socioambiental del contexto socio histórico, político y cultural en donde se insertan las escuelas secundarias técnicas y la importancia de los aportes de los pueblos originarios en el cuidado de la Madre Tierra para que las comunidades educativas recuperen, desde una perspectiva intercultural, los saberes de estos pueblos en detener el cambio climático y superen la visión antropocéntrica de las visiones actuales de agroecología sustentable. Estos son elementos que fueron recuperados en la propuesta del instrumento de diagnóstico epidemiológico de la sustentabilidad intercultural de los espacios escolares, que constituye una propuesta para ser aplicada en las instituciones educativas para transformarlas, de espacios que no están contribuyendo a la educación en salud, alimentación y ambiente, a espacios que contribuyan al logro de la soberanía alimentaria, la salud intercultural y al cuidado de los entornos socioambientales con una visión interculturalmente sustentable.

En el contexto complejo analizado en la investigación, la situación de sustentabilidad intercultural de las escuelas secundarias técnicas de la Región Valles se caracteriza por los siguientes elementos: cuentan con infraestructura subutilizada que se ha deteriorado por el abandono de los planes originales para las cuales fueron creadas y por la falta de apoyo del sector educativo y agropecuario del estado y el país; de manera marginal se realizan proyectos productivos agropecuarios en algunas de ellas, con predominio de formas intensivas que deterioran los entornos socioambientales; sin embargo, tienen una potencialidad, interés de los directivos y áreas de oportunidad importantes relacionadas con la promoción de la agroecología intercultural que permitan transformarlas en espacios de educación en soberanía alimentaria campesina, salud integrada para resolver la problemática de enfermedades crónico-degenerativas que padecen las familias de los adolescentes y recuperación de la biodiversidad de los territorios. Las principales prioridades de transformación de las escuelas secundarias técnicas para ser espacios sustentables, sostenibles e interculturales, son los relacionados con el sector agropecuario, así como, la conservación de alimentos y producción de abonos orgánicos. Sin embargo, las escuelas presentan diversos problemas para operar dichas actividades, como el abandono agropecuario relacionado a la falta de recursos económicos para sostener los proyectos. La suma de estas problemáticas ha originado una pérdida de la soberanía alimentaria escolar y familiar, así como un deterioro socio ambiental, ligado al aumento de las principales enfermedades crónico-degenerativas de la Región.

La teoría de las necesidades propuesta por Bradshaw (1972), plantea la integración de las necesidades percibidas y las necesidades normativas para contribuir con la solución de los problemas de la comunidad (Moreno, 2015). Asimismo, mediante las necesidades percibidas por los informantes clave, se identifican diversas

problemáticas, sobre todo en el sector agropecuario de la escuela secundaria. Por ello, mediante las necesidades normativas, se plantean posibles soluciones para resolver los problemas de la comunidad académica y familiar, con la finalidad de transformar las escuelas secundarias técnicas en espacios sostenibles, sustentables e interculturales.

Conclusiones

Las escuelas secundarias técnicas fueron creadas como un proyecto para el aprendizaje productivo con base en un concepto de sostenibilidad económica, que reprodujera el modelo de desarrollo productivo de la Revolución Verde, que se impuso en la Región Valles en los últimos sesenta años, en donde se incorporara el Modelo de Producción Intensiva, basado en el uso de abonos químicos, insecticidas, herbicidas y tecnologías invasivas, sin valorar el impacto que tuvieran para los entornos socioambientales, modelo que sigue dominando los proyectos productivos en las escuelas secundarias técnicas analizadas, que actualmente se implementan, de acuerdo al diagnóstico participativo realizado, situación que es comprendida por los directivos participantes. Con los sucesivos gobiernos neoliberales que implementaron una política pública, de abandono del campo mexicano, las escuelas secundarias técnicas, fueron dejadas sin proyecto y sin recursos para su sostenibilidad, por lo que un aspecto importante a considerar es su reconversión en proyectos viables económicamente con sustentabilidad socioambiental e incorporando los saberes de los pueblos originales. Los principales proyectos a implementar en las escuelas secundarias técnicas son los relacionados con el sector agrícola, específicamente la producción de maíz criollo y la siembra de árboles frutales, seguido de la elaboración de abonos orgánicos y la crianza de animales de traspatio. Las actividades agroecológicas programadas en los entornos escolares constituyen una alternativa

para recuperar la soberanía alimentaria escolar y generar una cultura agroalimentaria beneficiosa que pueda tener impacto en la disminución de las enfermedades crónico-degenerativas y que, a su vez, sea respetuosa con los entornos socioambientales.

La investigación acción participativa utilizada en el estudio, se queda en la fase investigación diagnóstica y propuestas iniciales de transformación, se necesita implementar un proceso formativo para preparar a los directivos y docentes para su implementación, que permita la transformación de la sustentabilidad intercultural de las secundarias técnicas estudiadas, aspectos que actualmente se trabajan como parte del megaproyecto de investigación.

IV. Una propuesta de investigación transdisciplinaria en salud y ambiente: Proyecto Reconfiguración agroecológica, alimentaria y de salud para revertir un probable daño renal y neurocognitivo.

Descripción de la propuesta

En México y otros países del mundo, la hegemonía de un patrón industrial agroalimentario ha implicado un mayor uso de plaguicidas, que degradan y contaminan los agroecosistemas y afectan la salud humana, y en particular de los infantes (Albert & Viveros, 2019; WHO, 2018). Esta situación es preocupante porque en la agricultura mexicana se ha incrementado el uso de estas sustancias tóxicas durante las dos últimas décadas, la legislación correspondiente es obsoleta y no existe un monitoreo constante por parte de las autoridades de gobierno para evitar que se utilicen plaguicidas prohibidos por su alta toxicidad y que se regule su producción, transporte, comercialización y uso.

Son todavía escasos los estudios realizados en México sobre la exposición de la infancia a plaguicidas porque se considera, equívocamente, que los niños y las niñas no entran en contacto con ellos. Investigaciones recientes efectuadas en áreas rurales de México y otros países de diferentes partes del mundo muestran que ellas y ellos están expuestos a plaguicidas que se utilizan en la agricultura y que estas sustancias peligrosas afectan su desarrollo físico y neurocognitivo.

Este proyecto plantea una investigación-acción que se realizará en dos localidades rurales del estado de Jalisco, donde se determinará la presencia de plaguicidas en: la orina de niñas y niños de tres a 16 años de edad, en las fuentes superficiales y del subsuelo de agua utilizada en las casas, los cultivos, para el ganado y en algunos de los principales alimentos que consumen las personas. El estudio evaluará también el desarrollo neurocognitivo de los infantes, la presencia en ellos de un probable daño renal asociado a su exposición a plaguicidas y su estado nutricional antes, durante y después de diversas acciones de incidencia que el grupo de investigación, los padres de familia de cada localidad y las autoridades públicas llevaremos a cabo para disminuir la exposición a plaguicidas de los infantes de las dos localidades.

Nos proponemos construir en cada una de las localidades de estudio una comunidad de aprendizaje basada en principios y prácticas de inclusión, igualdad y diálogo (Racionero & Serradell, 2005), en la que participarán niñas y niños, madres y padres de familia, maestras y maestros, organizaciones de la sociedad civil y los gobiernos locales y estatal. Con todos ellos promoveremos una transformación educativa que aliente un proceso de reconfiguración de la ecología, la agricultura, la alimentación y la salud. Con base en nuestra experiencia de trabajo, consideramos que tal transformación será conocida y retomada en localidades

rurales de los municipios y las regiones circunvecinas, donde se practica el mismo patrón de producción agrícola.

Descripción del problema y su relación con la escala nacional

Los plaguicidas son un componente indispensable del patrón de producción agroalimentaria hegemónico en México (González, 2019; Hartman, Chiarelli, Rulli & D'Odorico, 2021). Con ellos se incrementa la productividad y competitividad del sector agrícola, pero causan daños graves a la salud humana y el ambiente. Con base en estudios rigurosos, la Organización Mundial de la Salud (OMS) señala que los plaguicidas tienen efectos neurotóxicos, carcinogénicos y mutagénicos en las personas (WHO, 2018). La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) señala que contaminan el agua y la atmósfera y reducen la fertilidad del suelo porque inhiben la presencia de microorganismos benéficos para la producción agrícola y reducen la población de polinizadores fundamentales para las plantas (Artigas, Batisson, & Carles, 2020; de Brito Rodrigues et al., 2019; Miller & Spoolman, 2014; Sponsler et al., 2019).

