



El Colegio de
Chihuahua
Institución Pública de Investigación y Posgrado



REVISIONES

y aproximaciones multi e interdisciplinarias de temas

SOCIOAMBIENTALES

Coordinadoras:

Esmeralda Cervantes Rendón • Gabriela Montano Armendáriz

D.R. © El Colegio de Chihuahua
Calle Partido Díaz 4723
Colonia Progresista, C.P.32310
Ciudad Juárez, Chihuahua, México
Tel. +52 656 639 0397
www.colech.edu.mx

© Esmeralda Cervantes Rendón y Gabriela Montano Armendáriz por la coordinación.



Este texto fue sometido a
doble proceso ciego a cargo
de académicos externos a
esta institución.

Primera edición en formato electrónico 2023.
ISBN versión digital: 978-607-8214-73-0

Coordinación de procesos editoriales: E. Liliana Chaparro Vielma
Diseño de cubierta y diagramación: Karla María Rascón González
Corrección y edición: Joel Amaya Gardea



Licencia Creative Commons: Atribución – No Comercial – Sin Derivadas.

PUBLICACIÓN EN ACCESO ABIERTO: Se autoriza cualquier reproducción total o parcial de esta obra, siempre y cuando sea sin fines de lucro o para usos estrictamente académicos, citando invariablemente la fuente sin alteración del contenido y dando los créditos autorales.

Hecho en México
Made in Mexico

ÍNDICE

Introducción

Esmeralda Cervantes Rendón
y Gabriela Montano Armendáriz

7

PARTE I

REFLEXIONES TEÓRICO-CONCEPTUALES SOBRE LA RELACIÓN AMBIENTE- SOCIEDAD

CAPÍTULO 1

Enfoques multidisciplinares
en temas socioambientales
Marcelino García Benítez y Karina Pérez
Robles

31

CAPÍTULO 2

Una perspectiva global e
interdisciplinaria sobre la sociedad, el
territorio y el ambiente enfocada desde
el Antropoceno

Karina Romero Reza

43

CAPÍTULO 3

Educación ambiental para
abordar proyectos comunitarios
socioambientales desde la multi,
la interdisciplina y la complejidad

Claudia Janet Laffont Castañón

59

PARTE II

PANORAMAS GENERALES SOBRE SITUACIONES SOCIOAMBIENTALES

CAPÍTULO 4

El cambio climático y los aspectos
socioambientales del agua y energía en
Ciudad Juárez, Chihuahua (2011-2021)

Esmeralda Cervantes Rendón

75

CAPÍTULO 5

El huerto familiar y el nexa AEA: estudio
de revisión

Rodolfo Antonio Tejeda Guevara,
Esmeralda Cervantes Rendón y Antonio
Rodríguez Martínez

99

CAPÍTULO 6

La problemática asociada a los fertilizantes químicos en México y la recirculación de orina humana como estrategia complementaria para aumentar la fertilidad del suelo

Ana Córdova y Vázquez

113

CAPÍTULO 7

Un contexto general de la energía geotérmica en México (desafíos y áreas de oportunidad)

Efraín Gómez Arias

131

CAPÍTULO 8

Sinergia ambiente-sociedad hacia la descarbonización

Rosenberg Javier Romero Domínguez
e Isaac Pilatowsky Figueroa

155

PARTE III

APROXIMACIONES A GRUPOS SOCIALES DESDE LA ACADEMIA

CAPÍTULO 9

Proyectos de intervención comunitaria con enfoque ambiental. Una aproximación al análisis del trabajo de campo

Celina Alvarado Gamiño

183

CAPÍTULO 10

Desalinización solar fotovoltaica como alternativa de solución hídrica y energética

para comunidades costeras indígenas del norte de México

Germán Eduardo Dévora Isiordia
y Rafael Enrique Cabanillas López

201

CAPÍTULO 11

Diseño metodológico para documentar las formas de vida cucapah en el valle de Mexicali (1900-1954). Notas sobre las condiciones mínimas para la existencia colectiva

María Isabel Martínez Ramírez

217

PARTE IV

RETOS EN LA CONFORMACIÓN DE REDES DE COLABORACIÓN EN LA INVESTIGACIÓN SOCIOAMBIENTAL

CAPÍTULO 12

El reto de coordinar grupos
multidisciplinarios en los temas
de sociedad y ambiente relacionados a
energías renovables