En México, la venta y aplicación de plaguicidas creció 222 % de 1992 a 2015 (INEGI, 2016). La legislación que regula su producción, transporte, almacenamiento y aplicación es insuficiente, obsoleta, ineficaz y en algunos casos viola derechos humanos. En el país se permite usar 183 sustancias activas consideradas altamente peligrosas para el ser humano y el ambiente, de las que 140 están prohibidas en países desarrollados (Bejarano, 2017); además, el gobierno federal y los gobiernos estatales no realizan un monitoreo confiable para hacer cumplir la normatividad sobre plaguicidas (Albert, 2019a, 2019b). Por ello, la alternativa de que la legislación sea más estricta no parece ser una medida para proteger la salud humana y ecosistémica a corto y mediano plazo. Para hacer un

cambio integral y de gran alcance es necesario ir más allá de la sola prohibición y regulación de los agrotóxicos. Este proyecto se aboca a promover tal cambio con el apoyo de la población rural local y regional.

La población que vive en áreas rurales de México está particularmente expuesta a plaguicidas. En el país existen 188,594 localidades con menos de 2,500 habitantes, donde viven 26 millones, que representan el 23.2 % de la población nacional (INEGI, 2010a). La mayor parte de los estudios en México y el mundo sobre daños a la salud humana debido a estos agrotóxicos se han realizado en población adulta, pues hay la creencia de que las niñas y los niños no están en contacto con ellos; sin embargo, investigaciones realizadas en México demuestran la presencia de plaguicidas en infantes de localidades rurales de Jalisco, Veracruz, Chiapas, Oaxaca, San Luis Potosí, Puebla, Morelos, Campeche y Sonora (Leyva-Soto, Balderrama-Carmona, Moran-Palacio, Diaz-Tenorio, & Gortares-Moroyoqui, 2018; Perez-Maldonado et al., 2009; Ramírez, Mejía, Calderón, Montero, & Yáñez, 2014; Rendón-von Osten & Dzul-Caamal, 2017; Rivero, 2012; Sierra-Diaz et al., 2019; Trejo-Acevedo et al., 2012). De estos estudios podemos inferir que la exposición a tales sustancias en la infancia es mayor de lo que se conoce y acepta. Ahora bien, en todos los trabajos se mencionan generalidades sobre características ambientales, agronómicas, demográficas y socioculturales de las localidades estudiadas, pero ninguno establece una correlación rigurosa entre estos indicadores socioambientales y la exposición de niñas y niños a plaguicidas. No se hace referencia a las causas estructurales que están detrás de su exposición a los niveles de plaguicidas que reportan. La hegemonía de un patrón agroindustrial de producción, comercialización y consumo de alimentos se presenta como una realidad tácita y no como un fenómeno histórico y social que es posible cambiar.

Ubicación geográfica de la experiencia piloto

La investigación y la incidencia se realizarán en dos localidades rurales de Jalisco con diferentes condiciones históricas, ambientales y socioculturales, y que son una muestra de la diversidad étnica y socioambiental del país. Tienen en común la pobreza y marginación de su población. La primera es Agua Caliente, municipio de Poncitlán, situada en la ribera del lago de Chapala y con una población de 988 habitantes dedicados a la producción en pequeña escala de maíz, frijol, calabaza y chayote, así como a la pesca. La población joven y los jefes de familia hacen trabajo manual principalmente en la Zona Metropolitana de Guadalajara (INEGI, 2010b).

La segunda localidad es El Mentidero, municipio de Autlán, situada en un fértil valle agrícola irrigado por el río Ayuquila; en ella se cultivan caña de azúcar, hortalizas, maíz y frijol, principalmente para el mercado nacional. Su población es de 1,000 habitantes, que se dedican a la agricultura como productores en pequeña escala, y en ella viven siete meses del año familias indígenas del sureste mexicano que acuden al corte de caña (INEGI, 2010b).

Objetivo general

Este proyecto se propone lograr una reconfiguración agroecológica, alimentaria y de salud (RAAS) para disminuir el daño que originan los plaguicidas en el desarrollo físico, así como el neurocognitivo, el renal y el mutagénico, de niñas y niños de localidades rurales de Jalisco de México.

Nos proponemos que los resultados de esta investigación rigurosa y transdisciplinaria y las capacidades de aprendizaje colectivo que se obtengan se conviertan no sólo en un inventario de saberes y conocimientos esperados, sino también en la capacidad permanente de adaptar éstos a las expectativas y los planes de acción de todos los involucrados. Es necesario desarrollar en todos,

incluyendo a los investigadores, el diálogo y la capacidad de aprender a aprender para desarrollar un proceso de reconfiguración de la agricultura, la ecología, la alimentación y la salud.

Esta propuesta busca que madres y padres de familia, estudiantes en formación, organizaciones civiles y autoridades municipales y estatales se comprometan con la salud de la infancia, que sólo es posible en un medio ambiente saludable y sustentable. La trascendencia de este objetivo queda clara con el aforismo de Arthur Schopenhauer (1969, 1a. edic. 1819): "Health is not everything, but without health, everything is nothing". Esta lección es patente hoy día por el enorme costo humano, social y económico de una zoonosis pandémica originada por el virus Sarcov 2, que ha obligado, en las escalas doméstica, local, nacional y global, a priorizar la salud sobre cualquier indicador económico o social de bienestar y ha puesto en entredicho el modelo civilizatorio del planeta.

Este objetivo general se particulariza en uno de investigación y otro de incidencia.

a. Objetivo particular de investigación

Con este proyecto nos proponemos ampliar el conocimiento científico sobre la exposición de niñas y niños a plaguicidas en localidades rurales desde una perspectiva que integra la investigación del ambiente, la salud y la sociedad. Durante tres años, se hará un estudio piloto en dos localidades rurales de Jalisco, situadas en ecosistemas distintos y contrastantes. Se realizarán tres muestreos de los niveles que tienen los plaguicidas más utilizados en estas comunidades en la orina de niñas y niños de tres a 13 años de edad, así como en las fuentes de agua corriente y subterránea y en los principales alimentos que consumen.

Con la participación activa e informada de actores locales y regionales de la sociedad civil y de autoridades municipales y

estatales, nos proponemos identificar y comprobar científicamente los resultados y alcances de las iniciativas de la RAAS que implementarán madres y padres de familia, organizaciones locales y autoridades municipales y estatales para disminuir el uso de plaguicidas en las actividades agropecuarias locales y desarrollar una producción agroecológica que permita un medio ambiente sano y una alimentación suficiente y libre de plaguicidas para niñas y niños de sus localidades. Estas evaluaciones periódicas nos conducirán a proponer alternativas probadas que permitan escalar una reconfiguración agrícola, alimentaria y de salud en otras localidades rurales de Jalisco y de México.

b. Objetivo particular de incidencia

Ante la evidencia científica de que en localidades rurales de México hay niñas, niños y jóvenes expuestos a plaguicidas que afectan gravemente su salud física y neurológica, un grupo de investigadores, miembros de la sociedad civil y autoridades municipales y estatales nos proponemos desarrollar un proyecto de investigación e incidencia en dos localidades de Jalisco que genere un proceso de reconfiguración agroecológica, alimentaria y de salud (RAAS). Con él pretendemos recuperar la sanidad de agroecosistemas degradados y contaminados por plaguicidas y reducir la exposición de niñas, niños y jóvenes a estos agrotóxicos para garantizar su derecho a un desarrollo integral y a vivir con bienestar.

La RAAS es un proceso socioecológico complejo orientado a recuperar la salud humana y ambiental mediante una investigación transdisciplinaria rigurosa, un diálogo abierto y plural y una colaboración estrecha de académicos con actores locales y regionales. Con la RAAS, el colectivo de este proyecto busca, por una parte, cogenerar un proceso de reflexión crítica acerca de patrones biotecnológicos que degradan los ecosistemas y dañan la salud

humana; y, por otra, cogenerar alternativas agroecológicas, alimentarias y de salud sustentables, que permitan asumir un compromiso social amplio y duradero para asegurar el derecho de niñas y niños a desarrollarse en forma saludable y sustentable en su hábitat.

Meta general de investigación

El colectivo de este proyecto, formado por académicos de ciencias de la salud, el ambiente y la sociedad, actores locales y autoridades municipales y del gobierno de Jalisco, se propone realizar una investigación transdisciplinaria y participativa a lo largo de tres años en los campos de la salud, el ambiente y la sociedad. Esta investigación implicará hacer monitoreos anuales de las condiciones de salud de niñas y niños y de los agroecosistemas y las condiciones socioeconómicas y culturales de las dos localidades de estudio. El diseño de los protocolos y resultados del monitoreo serán presentados y coevaluados por todo el colectivo. De esta práctica se espera que surjan y se evalúen alternativas de RAAS que, al difundirse en artículos y redes sociales, permitan guiar las políticas públicas y ciudadanas para disminuir la exposición de niñas y niños a plaguicidas y hacer valer su derecho a la salud y a vivir en un medio ambiente saludable y sustentable.

Meta general de incidencia

Realizar un estudio piloto en dos localidades rurales de Jalisco situadas en ecosistemas distintos y contrastantes. Para determinar la exposición de niñas y niños a plaguicidas, se hará un estudio longitudinal que permitirá identificar los niveles de agrotóxicos más utilizados en la orina de niñas y niños de tres a 13 años de edad de las localidades de estudio, en los principales alimentos que consumen y en las fuentes de agua corriente y subterránea.

Estas determinaciones permitirán diseñar, implementar y evaluar iniciativas de RAAS para disminuir el uso de plaguicidas en las actividades agropecuarias locales. Tales iniciativas las implementarán las madres y los padres de familia, organizaciones locales y autoridades municipales y estatales. Además, se desarrollará una producción agroecológica para informar de ella a productores locales y regionales y que se convenzan de que es viable y permite una alimentación suficiente y libre de plaguicidas para sus hijos y toda la familia, y de que esta producción es competitiva y sustentable.

Estrategia general de acciones de investigación e incidencia

Ante la evidencia científica de que en los dos poblados y en México hay niñas y niños expuestos a plaguicidas que afectan su salud, nos proponemos co-generar con ellos, madres y padres de familia, maestras y maestros y autoridades locales y estatales un proceso de reconfiguración agroecológica, alimentaria y de salud (RAAS) en ambas localidades. Ellos serán un motor de cambio para recuperar la sanidad de sus agroecosistemas degradados y contaminados por plaguicidas, reducir la exposición de la infancia a los agrotóxicos, iniciar una producción agroecológica y garantizar su derecho humano a vivir en un ambiente sano y con una alimentación suficiente, saludable y acorde a sus preferencias culturales. Esta estrategia deberá ser integral, multiescalar, transgeneracional y contribuir a la equidad de género.

Resultados esperados

Realizaremos una investigación longitudinal en dos localidades rurales sobre la exposición de niñas y niños de tres a 16 años de edad a los efectos en su salud física y su neurodesarrollo de los plaguicidas que se utilizan en su entorno. Mediante muestreos periódicos de las fuentes hídricas de las localidades que se estudiarán y de los

principales alimentos que consumen las niñas y los niños que viven en ellas, determinaremos el nivel de contaminación que les causan los plaguicidas. Además, pondremos a prueba una estrategia integral, centrada en los actores locales que trabajarán en disminuir la exposición de los niños a plaguicidas con base en una producción agroecológica y sustentable, que priorice la salud humana y del ambiente. Los resultados de esta investigación participativa se publicarán en revistas científicas indexadas (12 artículos) y en 10 capítulos de libros de editoriales de prestigio; y además, en la red audiovisual y en manuales para difundir las experiencias positivas que se obtengan y los obstáculos que enfrente este proyecto.

Adicionalmente, nos comprometemos a crear una pedagogía que permita constituir en forma integral sujetos sociales que transformen la realidad histórica en la que están presentes factores estructurales de larga duración y subjetivos (Zemelman, 1992). Por ello, más que en individuos aislados, nuestro trabajo se centrará en actores colectivos como unidades familiares, organizaciones de productores ejidales y privadas, juntas escolares de madres y padres de familia, juntas de usuarios del sistema de riego y en grupos agroecológicos urbano-rurales, que demandarán a sus autoridades se comprometan y participen en favor del derecho de la infancia a vivir en un medio ambiente saludable y sustentable.

Una investigación transdisciplinaria y participativa como la que nos proponemos realizar no se ha reportado en la literatura científica, que ha priorizado los enfoques de una sola disciplina y no ha incluido la incidencia como una forma de conocimiento científico aun cuando aporta resultados factuales para entender la complejidad de una problemática que enfrenta la infancia en localidades rurales de México.

En tres años, nos proponemos publicar al menos doce artículos en revistas indexadas, nacionales e internacionales, y ocho capítulos de libros. Estas publicaciones se sustentarán: a) en el acopio y la

determinación de 3,000 muestras de fluidos orgánicos de niñas y niños (orina principalmente); b) en el acopio y la determinación de 400 muestras de agua y de 30 peces de la cuenca del río Ayuquila y 30 del lago de Chapala, para determinar si presentan plaguicidas; c) en la evaluación del desarrollo neurocognitivo de 50 niños de cada localidad, seleccionados aleatoriamente dentro del grupo de niños de los que se obtuvo muestras de sus fluidos.

En las parcelas escolares de los dos poblados, con la anuencia y compromiso de las ejidatarias/os, de las madres y padres de familia y maestras/os, pondremos huertos en los que se produzcan alimentos libres de plaguicidas. Estos huertos serán laboratorios de vida y, por tanto, experiencias pedagógicas para mejorar la calidad de la educación.

Promoveremos entre las madres y los padres de familia, maestras y maestros la creación de un comedor escolar en las escuelas, donde se consuman principalmente los alimentos orgánicos del huerto escolar.

Asesoraremos al menos a 20 madres de familia de cada localidad para que pongan en sus casas huertos familiares y farmacias vivientes.

En tres años se espera graduar a ocho estudiantes de pregrado y de grado. Además, se realizarán 30 talleres sobre agroecología, educación ambiental, nutrición, derechos humanos de la infancia y las mujeres.

Daremos seguimiento y asesoría para que las autoridades municipales elaboren, aprueben y apliquen un reglamento y otorguen un presupuesto para promover la agroecología en los dos municipios, particularmente en las escuelas.

Elaboraremos una guía en la que recopilamos las experiencias de trabajo y que permita desarrollar en otros poblados rurales de México una RAAS.

Estrategias de diseminación

No proponemos un “modelo” infalible de políticas públicas, que seguramente terminarían con el primer cambio de administración. Proponemos probar en dos localidades que es posible reducir la exposición de niñas y niños a plaguicidas cuando los actores locales observen los resultados de la RAAS: a) un ecosistema saludable con menor contaminación química por plaguicidas; b) infantes más saludables y mejor nutridos, con menos plaguicidas; y c) organizaciones locales vigorosas e incluyentes y autoridades que atienden las demandas de sus ciudadanos y trabajan con ellos para el bienestar infantil. Este proceso inicia con ciudadanas y ciudadanos informados que priorizan la salud humana y ambiental y trabajan en favor del bienestar de la generación de relevo. Ésta podrá comprobar los alcances de la RAAS y seguir el ejemplo de sus mayores.

Referencias Bibliográficas

- Acuña, M. C. 2021. Elementos contextuales de la crisis: socioambientales, económicos, políticos, culturales y educativos. Educación Médica en un Mundo en Crisis. Fondo Editorial Universitario Islas Baleares,
- Alamilla Chan, d., & Davydova Belitskaya, V. (2020). Isla de calor y confort térmico en la Zona Metropolitana de Guadalajara. En V. Davydova Belitskaya (Ed.), *La gestión climática en Jalisco* (págs. 158-176). Guadalajara, México: Universidad de Guadalajara.
- Alatorre, R., Ramirez, M., Luz, G. d. l., Rosales, A., & Victoria, S. (2017). La Salud Ambiental en México. In *Secretaría de Salud: la salud en la Constitución mexicana* (pp.387-410). México: Colección INEHRM.
- Albert, L. (2019a). Evolución del marco legal para el control de plaguicidas en México. *La Jornada Ecológica*, 223. Retrieved from <https://ecologica.jornada.com.mx/2019/04/24/evolucion-del-marco-legal-para-el-control-de-los-plaguicidas-en-mexico-4491.html>
- Albert, L. (2019b). Funcionan hoy las leyes mexicanas para el control de los agroquímicos? *La Jornada Ecológica*, 223. Retrieved from <https://ecologica.jornada.com.mx/2019/04/24/funcionan-hoy-las-leyes-mexicanas-para-el-control-de-los-agroquimicos-5018.html>
- Albert, L., & Viveros, A. (2019). *Plaguicidas y ambiente*. Xalapa, Veracruz: RAPAN.
- Altieri, M. A. & Nicholls, C. I. (2012). *Agroecología: única esperanza para la soberanía alimentaria y la resiliencia socio-ecológica*. *Agroecología*. 7 (2): 65-83. <https://digitum.um.es/digitum/bitstream/10201/36556/1/182861-664801-1-SM.pdf>
- Artigas, J., Batisson, I., & Carles, L. (2020). Dissolved organic matter does not promote glyphosate degradation in auto-heterotrophic aquatic microbial communities. *Environmental Pollution*, 259, 113951.