Antonio Rodríguez Martínez
y Esmeralda Cervantes Rendón

243

CAPÍTULO 13

La investigación del cambio climático
en México,
de la multidisciplina
a la interdisciplina: el caso
del Programa de Investigación
en Cambio Climático de la UNAM

José Clemente Rueda Abad
y Rocío del Carmen Vargas Castilleja

261

Reflexiones finales

Esmeralda Cervantes Rendón

281

Introducción

Esmeralda Cervantes Rendón¹
y Gabriela Montano Armendáriz²

El estudio de lo ambiental ha sido objeto de las ciencias exactas desde sus inicios al tratar de comprender sus fenómenos físicos, químicos y comportamientos biológicos, desde cada disciplina especializada en su campo, sin embargo, al interactuar lo social y lo ambiental se identifica que no se logran obtener los panoramas completos de los fenómenos sociales y ambientales, encontrando una ruta para su estudio desde enfoques multi, inter y transdisciplinarios entre las ciencias exactas y las ciencias sociales.

Esta introducción se encuentra dividida en tres grandes secciones: en la primera se habla del recorrido de la ciencia hacia los abordajes multi, inter y transdisciplinario, en la segunda se trabajan estos abordajes dentro de los temas socioambientales, para finalizar con la explicación del objetivo y estructura del presente libro.

¹ Profesora de tiempo completo de El Colegio de Chihuahua. Correo electrónico: ecervantes@colech.edu.mx

² Profesora por asignatura de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Correo electrónico: gabriela.montano@uacj.mx

El camino de la ciencia = el origen de la multi, inter y transdisciplina

El objetivo de esta sección es realizar un breve recorrido por la historia de la ciencia con el propósito de observar rápidamente su camino para llegar a las corrientes de la multi, inter y la transdisciplina, y el cómo de cierta manera se regresa al inicio del pensamiento en donde toda la materia está de alguna forma conectada y donde todos los individuos tienen su aportación al conocimiento, tomando en cuenta la experimentación de sus vivencias y la percepción de las cosas, así como que, a pesar de que los conceptos son tan claros, en la práctica de la investigación es sumamente complejo su estudio ya que es difícil entablar un diálogo de conexión entre disciplinas.

En la historia del ser humano muchas han sido las corrientes filosóficas que han aparecido y cada sociedad encuentra un origen al significado de su pensamiento actual, pero recurrentemente se identifica con el pensamiento griego localizado antes de la aparición de Cristo, civilización que constantemente cuestionaba el porqué de las cosas o bien “*dar logos*” haciendo referencia a la comprensión, explicación racional y las causas de alguna cosa o suceso, finalmente todo en busca de “*la verdad de las cosas*”, acción que los llevó a la observación detallada y origen de pensamientos como la teoría de las formas de Platón o la mayéutica socrática, así como cuestionamientos de Aristóteles en relación con la sustancia, lógica, la causa y el origen de la vida.

Los griegos, en su búsqueda de la verdad, aplicaban reglas y observaciones que los llevaron al método deductivo e inductivo con todas estas discusiones señaladas que han trascendido en el tiempo repercutiendo en otros como Leonardo da Vinci, Copérnico y finalmente con el padre del método científico, Galileo Galilei, quien con base en las corrientes que le precedieron logró la universalidad del “método científico”, puntualizándolo en cinco etapas: 1) observación, 2) formulación del problema, 3) hipótesis, 4) fundamentación o comprobación y 5) elaboración de ley o principio, volviéndose un método universal y aplicable a las diversas áreas de la ciencia con modificación en el sujeto y objeto de estudio. Es importante señalar que personajes como Galileo Galilei poseían la característica de incursionar en las diversas áreas de la ciencia, por ejemplo, su aporte a la mejora del telescopio, observaciones astronómicas, la primera ley del movimiento y finalmente siendo considerado como un astrónomo, filósofo,

matemático y físico, caracterizándose los científicos de esos años por poseer conocimiento de diversas áreas para buscar la explicación de las cosas.

Tanto la ciencia como la sociedad van padeciendo efectos que influyen en su actuar, lo que en tiempos remotos se enfocó al desarrollo de la medicina, la búsqueda de la explicación de las funciones del cuerpo humano, la tecnología en apoyo al desplazamiento territorial en función de la comodidad o mejora de la vida, así como los hechos políticos y económicos como la Primera (1914-1918) y Segunda Guerra Mundial (1939-1945), que fueron una cruel ventana al conocimiento científico.

Para los años 70 ya se había popularizado el uso del microondas, mismo que surge de un invento basado en las *Ecuaciones de Maxwell* (1864) y perfeccionado en 1945 por Percy LeBaron Spencer con el objetivo inicial de producir ondas electromagnéticas que finalmente tuvieron un mayor efecto en la cocción de alimentos. También se dio a conocer el walkman, el microprocesador comercial, la calculadora y la televisión a color, entre muchos otros artefactos originados en un espacio de la biología, la química o la física. La referencia a dichos artefactos tiene la intención de enfatizar que el conocimiento que se genera sirve para el ser humano tanto para solucionar una problemática social como para lograr comodidad.

El conocimiento que se genera es obtenido mediante una disciplina (en latín, *discere* = aprendizaje), concepto que tiene relación con doctrina (en latín, *docto* = sabio). Ambos significados influyen en la formación profesional de un individuo de tal manera que se le inculca un método específico mediante el cual genera el conocimiento de su disciplina, que puede ser formal o fáctica (Bunge, 1995, como citado en Torres, 1998) y que se ve influido por el contexto en el que se encuentran rodeados de grupos de científicos; como un ejemplo de estas dinámicas podemos mencionar la Royal Society de Londres, creada en 1660. Todo esto cambia para 1981 con la publicación de *La estructura de las revoluciones científicas*, de Thomas Kuhn, dando un giro a la concepción de la ciencia hablando de la importancia de las comunidades científicas vistas como colectivos de personas dedicados a producir conocimiento auspiciados por un “paradigma” propio de su área, con fundamentos teóricos y procedimientos que apoyaban la evolución científica (teórica, conceptual y acumulativa) (Ferreira, 2007).

Las disciplinas actualmente se ven identificadas con los programas de estudio por campos de formación académica (Tabla 1).

TABLA 1. Disciplinas por campos de formación académica

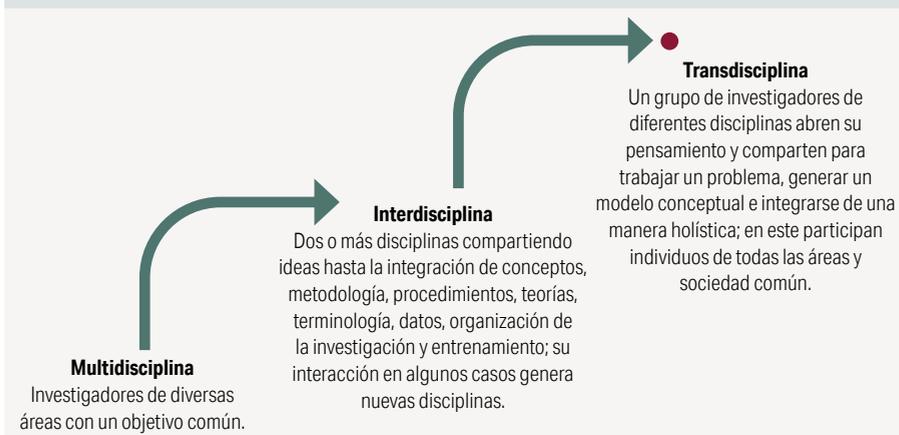
Artes y humanidades	Educación	Ciencias sociales, administración y derecho	Ciencias naturales, exactas y de la computación	Ingeniería, manufactura y construcción	Agronomía y veterinaria	Salud	Servicios
En artes lo relacionado a la música, artes escénicas, diseño y bellas artes. Humanidades va desde la teología, idiomas, literatura, historia, arqueología y filosofía.	Lo relacionado a la educación en sus diversos niveles de atención.	Ciencias sociales y estudios del comportamiento en relación con la psicología, sociología y antropología, ciencias políticas, economía y trabajo social. Ciencias de la información como comunicación, periodismo y biblioteconomía. Negocios y administración, en relación con negocios, comercio, finanzas y administración. Derecho, derecho y criminología.	Ciencias físicas, químicas y de la tierra como física, química, ciencias de la tierra y la atmósfera. Matemáticas y estadística. Ciencias de la computación.	Ingeniería industrial mecánica, electrónica y tecnología. Manufacturas y procesos. Arquitectura y construcción.	Agronomía, silvicultura y pesca. Veterinaria.	Medicina.	Deportes. Belleza. Transporte. Seguridad industrial. Seguridad pública.