- Balcazar, F. (2003) La investigación-acción participativa en psicología comunitaria. *Principios y retos*. 21 (3) 419-435. <https://www.researchgate.net/publication/28094316>
- Barandiarán, M., Esquivel, M., La cambrá, S., Suárez, G., & Zuloaga, D. (2019). *Metodología de evaluación del riesgo de desastres y cambio climático para proyectos del BID*. Banco Interamericano de Desarrollo. Obtenido de <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Metodologia-de-evaluacion-del-riesgo-de-desastres-y-cambio-clim%C3%A1tico-para-proyectos-del-BID-Documento-tecnico-de-referencia-para-equipos-a-cargo-de-proyectos-del-BID.pdf>
- Bejarano, F. (2017). *Los plaguicidas altamente peligrosos en México*. Texcoco: RAPAM.
- Benavides-Murillo, Clotilde. Jáiro Núñez Moya (2016) Enseñanza participativa y cogestiva: la experiencia de los Seminarios Participativos. *Revista Estudios*. Universidad de Costa Rica Dossier La enseñanza de las humanidades: aproximaciones metodológicas. Universidad de Costa Rica.
- Berry, P., Campbell-Lendrum, D., Corvalan, C., & Guillemot, J. (2012). *Proteger la salud frente al cambio climático: evaluación de la vulnerabilidad y la adaptación*. (K. Ebi, Ed.) Washington, DC: Organización Panamericana de la Salud. Obtenido de <https://www.paho.org/hq/dmdocuments/2013/Proteger-la-salud-frente-al-cambio-climatico.pdf>
- Bradshaw, J. (1972). Taxonomy of social need. In: McLachlan, Gordon, (ed.) *Problems and progress in medical care: essays on current research*, 7th series. Oxford University Press, London, pp. 71-82.
- Breihl, J. (2010). La epidemiología crítica: una nueva forma de mirar la salud en el espacio urbano. *Rev. Salud Colectiva, Buenos Aires*, 6(1):83-101
- Brown, P. (2007). *Toxic Exposures: Contested Illnesses and Challenges to the Dominant Epidemiological Paradigm*. Nueva York: Columbia University Press.

- Campos-Navarro, R. (2016). *Antropología médica e interculturalidad*. México: McGrawHill.
- Charron, D.F. 2012. *Ecohealth Research in Practice: Innovative Applications of an Ecosystem Approach to Health*. New York: Springer.
- Crocker, R (2010) *El costumbre y la soberanía alimentaria Wixárika*. Universidad de Guadalajara, México.
- Crocker, R. Hernández, A. Vázquez, JL Pérez, T. (2017) *Uso y conservación de las plantas medicinales en la Región Valles de Jalisco*. Ediciones de la Noche, Universidad de Guadalajara/Central Campesina Cardenista.
- Crocker, R. Moreno, G. Rodríguez, M. (2018) *Soberanía alimentaria y vida sustentable. Políticas públicas y educación participativa con los campesinos de Jalisco*. Ediciones de la Noche. Universidad de Guadalajara/Central Campesina Cardenista. México.
- Crocker, R. Muñoz, P. Vázquez, J. Pérez, T. (2019) *Relación del modo de producción de alimentos y vida sustentable en la microcuenca la Primavera-Presa de la Vega en el Estado de Jalisco, México*. Oikos Polis, Revista latinoamericana de Ciencias Económicas y Sociales, 4 (2), 1-29. Bolivia.
- Davydova Belitskaya, V., & Alamilla Chan, D. (2020). Temperature variation related to the intense development of the Guadalajara urban sprawl, Mexico (1996-2018). *Collection_Biotechnologa_y_Ciencias_Agrcolas*, 78-88. doi:DOI:10.13140/RG.2.2.32306.53446
- de Brito Rodrigues, L., Costa, G. G., Thá, E. L., da Silva, L. R., de Oliveira, R., Leme, D. M., . . . de Oliveira, G. A. R. (2019). Impact of the glyphosate-based commercial herbicide, its components and its metabolite AMPA on non-target aquatic organisms. *Mutation Research/ Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, 842, 94-101.
- Duhn, I., & Ritchie, J. (2014). "Making 'Eco-Waves': Early Childhood Care and Education Sustainability Practices in Aotearoa New Zealand." *Children, Youth and Environments*, 24(2), 123-145.

- Fagan, B. (23 de septiembre de 2017). El País. Obtenido de Cuando la niebla de Londres mató a 12.000 personas: https://elpais.com/elpais/2017/09/22/ciencia/1506088787_993438.html
- Fleury, S. 2007. Los patrones de exclusión e inclusión social. Ciudadanía y Desarrollo Humano. Siglo XXI Editores. S.A.
- Forget, G. y Lebel, J. 2001. An ecosystem approach to human health. *International journal of occupational and environmental health*.
- Frenk, J. (01 de febrero de 1985). *Estado y Salud*. Obtenido de Nexos : <https://www.nexos.com.mx/?p=4443>
- Frenk, J. (1985). *Estado y Salud*. Nexos Retrieved from <https://www.nexos.com.mx/?p=4443>
- Frumkin, H. (2010). *Salud Ambiental. De lo global a lo local*. México: Organización Panamericana de la Salud, OPS.
- GCCIP. (1997). *Global Climate Change Information Programme*. WMO. Obtenido de <http://www.doc.mmu.au.uk/>
- González Gaudiano, E. J., & Meira Cartea, P. Á. (2009). Educación, comunicación y cambio climático. Resistencias para la acción social responsable. *Trayectorias*, 11(29), 6-38. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/607/60712749003.pdf>
- González Gaudiano, E. J., & Meira Cartea, P. Á. (2020). Educación para el cambio climático: ¿Educar sobre el clima o para el cambio? *Perfiles educativos*, 42(168), 157-174. doi:<https://doi.org/10.22201/iisue.24486167e.2020.168>
- González, H. (2019). What socioenvironmental impacts did 35 years of export agriculture have in Mexico? (1980–2014): A transnational agri-food field analysis. *Journal of Agrarian Change*, 20(1), 163-187. doi:10.1111/joac.12343
- González, L., & Hersh, P. (1993). Aportes para la construcción del perfil epidemiológico socio cultural de una comunidad rural. *Salud Pública de México*, julio - agosto, año/vol. 35, n°004, 393 - 402.

- González, L. (2007) La Pedagogía Crítica de Henry A. Giroux. *Sinéctica*. 29: 83-88. <https://www.researchgate.net/publication/237043529>
- Gran, J. A., & Ramos, S. L. (2021). Percepción de riesgos a la salud frente al cambio climático en México. *Regions & Cohesion*, 11(2), 57-82. doi:10.3167/reco.2021.110204
- Granda, E. 2009. El saber en salud pública en un ámbito de pérdida de antropocentrismo y ante una visión de equilibrio ecológico. En La salud y la vida. Quito. Ministerio de Salud Pública de Ecuador, OPS/OMS, CONASA, Consejo Nacional de Educación Superior, Universidad de Cuenca, Universidad Nacional de Loja.
- Grotzer, T., & Lincoln, R. (2007). Education for 'Intelligent Environmental Action' in an Age of Global Warming. En S. C. Moser, & L. Dilling (Edits.), *Creating a Climate for Change: Communicating climate change and facilitating social change*, (págs.266-280). Cambridge: Cambridge University Press. Obtenido de <https://clic.gse.harvard.edu/files/clic/files/cccgrotzerlincoln.pdf>
- Haro, J. A. (2013). El planteamiento de una epidemiología sociocultural: principios cardinales y modelos de aplicación. En O. Romaní, *Etnografía, metodologías cualitativas e investigación en salud: un debate abierto* (págs.21-42). Tarragona: Publicaciones URV.
- Hartman, S., Chiarelli, D. D., Rulli, M. C., & D'Odorico, P. (2021). A growing produce bubble: United States produce tied to Mexico's unsustainable agricultural water use. *Environmental Research Letters*.
- Harvard University . (09 de 07 de 2021). *The Health Effects of Climate Change*. Obtenido de Comienza a aprender de las mejores instituciones del mundo: The Health Effects of Climate Change
- Hernández, L. J. (2009). Qué critica la epidemiología crítica: Una aproximación a la mirada de Naomar Almeida Filho . *Boletín del Observatorio en Salud Vol. 2, No. 4*, 18-28.
- Herrera-Lima, S. (2018). Lo socioambiental como objeto de comunicación:

debates y tendencias en la intersección de la comunicación pública, de la ciencia y la comunicación ambiental. En S. Herrera-Lima, & C. E. Orozco M. (Edits.), *Comunicar ciencia en México. Prácticas y escenarios* (págs. 59-89). ITESO. Recuperado el 20 de 10 de 2021, de The world's largest collection of open access research papers: <https://core.ac.uk/download/pdf/225145481.pdf>

Hersch, P. (2008). Lo sociocultural desde la perspectiva biomédica. Una revisión de publicaciones en torno al tema. *Región y Sociedad*, vol. 20 esp 2, 164 - 264.