FUENTE: Elaboración propia con base en Inegi (2011).

La multi, inter y transdisciplina

Actualmente es muy común escuchar en el ámbito académico señalar que el trabajo fue elaborado por un grupo de investigadores multidisciplinario, interdisciplinario o transdisciplinario, haciendo referencia a la metodología implementada y a los objetivos atendidos, pero es un esfuerzo complejo ya que el trabajo entre disciplinas va más allá de estructurar un plan de actividades: se trata de crear conceptos, modelos y la aplicación de un método en donde se logre la construcción de conocimiento inédito formado por individuos tanto del área académica como personas de la comunidad. Antes de señalar el nivel del trabajo grupal de una investigación es importante señalar las características de cada investigación (Figura 1).

FIGURA 1. Características generales de los conceptos multidisciplina, interdisciplina y transdisciplina



FUENTE: Elaboración propia a partir de los conceptos localizados en Henao et al. (2017).

Las características que adopta la ciencia en cada tiempo de la historia tienen que ver con el pensamiento que permeó en el contexto global. En los años 70 Jean Piaget planteó tres niveles (Figura 1) de colaboración e integración entre disciplinas con la finalidad de reorganizar el conocimiento mediante el diálogo e intercambio entre estas (Piaget, 1979, como citado en Torres, 1998). La multidisciplina (“muchos”) y la interdisciplina (“entre”) comienzan a ser mencionadas como las prácticas más recurrentes entre los grupos de investigación, mientras que la transdisciplina (“más allá de” o “a través de”) aparece alrededor del 2006 y se habla de una participación no de investigadores, sino de un grupo de personas con un objetivo en común, englobando —a diferencia de las otras— a la sociedad en general, es decir, no solo es una construcción entre disciplinas, sino que también participan diferentes actores de la población con la finalidad de conocer la percepción del problema desde los diferentes puntos, para poder generar una solución adecuada y apegada lo más posible a la realidad del problema que se está atendiendo.

En la Figura 1 aparece un círculo rojo sobre la transdisciplina, ya que es el punto al que actualmente los grupos de investigación pretenden llegar. El objetivo de la investigación es practicar la transdisciplina para poder atender los problemas actuales de la sociedad, por lo que es necesario reorganizar el conocimiento de una manera en la que se consideren todas las partes involucradas.

Por su parte, Pombo (2013) señala la complejidad de poner en práctica los niveles entre disciplinas, considerando a la multidisciplinaria en un primer nivel con un paralelismo disciplinario con la importancia en la coordinación. El segundo nivel es la interdisciplinaria, en donde se hace la combinación entre disciplinas con el objetivo de coincidir en la misma posición sobre algo o un tema en específico pero desde cada disciplina y, desde el tercer nivel con la transdisciplinaria, buscar la unificación del conocimiento y la fusión entre las disciplinas (Pombo, 2013).

Para tener un diálogo entre disciplinas hay que elaborar un proyecto de investigación interdisciplinaria en donde el problema que se va a atender sea de interés para todos los participantes. No es elaborar el proyecto y después invitar a colegas de investigación, sino establecer reuniones de trabajo que atiendan los temas señalados en las agendas de financiamiento implementados por la federación y seleccionar un tema que sea una problemática de urgencia para la localidad donde estén situados; es un proceso el que se lleva para formar un equipo que tenga como objetivo trabajar con varias disciplinas, por lo que Sjölander (1985, como citado en Torres, 1998) propone un proceso de 10 etapas (Tabla 2):

TABLA 2. Etapas para la integración de los equipos de trabajo entre disciplinas

Etapa	Acción o actividad
1	Presentarse. ¿Quiénes son? ¿Qué hacen?
2	Desde la interacción detectar las valoraciones hacia los demás y las deficiencias en los planteamientos y el trabajo.
3	Encontrar elementos en común.
4	Entre pares se preguntan explicaciones o definiciones de términos técnicos con la intención de desarrollar una definición de términos que sea específica para dicho grupo.
5	Comienza el diálogo de trabajo entre áreas y empiezan a reconocer cuáles otras áreas son de utilidad y diferentes a la que practican.
6	Se trabaja en construir una estructura y un lenguaje común como fundamento de un trabajo mayormente provechoso.
7	Después de haber pasado por las etapas anteriores puede llegar la desesperación al sentirse obligados a producir algún informe o resultado.
8	Quiénes llegan a esta fase se pueden encontrar defendiendo otras disciplinas ya que su manera de percibir las cosas se ha modificado.
9	Inquietud por conocer a profundidad otras disciplinas para comprender diferentes estructuras de conceptos, principios y procedimientos y modos de pensar.
10	Después de las etapas anteriores, el grupo se sorprende a favor del objetivo de la investigación y es cuando comienza el trabajo entre disciplinas.

FUENTE: Elaboración propia con base en Sjölander (1985), como citado en Torres (1998).

Las recomendaciones para el trabajo entre disciplinas planteadas por Sverre Sjölander (Sjölander, 1985, como citado en Torres, 1998) están fechadas en 1985, pero continúan siendo un proceso efectivo para la integración de los participantes para realizar una investigación, destacando la comunicación y la convivencia de los individuos, la exposición de percepciones y el diálogo constante. Aun cuando pueden parecer actividades fáciles de realizar, se tienen los riesgos en cuestión del tiempo y el desarrollo de las tareas asignadas. Por ello, quien sea el coordinador de este trabajo integrador deberá fungir como moderador de los conflictos que puedan surgir, por medio del establecimiento de tiempos y tareas.

Los individuos que se dedican al quehacer de la ciencia no dejan de ser sujetos cargados de características personales que pueden ayudar u obstaculizar un diálogo entre colegas ya sea de su misma disciplina o de otras, en donde, en algunas ocasiones, se tienen marcadas las formas de trabajo desde su formación disciplinar, por lo que el trabajo colaborativo es sumamente complicado. Aun en tiempos actuales permanecen características en los grupos disciplinarios que limitan la interacción y por ende investigaciones con las características señaladas que estén basadas en diálogos y construcciones para lograr la transdisciplina. Algunas de las características que obstaculizan y las que se deben practicar para poder lograr investigaciones de este tipo se presentan en la Tabla 3.

TABLA 3. Relación de obstáculos y acciones a realizar para lograr el trabajo transdisciplinario

Obstaculizan	Lo que se necesita
Poco lenguaje en común	Creatividad
Egocentrismo intelectual	Flexibilidad
Estructuras institucionales	Apertura a lo desconocido o inesperado
Lo complejo de cada sistema de saberes	Pensamiento divergente
El tratamiento y percepción de los problemas de estudio	Capacidad de adaptación
	Movimiento en la diversidad de las tareas
	Ir más allá de las demarcaciones disciplinarias
	Intuición
	Imaginación
	Manejo de incertidumbre
	Capacidad autocrítica de instrumentos conceptuales
	Procedimientos del proyecto y del desempeño de los miembros

FUENTE: Elaboración propia con información de Bunge (1986), como citado en Torres (1998).

Hacia dónde ir

Cabe señalar que es de suma importancia que el investigador no pierda de vista cuál es la función social que debe cumplir (que no pierda el suelo: ¿estoy solucionando algo?, ¿en realidad estoy ayudando con la solución propuesta?) y la importancia de practicar la ética y la comunicación efectiva en el grupo de trabajo.

Los resultados que se obtienen de investigaciones deben llegar a la sociedad en general y no reservarlos solo para la academia.

Plantear en las siguientes investigaciones objetivos como “concientizar”, “sensibilizar”, “integrar a la sociedad”, “verificar” o “medir” nos lleva a que debemos autoevaluar si nuestras investigaciones son eficientes para la población, si realmente están comunicando-generando conciencia, incluso proponer el objetivo de “reparar” y no solo problematizar y proponer soluciones sino implementarlas, aunado a ello el uso consciente de los recursos que sustentan una investigación.