Hersch, P. (septiembre – octubre de 2013). Epidemiología sociocultural: una perspectiva necesaria. *Salud Pública de México*, 55(5).

INEGI. (2010a). *Censo de Población y Vivienda, 2010. Panorama sociodemográfico de México*. Retrieved from Aguascalientes, México: <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2010/>

INEGI. (2010b). Censo General de Población y Vivienda. Retrieved from <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2010/>

INEGI. (2013). *Censo de Escuelas, Maestros y Alumnos de Educación Básica y Especial 2013 Atlas Educativo*. Recuperado el 13 de Enero de 2020, de Sitio Web de Atlas Educativo INEGI: <https://www.inegi.org.mx/sistemas/mapa/atlas/>

INEGI. (2016). Encuesta Mensual de la Industria Manufacturera. Retrieved from <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/encuestas/establecimientos/secundario/emim/tabulados.aspx>. (May 3, 2019)

INSP. (2021). Instituto Nacional de Salud Pública. Glosario epidemiológico. Retrieved from <https://www.insp.mx/nuevo-coronavirus-2019/glosario-epidemiologico.html>

INSP. (23 de agosto de 2021). Instituto Nacional de Salud Pública. Obtenido de Glosario epidemiológico: <https://www.insp.mx/nuevo-coronavirus-2019/glosario-epidemiologico.html>

- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press. Recuperado el 21 de 08 de 2021, de <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/#TS>
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (28 de 07 de 2021). *IPCC WGI Interactive Atlas*. Obtenido de IPCC Working Group I (WGI): Sixth Assessment Report: <https://interactive-atlas.ipcc.ch/>
- Iriart, C., Waitzkin, H., Breilh, J., Estrada, A., & Merhy, E. E. (2002). Medicina Social Latinoamericana: aportes y desafíos. *Rev Panam Salud Publica/Pan Am J Public Health* 12 (2), 128-136.
- Kuhn, T. 1981. *Scientific Revolutions*. Oxford University Press, Oxford.
- Laurell, A.C. 2005. La política de salud del gobierno de la ciudad de México. Observatorio Latinoamericano de Salud. Quito: CEAS.
- Leaf, A. (1989). Potential Health Effects of Global Climatic and Environmental Changes. *N Engl J Med*, 321, 1577-1583. doi:DOI: 10.1056/NEJM198912073212305
- León Rodríguez, A. P., & Infante Bonfiglio, J. M. (2014). Una evaluación crítica de una experiencia de Educación Ambiental para la Sustentabilidad en el nivel educativo básico en Nuevo León, México. *CPU-e, Revista de Investigación Educativa*(19), 184-212.
- Leyva-Soto, L., Balderrama-Carmona, A., Moran-Palacio, E., Diaz-Tenorio, L., & Gortares-Moroyoqui, P. (2018). Glyphosate and aminomethylphosphonic acid in population of agricultural fields: Health risk assessment overview. *Appl. Ecol. Environ. Res*, 16, 5127-5140.
- López-Moreno, S., Garrido-Latorre, F., & Mauricio Hernández-Avila. (2000). Desarrollo histórico de la epidemiología: su formación como disciplina científica. *Salud Publica de México*, vol.42, no.2, marzo-abril, 133-143.

- Martínez Pacheco, M. I., & Carballo Carrillo, L. (2013). La educación ambiental rural desde las escuelas básicas y por estas. *Revista Electrónica Educare*, 17(2), 69-79.
- Menéndez, E. (1994:74). La enfermedad y la curación ¿Qué es medicina tradicional? *ALTERIDADES* 4 (7), 71 - 88.
- Menéndez, E. L. (1998). Estilos de vida, riesgos y construcción social. Conceptos similares y significación diferente. *Estudios Sociológicos XVI*:46,37 - 67.
- Menéndez, E. L. (2002). *La parte negada de la cultura. Relativismo, diferencias y racismo*. Barcelona: Ballaterra.
- Ménendez, E. L. (2009). *De sujetos, saberes y estructuras*. Quito, Ecuador: Lugar editorial.
- Ménendez, E. L. (2009). *De sujetos, saberes y estructuras*. Quito, Ecuador: Lugar editorial.
- Ménendez, E. L. (2009). *De sujetos, saberes y estructuras*. Quito, Ecuador: Lugar editorial.
- Miller, T., & Spoolman, S. (2014). *Sustaining the earth: an integrated approach*. Pacific Grove, CA: Brooks/Cole.
- Morales Espinosa, M. C. (2012). Hacia una comunidad de práctica con enfoque intercultural: la escuela telesecundaria Tetsijtsilin en Tzinacapan, Cuetzalan, Puebla. *CPU-e, Revista de Investigación Educativa*(14), 18-43.
- Morales-Borrero, C., Borde, E., Eslava-Castañeda, J. C., & Concha-Sánchez, S. C. (2013). ¿Determinación social o determinantes sociales? Diferencias conceptuales e implicaciones praxiologicas. *Rev. salud pública*. 15 (6), 997-808.
- Morin, E., 2007. *Introducción al pensamiento complejo*. Barcelona: ed., Gedisa. Organización Panamericana de la Salud. (2011). *Lineamientos para evaluar la vulnerabilidad de la salud frente al cambio climático en Colombia: Documento de apoyo para las autoridades de salud en Colombia*. Bogotá, D.C.: Organización

Panamericana de la Salud/Organización Mundial de la Salud OPS/OMS. Obtenido de https://www3.paho.org/col/index.php?option=com_content&view=article&id=1532:lineamientos-para-evaluar-la-vulnerabilidad-de-la-salud-frente-al-cambio-climatico-en-colombia&Itemid=361

- Paz, F. M. (2011). El papel de la epidemiología ambiental en el desarrollo disciplinar de la epidemiología. *Colombia Médica*, vol. 42, núm. 3, julio-septiembre, 278-285.
- Perez-Maldonado, I. N., del Rocio, R. J. M., Martínez-Arevalo, L. P., Dania, L. G. O., María, A., Ake, B., ... Fernando, D. B. (2009). Exposure assessment of polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) in Mexican children. *Chemosphere*, 75(9), 1215-1220. doi:10.1016/j.chemosphere.2009.01.083
- Porras Contreras, Y. A. (2016). Formación de profesores de ciencias en el ámbito de la sustentabilidad: Una propuesta didáctica para el desarrollo de la competencia intercultural. *Bio-grafía: escritos sobre la biología y su enseñanza*(Extra.1), 249-261.
- Racionero, S., & Serradell, O. (2005). Antecedentes de las comunidades de aprendizaje. *Educar*, 35, 29-39.
- Ramírez, R., Mejía, R., Calderón, J., Montero, R., & Yáñez, L. (2014). Concentraciones urinarias de metabolitos de plaguicidas organofosforados en niños y adolescentes de una zona agrícola de México. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 1(4), 87-94.
- Rendón-von Osten, J., & Dzul-Caamal, R. (2017). Glyphosate residues in groundwater, drinking water and urine of subsistence farmers from intensive agriculture localities: a survey in Hopelchén, Campeche, Mexico. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(6), 595.
- Rivero, N. (2012). *Evaluación de los efectos en salud por la exposición a plaguicidas en niños de San Luis Potosí*. (Doctorado). Universidad Autónoma de San Luis Potosí, San Luis Potosí.