Que los individuos que se dedican a la investigación logren acercarse a la transdisciplina es un gran reto; es importante señalar que todas las áreas del conocimiento que existen se complementan.

En su momento los griegos, al referirse al significado del átomo, pensaban que “la materia está compuesta de partículas elementales” en el sentido de que todas las cosas están relacionadas y compuestas de lo mismo y sus explicaciones de cierta manera eran holísticas, implicando una relación social, natural, química y biológica abarcando todas las disciplinas. Actualmente podríamos identificar con ello al trabajo transdisciplinario, haciendo una invitación a que en la generación del conocimiento hay que aprender a moverse entre la diversidad disciplinaria.

El estudio de la relación ambiente-sociedad

La importancia del análisis multi, inter y transdisciplinar de un problema complejo, como es la relación del ambiente con la sociedad, requiere el rescate del conocimiento generado a través de las cosmovisiones de los pueblos indígenas, las prácticas y tradiciones de la sociedad en conjunto con el conocimiento científico generado de las ciencias exactas y del conocimiento del comportamiento social, buscando la integración de investigación, que no solamente identifica una

problemática, sino que contribuya a mejorar esta relación en la cual estamos involucrados todos los seres vivos y no vivos, en este hogar que es el planeta Tierra.

Como profesionistas e individuos en una sociedad nos enfocamos en lograr nuestros propósitos y metas establecidas por diversas razones, generalmente desde una manera individual, aunque nos encontremos inmersos en grupos sociales y en pocas ocasiones consideramos nuestro papel dentro de la naturaleza, y que jugamos desde lo individual a lo grupal que se encuentra otorgado, en parte, por nuestra cultura y costumbres. Damos por sentada la relación del ambiente y la sociedad.

Sin embargo, esta relación está presente desde el momento en el que existimos y transformamos nuestro entorno, siendo parte también de los diferentes ciclos que se llevan en el planeta para su subsistencia, cambiando esta relación a través del tiempo y del espacio, tanto por factores sociales como naturales entre los económicos y los tecnológicos, así como el conocimiento científico y de saberes tradicionales que se tengan de lo que nos rodea.

Esta variabilidad de factores hace necesario el abordaje de la relación ambiente-sociedad desde enfoques multi, inter y transdisciplinarios, así como desde los actores y las instituciones considerando tanto el conocimiento especializado como el híbrido entre disciplinas e involucrados en las diversas interacciones, llevando a la necesidad no solamente de formar grupos académicos interdisciplinarios, sino también que en estos grupos se incluyan tanto a actores como a grupos sociales con saberes y conocimientos de sus prácticas, su entorno, su cultura y sus costumbres, llegando al estudio de lo ambiental desde lo social o socioambiental.

Las situaciones socioambientales se encuentran inmersas en una complejidad desde el contexto mundial actual, lo que lleva a que la academia se enfrente a cambios en sus formas de trabajo y abordajes desde las distintas disciplinas que ocasiona la necesidad de articularlas para poder observar los fenómenos sociales (Alvarado y Carrillo, 2015).

Lo ambiental siempre ha sido parte de lo social, pero en las últimas décadas ha cobrado una mayor importancia su relación debido a las diversas problemáticas socioambientales que se han generado, sobre todo cuando se empezaron a identificar problemas de abastecimiento o contaminación de los recursos naturales derivados de una idea de progreso sin límite considerando una ausencia de los efectos de la acción humana sobre la naturaleza, donde su manipulación solamente generaría pequeñas perturbaciones (Schoijet, 2008).

Estas perturbaciones o alteraciones —ya sea de menor o mayor escala— se observan en el territorio originadas por la interacción de la sociedad y el ambiente variando durante el tiempo el tipo de relación que podrá ser afectada por aspectos políticos o económicos (Bustamante, 2011), siendo estas interacciones dependientes de situaciones culturales que se verán impactadas si se encuentran en territorios urbanos o rurales, estos últimos representados especialmente por los campesinos indígenas que, de acuerdo con Castro (2011), se caracterizan por una “cultura etnoagroecológica” compuesta por su cosmovisión, su conocimiento, su racionalidad económica y el uso de tecnología económica, que se va a ver influida por factores externos como fuerzas políticas y económicas, así como internos como la organización social local (Castro, 2011).