- Rolando García. 2007. Conceptos básicos para el estudio de sistemas complejos. GEDISA.
- Schopenhauer, A. (1969, 1a. edic. 1819). *The World as Will and Representation*. USA: Dover Edition.
- Sierra-Díaz, E., Celis-de la 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. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(4). doi:10.3390/ijerph16040562
- Sponsler, D. B., Grozinger, C. M., Hitaj, C., Rundlöf, M., Botías, C., Code, A., . . . Suryanarayanan, S. (2019). Pesticides and pollinators: A socioecological synthesis. *Science of the Total Environment*, 662, 1012-1027.
- Tomas, L., Girenti, S., & Jackson, C. (Marzo de 2017). Pre-service teachers' attitudes toward education for sustainability and its relevance to their learning: implications for pedagogical practice. *Environmental Education Research*, 23(3), 324-347. Universidad de Guadalajara. (2020). *Líneas de Generación y Aplicación del Conocimiento (LGAC)*. Obtenido de Maestría en Ciencias de la Salud Ambiental: <http://saludambiental.udg.mx/lineas/>. Wainstein, M., 1994. *Complejidad e Incertidumbre*, Buenos Aires. Available at: <https://www.mentalsys.com/Martin.htm>.
- Trejo-Acevedo, A., Rivero-Pérez, N. E., Flores-Ramírez, R., Orta-García, S. T., Varela-Silva, J. A., & Pérez-Maldonado, I. N. (2012). Assessment of the levels of persistent organic pollutants and 1-hydroxypyrene in blood and urine samples from Mexican children living in an endemic malaria area in Mexico. *Bulletin of environmental contamination and toxicology*, 88(6), 828-832.
- Waltner, T. D. y Kay, J. 2005. The Evolution of an Ecosystem Approach: The Diamond Schematic and an Adaptive Methodology for Ecosystem Sustainability.

- WHO. (2018). *IARC Monographs on the Identification of Carcinogenic and Hazards to Humans*. New York. Retrieved from <https://monographs.iarc.fr/agents-classified-by-the-iarc/> (Consulted: September 25, 2019)
- World Health Organization. (1999). *Health Impact Assessment: main concepts and suggested approach*, Brussels: Regional Office for Europe. Brussels: WHO.
- Zemelman, H. (1992). *Los horizontes de la razón: uso crítico de la teoría* (Vol. 2): Anthropos Editorial.

Perspectivas/oportunidades: hacia dónde vamos

Silvia Lizette Ramos de Robles

Felipe de Jesús Lozano Kasten

Martha Georgina Orozco Medina

Valentina Davydova Belitskaya

En este capítulo presentamos una serie de reflexiones que desde la interdisciplina nos permiten problematizar los objetos de investigación, así como sus oportunidades de estudio a partir de su pertinencia científica y la incidencia social. Todo ello asociado a las líneas de especialización, así como de generación de conocimiento que operan en la Maestría en Ciencias de la Salud Ambiental. Abrimos un espacio donde investigadores participantes de este posgrado, planteamos nuestras visiones en torno al campo de la salud ambiental pero entendidas desde nuestra formación y nuestra experiencia en el campo. A partir de ello plateamos algunas perspectivas que orientan nuestra labor tanto como docentes como investigadores.

Formar investigadores en salud ambiental: un acto social

Silvia Lizette Ramos de Robles

Reflexionar y sustentar la pertinencia social y científica de un posgrado implica necesariamente hacer explícita la noción que tenemos en torno a la formación y en específico a la formación de los nuevos investigadores de la salud ambiental. Para ello propongo analizar uno de los planteamientos que hace uno de los teóricos clásicos que ha estudiado la formación, Bernard Honoré, quien desde 1980 argumenta que hablar de la formación es hablar del acto implícito en ella:

“La formación está en acto, queda pensarla. La formación está por conocer. Es haciendo de ella un objeto del pensamiento científico como podremos encontrar sus fundamentos y de esta forma asegurar las condiciones favorables para su porvenir. Es también ese nuevo conocimiento el que contribuirá quizás al progreso de las ciencias llamadas humanas” (p.9).

Siendo la formación un campo de acción y un objeto de estudio plausible de ser investigado y cuya comprensión nos permite su mejora, considero este tipo de textos un buen ejercicio para comprender la realidad desde la cual “formamos” y “transformamos”.

La riqueza de los planteamientos de Honoré radica en su profundo análisis en torno a lo que es la formación y desde el cual no podríamos trascender como seres sociales y societales. En su visión la formación concierne no solo al presente sino al porvenir del hombre de manera mucho más profunda, más radical, es la formación la explicación de nuestro o nuestros posibles futuros, es más esencial que cualquier otro campo de acción del que hasta ahora se haya podido hacer la experiencia.

En este sentido, ¿Para qué formamos los posgrados? ¿Para qué y que tipo de investigadores estamos formando desde la Maestría en Salud Ambiental?

Son preguntas que podrían llevarnos horas de discusión y análisis, pero dado que gran parte de las evidencias están en el acto formativo podría compartir mi visión desde lo vivido dentro de la Maestría en Ciencias de la Salud Ambiental.

En sus 26 años de vigencia este posgrado ha “formado” a 124 investigadores su proceso formativo ha sido producto de una serie de encrucijadas entre visiones y necesidades sociales, institucionales, profesionales y personales. Se ha transitado también por distintos momentos de desarrollo de las ciencias de su valoración epistemológica y de sus aplicaciones sociales.

Aunado a ello y siendo la salud ambiental un campo de conocimiento cuya aplicación promete la mejora de aspectos básicos y trascendentales como la salud, el bienestar y el medio ambiente, su papel resulta crítico.

Actualmente en el contexto nacional y desde los planteamientos del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología se nos ha pedido a los posgrados (formadores de investigadores) que analicemos nuestra pertinencia científica, así como la incidencia social. Independientemente de los fines e intereses de dicha solicitud considero que el ejercicio nos ayuda a comprender cómo estamos desarrollando la “formación”.

Para el caso de la pertinencia científica y retomando los aspectos que nos solicitan como indicadores podemos identificar que la MCSA:

- a) Responde a los planteamientos y objetivos de organizaciones internacionales como la Organización Mundial de la Salud, Organización Panamericana de la Salud, la Organización de las Naciones Unidas y los Objetivos del Desarrollo Sustentable. De acuerdo con estos organismos se deben sumar esfuerzos desde distintos ámbitos para la atención de los temas de emergencia global, entre ellos: Salud y bienestar, hambre, educación, agua limpia, energía no contaminante,

ciudades y comunidades sostenibles, producción y consumo responsable, acciones por el clima, ecosistemas terrestres, por mencionar algunos. En este sentido la MCSA ha desarrollado investigación y generados conocimientos para la comprensión y la atención de estos problemas en sus manifestaciones locales. El conocimiento generado además de publicarse, ha estado siempre al servicio de las comunidades, así como de los tomadores de decisiones.

- b) Otro elemento de pertinencia científica se sustenta en la congruencia que presentan los temas abordados en la maestría a través de sus LGAC y de las áreas de especialización con los Programas Nacionales Estratégicos y las Áreas de Emergencia Ambiental identificados por el Conacyt, en donde el posgrado tiene ya una trayectoria sólida que le permite dar continuidad a lo marcado por organismos nacionales.
- c) Las publicaciones realizadas a partir de los proyectos de investigación desarrollados y que se presentan en distintas revistas tanto de investigación como de divulgación científica, así como en libros y capítulos de libro.
- d) La colaboración de distintos actores sociales en los proyectos y principalmente la de los habitantes de las comunidades es un elemento de pertinencia científica y social. Dado que considerar sus saberes es un elemento necesario para la comprensión de la situación que prevalece en torno a su salud y el territorio habitado.

Por su parte la pertinencia social se puede evidenciar a través de aspectos como:

- a) La formación de nuevos investigadores en el campo de la salud ambiental que a partir de una formación integral sean capaces de desarrollar investigaciones interdisciplinarias y transdisciplinarias en las cuales relacionen sistémicamente

los ámbitos de salud humana y la salud de los ecosistemas.

- b) La retribución social del posgrado también se logra a través de poner al servicio de los ciudadanos y los gobernantes la información y el conocimiento generado para que puedan mejorar su calidad de vida y la calidad de los ecosistemas. Reconocemos que la formación de nuestros estudiantes es gracias a la suma de esfuerzos entre instituciones como Conacyt (quien ofrece las becas) y la UdeG que garantiza la calidad de sus docentes y su infraestructura para el buen logro de las metas académicas. Por tanto, los resultados de este proceso se ponen al servicio de la sociedad.
- c) La inserción de nuestros egresados en los sectores públicos/educativos y de gobierno es una forma más de pertinencia social, dado que un 70% está actualmente laborando en dichos sectores.
- d) Otro aspecto más de pertinencia social, consiste en la búsqueda constante del bienestar de las comunidades humanas y la calidad del medio ambiente atendiendo los problemas que son considerados como de emergencia local y nacional. La atención a la salud y al medio ambiente son aspectos prioritarios que la MCSA tiene más de 25 años atendiendo.

En síntesis, la pertinencia científica y social del posgrado radica no solo por su atención de las demandas y problemas locales, sino nacionales e internacionales.

Nuestra trayectoria nos ha permitido ofrecer desde el campo de la salud ambiental conocimientos sobre las manifestaciones locales del cambio climático, la contaminación del agua, del aire, la contaminación del río Santiago, del lago de Chapala, los problemas de salud pública e individual asociados al ambiente, enfermedades como la insuficiencia renal crónica, el cáncer y la diabetes. Hemos

puesto en evidencia la relación entre la salud humana y el uso de plaguicidas utilizados en la agroindustria. Las afectaciones de dichos plaguicidas (neonicotinoides específicamente) en la disminución drástica de polinizadores (abejas melíferas). Se ha alertado en torno a los alimentos calorigénicos y obesigénicos.

Nos hemos manifestado desde la academia en torno a las quemas anuales del bosque de la Primavera, la mala calidad del aire en la ciudad, los desarrollos inmobiliarios que han modificado de forma negativa el ambiente construido de la AMG. Hemos indagado sobre los estilos de vida y la vivienda considerando los determinantes sociales y ambientales. Se ha también atendido a través de la investigación aspectos relacionados con los derechos humanos ambientales de los jaliscienses, en especial los habitantes de los márgenes del río Santiago en los municipios del Salto y Juanacatlán. A partir de estos elementos reconozco que el posgrado se encuentra en una encrucijada entre la profesionalización y la formación, donde por una parte como parte de una institución debemos rendir cuentas a un campo del conocimiento y por otra tenemos un fuerte compromiso social a partir del cual pretendemos avanzar y trascender.

}

Pretendemos que nuestra pertinencia social y científica se siga fortaleciendo los procesos formativos y que nuestros estudiantes y profesores ofrezcan, a través de la investigación, una mejor calidad de vida y un mejor entorno para vivir no solo más años, sino en las mejores condiciones. Buscar las estrategias que nos permitan disminuir la carga de enfermedad es uno de nuestros compromisos. Se trata de cultivar «juntos» todas las posibilidades de adquisición y de expresión de «compartir» la obra cultural en un esfuerzo común de comprensión, de significación, de renovación, a veces de creación (Honoré, 1980: 27).

En este sentido nuestra perspectiva es formar para trascender, formar para buscar el bienestar, formar para construir un planeta que nos ofrezca mejores condiciones para habitarlo.

Referencias bibliográficas

Honoré, B. (1980). *Para una teoría de la formación*. Madrid: Narcea.

La investigación interdisciplinaria

Felipe de Jesús Lozano Kasten

La Investigación que se desarrolla en Maestría en Ciencias de la Salud Ambiental (MCSA) se encuentra anidada o gestionada entre dos organizaciones de docencia e investigación; la Universidad de Guadalajara, y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt), institución del Estado que impulsa, financia y evalúa los posgrados en el país. Hecho que no debe sorprender dado que ambas organizaciones históricamente han acordado impulsar desde sus propias organizaciones la educación de posgrado y la investigación. Por un lado la Universidad de Guadalajara de acuerdo al su Plan de Desarrollo Institucional, busca diversificar y ampliar la investigación básica y aplicada *con impacto social* a través de la transferencia tecnológica y de conocimiento *enfocada a la atención de los problemas del desarrollo local, regional, nacional y mundial*, incorporando la participación activa y coordinada de alumnos y académicos, trabajando en la formación de talentos partícipes de una sociedad global y generadora de nuevas tecnologías y conocimientos que contribuyan al desarrollo sostenible de las regiones de Jalisco.

Por el otro lado, la distinción principal del Conacyt es la de apoyar a organizaciones académicas como la Universidad de Guadalajara a diseñar proyectos que incluyan *saberes y métodos arraigados en la academia, en el gobierno y en la sociedad*; que puedan usarse de

forma innovadora para desarrollar y difundir nuevos conocimientos e instrumentos teóricos, metodológicos, técnicos, institucionales y organizacionales; que den mayor dimensión a los sujetos sociales con capacidades para la transformación, a generar investigación de frontera con *impacto social a través de la investigación básica y aplicada en nuevos campos del conocimiento, alineada con los Objetivos del Desarrollo Sostenible, y en beneficio de los sectores público, privado y social.* y cuyo objetivo estratégico; es incrementar la colaboración entre investigadores que trabajan en líneas de generación y aplicación del conocimiento para solución de problemáticas en los ámbitos regional, nacional e internacional a través de la innovación. Ninguna de las dos instituciones plantea directamente la docencia e investigación interdisciplinaria, pero si lo sugieren, sin embargo, la MCSA ha planteado que su Misión es; crear una comunidad de aprendizaje sustentada en un programa académico, formador de recursos humanos para la investigación y enseñanza de las interrelaciones múltiples que existen entre la salud y los ambientes diversos donde habitan, trabajan y recrean los individuos y poblaciones, tarea desarrollada a través del *trabajo interdisciplinario*, posibilitando así el abordaje de la salud y el ambiente desde múltiples perspectivas y métodos científicos, y su Visión es; ser un programa de alto nivel y calidad en el país, sustentado por *un grupo académico interdisciplinario consolidado*, cuyos impactos académicos y sociales por la calidad de sus egresados, generación del conocimiento y contribución a la solución de problemas prioritarios de salud y ambiente, le situó entre los mejores programas educativos de posgrado orientados a la investigación a nivel regional, nacional y latinoamericano, lo anterior sustentado en marcos teóricos sólidos que sustentan las líneas principales de investigación de la MCSA, desde donde nos observamos, y hemos trazado nuestras líneas de trabajo. En las líneas que hemos leído anteriormente, seguramente se encuentran definidas y configuradas las perspectivas/oportunidades, y él hacia

donde vamos en el campo de la docencia e investigación en salud ambiental.

Es posible que un primer paso lo debemos dar hacia una redefinición de la interdisciplinariedad al interior del núcleo académico básico de profesores y a su vez en el proyecto, este último desarrollado a través de una reconfiguración curricular en los objetos de estudio, donde la investigación interdisciplinaria no excluye de modo alguno la biomedicina ambiental, no puede prescindir de estudios especializados, ya que comprendemos que en los ecosistemas y la salud existen elementos que deben ser estudiados como parte del todo, el reto será su vinculación con otras disciplinas desde sus planteamientos disciplinares. Así necesariamente se deberemos formar equipos de investigación multidisciplinarios, solo así se podremos desarrollar la metodología interdisciplinaria para la investigación de sistemas complejos, como los socioambientales.

La formación de investigadores capaces de realizar estudios interdisciplinarios ha sido discutida desde hace décadas (Apostel 1975). Sin embargo, la pertinencia científica y la incidencia social a desarrollar a través de los productos de las líneas de especialización de la MCSA son un reto que enfrentará muchos obstáculos, algunos cuya resolución conlleva elevados niveles de incertidumbre y complejidad, cada vez son más los problemas de salud pública derivados del medio ambiente, cada año mueren aún más niños en el mundo por desnutrición, por la calidad y cantidad de agua de que disponen, el aire que se respira, el cambio climático, las ciudades contaminadas, no son nuevos pero si es nuevo las dimensiones que han adquirido, se requiere un cambio profundo en la formación de los científicos que signifique una toma de conciencia de la dimensión social de la ciencia y de la responsabilidad social del científico. Cualquier sistema complejo, implica enfrentar este tipo de cuestiones, se demanda prospectivamente investigadores

realizando el diagnóstico de raíz de los problemas de salud y ambiente, ya sea para prevenirlos, o para generar políticas que detengan y reviertan el deterioro. (García, 2006)

Referencias bibliográficas

Apostel, Leo, *et al.*, 1975. Interdisciplinaria, Problemas de la Enseñanza y de la investigación en las universidades. Paris: OCDE. México: ANUIES.

Tendencias y retos en el campo profesional de la salud ambiental

Martha Georgina Orozco Medina

En el campo de la Salud ambiental por la propia naturaleza de la disciplina se hace esencial e indispensable la incidencia social la cual se puede establecer a partir del diseño de los proyectos y de la articulación de acciones y fases metodológicas. Con la evolución de los campos de aplicación de la salud ambiental se ha hecho cada vez más complejo y sofisticado el esquema de organización interdisciplinario, pero también se ha evolucionado a un campo más fortalecido y pertinente. Existen distintos proyectos en el ámbito de la contaminación del aire y ruido ambiental que han configurado ese modelo de incidencia puesto que han avanzado desde la identificación de una problemática específica a la articulación de métodos y desarrollo de fases de trabajo con la inclusión de teorías, conceptos, posturas y discusiones consultadas y realizadas de viva voz con especialistas, así como la observación directa y el trabajo socioambiental con los que sufren y padecen la problemática a pesar de que no siempre son conscientes de ello y frecuentemente los problemas pasan inadvertidos o no se hace una reflexión concreta tanto del origen de la problemática como de sus causas y consecuencias.