Los cambios en la naturaleza se han observado por diversos factores evolutivos en fases geológicas, sin embargo, la actual catástrofe ambiental es originada por la “concepción metafísica, filosófica, ética, científica y tecnológica del mundo” (Leff, 2000) constituida desde las ciencias del siglo XVIII con la adquisición del orden racional de la naturaleza a través de las leyes que describen su comportamiento como la física, la química y la geografía, sobresaliendo las leyes de Newton (Störig, 2016).

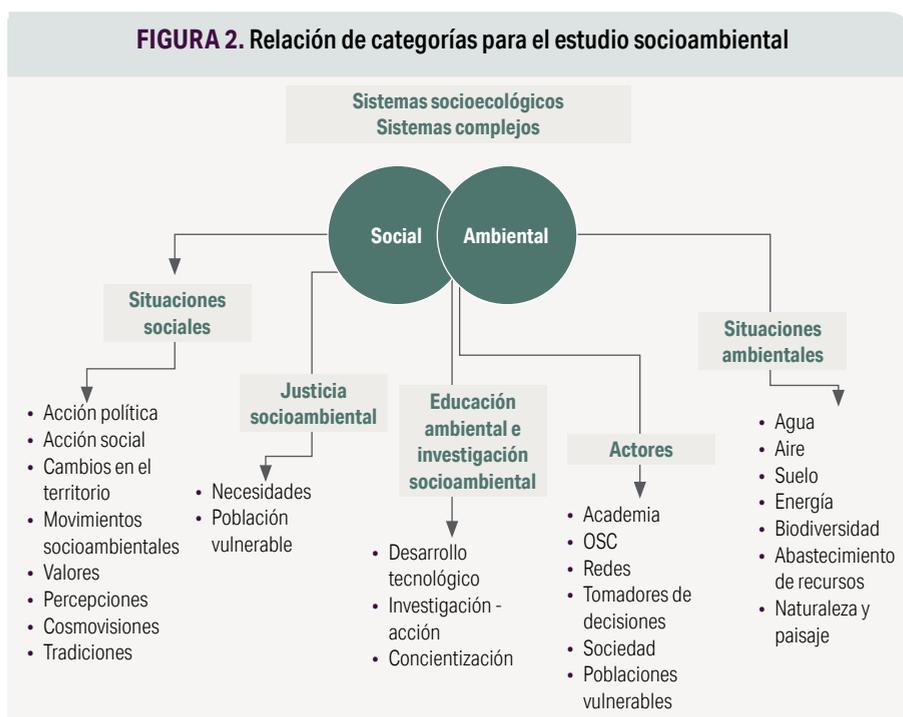
De acuerdo con Leff (2000), el saber ambiental es una transformación del ser y son necesarios varios conocimientos y saberes a partir no solamente del conocimiento científico, sino también del que se encuentra dentro de mitologías, ideologías y saberes prácticos, entre otros, que rompen con la dicotomía del sujeto y objeto para lograr una internalización de valores y saberes (Leff, 2000).

Esta complejidad se observa por las diversas interrelaciones que existen entre elementos sociales y ambientales, así como la diversificación de actores que tanto forman parte de las situaciones como son parte necesaria para su comprensión, desde la educación ambiental por medio de una diversidad de enfoques y corrientes teóricas que son necesarias para su comprensión y para las propuestas de mejoras de esta relación.

Con esto en mente, al revisar las publicaciones de estudios socioambientales en México³ encontramos que se pueden categorizar principalmente en

3 Se realizó una búsqueda de publicaciones de acceso abierto (socioambiental + interdisciplina + México), para el periodo 2011-2021, con el principal enfoque en situaciones urbanas. Se seleccionaron 30 documentos (artículos científicos, capítulos de libros y libros académicos) que cumplieron con los criterios de inclusión y se realizó un análisis de contenido.

cinco grupos: 1) situaciones ambientales, 2) situaciones sociales, 3) justicia socioambiental, 4) educación ambiental y 5) actores (Figura 2).



FUENTE: Elaboración propia.