Las perspectivas y oportunidades son todo un panorama de posibilidades hacia las que se tiene que ir abriendo el programa en su conjunto y ello requiere tanto del compromiso institucional como de sus coordinadores, núcleo académico, planta docente como de los estudiantes que se incorporan en su trayectoria formativa, así las posibilidades de desarrollar proyectos innovadores, pertinentes, creativos y válidos desde el punto de vista científico y con el enfoque de incidencia social más que una perspectiva u oportunidad *per se*, debe ser una constante que cubra la expectativa en el desarrollo de los proyectos de investigación que desarrollan los estudiantes como parte de sus proyectos de tesis, la riqueza y el beneficio de

visualizarlo de esta forma es un forma de que la ciencia se comprometa con la puesta en marcha de diagnósticos, caracterizaciones y en su caso avanzar a generar bases teóricas que en su momento puedan apoyar la elaboración de programas incluso de políticas públicas.

La salud ambiental demanda esa posibilidad de crecer y avanzar a un esquema más comprometido con la incidencia social y la única forma de concretarlo es contar con la tendencia de proyectos que abran sus expectativas a esas realidades en las que la población está pasando por un problema y de la mano de las herramientas y métodos que ofrece la salud ambiental a partir del compromiso y visión de los científicos que integran el programa académico de la Maestría en Ciencias de la Salud Ambiental se puede volver a un escenario real y factible.

Perspectivas de educación en campo de clima y cambio climático.

Valentina Davydova Belitskaya

A lo largo de las últimas tres décadas, la investigación en materia del cambio climático y los estudios relacionados han crecido tanto en número, también en cantidad y calidad de temáticas reducidas y enfocadas. Sin embargo, según González y Meira (2020) se visualiza apatía que las ciencias sociales y la educación en general han manifestado y manifiestan sobre este problema incluso con una tendencia hacia un colapso generalizado.

El cambio climático es un fenómeno global de creciente interés científico, político, social y mediático, porque sus repercusiones afectan y alteran prácticamente la totalidad de las actividades humanas. De igual forma, perturba el funcionamiento de la biosfera y la integridad de los ecosistemas en su conjunto, con impactos variados en el soporte vital de los ciclos biogeoquímicos. Es también un espacio de disputa y polarización política en el que demasiadas

veces imponen sus condiciones los intereses económicos, sin importar la progresiva vulnerabilidad que el fenómeno genera, sobre todo en las zonas tropicales y las regiones de mayor pobreza (González Gaudiano & Meira Cartea, 2020)

Por lo anterior, es muy entendible la necesidad de priorizar la educación ambiental particularmente en campo del clima cambiante (Grotzer & Lincoln, 2007; González Gaudiano & Meira Cartea, 2009; Herrera-Lima, 2018). Solamente la generación del conocimiento *holístico* sobre el clima y funcionamiento del sistema climático terrestre (GCCIP, 1997), se puede formar especialistas capaces de desarrollar acciones climáticas concretas para aminorar los impactos del clima cambiante en una población vulnerable que vive una región geográfica determinada.

Análisis de la pertinencia científica y la incidencia social

Actualmente, el programa de la Maestría en Ciencias de la Salud Ambiental visualiza cuatro líneas de generación de conocimiento:

- Biomedicina ambiental.
- Ecosistemas y salud.
- Cambios ambientales, riesgo y salud.
- Epidemiología socioambiental.

Realmente en cada una de estas líneas se puede, incluso se debe, incluir temarios relacionados con los impactos del cambio climático, por ejemplo:

- Cambio climático y sus efectos en la salud pública
- Vulnerabilidad de población ante impactos de cambio climático

- Ecosistemas y cambio climático
- Urbanización y su resiliencia ante los impactos del cambio climático etc.

Definitivamente nuestro posgrado ha logrado desarrollar muy buenos trabajos de investigación que han confluído en tesis profesionales, los que brindaron algunas respuestas en materia de vulnerabilidad de asentamientos de extrema pobreza en regiones de alto riesgo ante lluvias intensas y las inundaciones fluviales (Gran & Ramos, 2021). También se analizó el impacto de olas de calor en zonas urbanas y su efecto en la salud pública (Davydova Belitskaya & Alamilla Chan, 2020a; Alamilla Chan & Davydova Belitskaya, 2020b).

Sin embargo, y de acuerdo a la descripción de la tercera línea de generación de conocimientos, quizás es la dirección del desarrollo de proyectos de tesis, los que podrían enfocar métodos para construir las acciones climáticas en atención a la problemática regional:

Esta línea considera el análisis y caracterización de procesos ambientales planetarios que repercuten y demandan acciones pertinentes para prevenir, atender y reducir las condiciones de vulnerabilidad, conservando la resiliencia de los sistemas para mantener el bienestar de las comunidades (Universidad de Guadalajara, 2020).

La incidencia social de estos trabajos de investigación aplicada podría ser muy alta, sustancialmente alta, si los proyectos incluirían la participación de la sociedad en éstos, así como incluir las autoridades locales. Solamente, y a partir de esta colaboración se puede detectar la problemática ambiental de localidad con un común denominador, buscando desarrollo de trabajos que brindan acciones y promuevan la formación y cultura ambiental entre los participantes.

Referencias bibliográficas

- Alamilla Chan, D., & Davydova Belitskaya, V. (2020). Isla de calor y confort térmico en la Zona Metropolitana de Guadalajara. En V. Davydova Belitskaya (Ed.), *La gestión climática en Jalisco* (págs. 158-176). Guadalajara, México: Universidad de Guadalajara.
- Davydova Belitskaya, V., & Alamilla Chan, D. (2020). Temperature variation related to the intense development of the Guadalajara urban sprawl, Mexico (1996-2018). *Collection_Biotecnologia_y_Ciencias_Agrícolas*, 78-88. doi:DOI:10.13140/RG.2.2.32306.53446GCCIP.
- González Gaudiano, E. J., & Meira Cartea, P. Á. (2009). Educación, comunicación y cambio climático. Resistencias para la acción social responsable. *Trayectorias*, 11(29), 6-38. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/607/60712749003.pdf>
- González Gaudiano, E. J., & Meira Cartea, P. Á. (2020). Educación para el cambio climático: ¿Educar sobre el clima o para el cambio? *Perfiles educativos*, 42(168), 157-174. doi:<https://doi.org/10.22201/iisue.24486167e.2020.168>
- Gran, J. A., & Ramos, S. L. (2021). Percepción de riesgos a la salud frente al cambio climático en México. *Regions & Cohesion*, 11(2), 57-82. doi:10.3167/reco.2021.110204
- Grotzer, T., & Lincoln, R. (2007). Education for Intelligent Environmental Action in an Age of Global Warming. En S. C. Moser, & L. Dilling (Edits.), *Creating a Climate for Change: Communicating climate change and facilitating social change*, (págs.266-280). Cambridge: Cambridge University Press. Obtenido de <https://clic.gse.harvard.edu/files/clic/files/cccgrotzerlincoln.pdf>
- Herrera-Lima, S. (2018). Lo socioambiental como objeto de comunicación: debates y tendencias en la intersección de la comunicación pública, de la ciencia y la comunicación ambiental. En S. Herrera-Lima, & C. E. Orozco M. (Edits.), *Comunicar ciencia en México*.

Prácticas y escenarios (págs. 59-89). ITESO. Recuperado el 20 de 10 de 2021, de The worlds largest collection of open access research papers: <https://core.ac.uk/download/pdf/225145481.pdf>

Universidad de Guadalajara. (2020). Líneas de Generación y Aplicación del Conocimiento (LGAC). Obtenido de Maestría en Ciencias de la Salud Ambiental: <http://saludambiental.udg.mx/lineas/>

WMO, (1997). Global Climate Change Information Programme. Obtenido de <http://www.doc.mmu.au.uk/>

Impreso en el mes de diciembre de 2021
en los talleres de Soporte Integral Hera S.A. de C.V.
Calle Gustavo Pena 1349, colonia Paseos del Sol, CP 45079
El tiraje fue de 300 ejemplares