Las situaciones ambientales dependen del lugar, sus condiciones climáticas, políticas, económicas, acceso y dependencia de recursos naturales y los cambios territoriales, estos relacionados al agua, aire, suelo, su biodiversidad, la naturaleza y el paisaje. La transformación de estos elementos generará modificaciones en el equilibrio inicial de un lugar antes del establecimiento de un grupo social o de un cambio en su vocación o desarrollo económico, lo que impactará en el abastecimiento de ciertos recursos tanto para el desarrollo de la sociedad como del espacio (Figura 2).

Mientras que, en el aspecto social, que se divide entre las situaciones sociales y la justicia socioambiental, dentro del camino de problema a conflicto socioambiental tiene un gran peso la acción política, desde la creación de leyes, la coordinación y planeación del crecimiento de la ciudad y la aplicación de

programas de apoyo considerando no solamente los aspectos económicos, sino también los impactos en la sociedad y en el ambiente. Por su parte, la acción social en las ciudades es diferente a la acción social que se ha encontrado en los pueblos indígenas desde hace décadas que han defendido el territorio cuando lo ven amenazado, al tener cosmovisiones más cercanas con la naturaleza y ser más conscientes de su relación con ella (Rodríguez y Checa, 2022). En el caso del activismo urbano, se ha incrementado su participación con la nueva ola de movimiento climático mundial, en donde de acuerdo con Gravante y Poma (2020), se definirá con base en su apego al lugar, sus valores altruistas y biosféricos, así como las prefiguraciones que tengan de experiencias previas con base en la ciudad que desean, desde acciones políticas basadas en sus protestas (Gravante y Poma, 2020).

Con relación al activismo se encuentran los movimientos socioambientales que dependen de los valores no solamente económicos o de abastecimiento de recursos, sino también de los valores socioculturales que pueden ser otorgados de manera simbólica a espacios físicos o actividades tradicionales (Paz, 2014) (Figura 2).

Por su parte, la justicia socioambiental se enfoca a la cobertura de necesidades en población vulnerable (Martínez, 2015), que se da cuando se tienen regiones marginadas (Figura 2).

Dentro de estas relaciones, jugando un rol activo de interlocutor entre lo social y ambiental, se encuentra la educación ambiental como factor ya sea de cambio, de concientización, de búsqueda de soluciones o el acercamiento con la población que genere un aprendizaje en ambos sentidos, ya sea desde la investigación-acción o el desarrollo tecnológico que busque implementar soluciones (Figura 2).

En este punto es importante resaltar a los diferentes actores que forman parte de las situaciones desde su estudio, sus decisiones y su vida cotidiana, considerando a la academia como compañía y responsable de la generación de información científica que ayude a comprender estas interrelaciones, las organizaciones de la sociedad civil (OSC) como vínculo entre la sociedad, gobierno y academia, y los tomadores de decisiones, involucrados en las diferentes etapas de esta interrelación, desde la interacción, la generación de un problema y el conflicto, donde es de gran importancia la conformación de redes de colaboración entre las distintas instancias, actores y disciplinas (Figura 2).

Todos estos elementos aportan conocimiento sobre las transformaciones que se dan en un territorio con base en las interacciones de una sociedad con el ambiente, en donde la conformación del espacio dependerá de factores políticos, económicos, ambientales, sociales y climáticos.

Por todo lo anterior, se confirma que las situaciones socioambientales requieren de un enfoque multi, inter y transdisciplinar para una mejor comprensión, considerando los sistemas socioecológicos como sistemas complejos (Torres y Cruz, 2019) que ya no pueden ser estudiados desde una sola disciplina.

Objetivo del libro

Con base en la importancia del enfoque multi e interdisciplinario del estudio de la relación ambiente y sociedad, el presente libro tiene como objetivo general conocer los retos y estrategias que se han llevado a cabo para el desarrollo de proyectos e intervenciones con un enfoque multi e interdisciplinario en la relación ambiente-sociedad, ya sea desde el análisis teórico, práctico o de conformación de grupos interdisciplinarios.

Con esto se busca reunir tanto experiencias de trabajo colaborativo como trabajo de campo, y revisiones de literatura considerando la parte teórica conceptual y la parte práctica, desde distintos enfoques, tanto de disciplinas de las ciencias sociales como de las ciencias exactas, logrando reunir un grupo de investigadores e investigadoras con experiencia en este tipo de estudios desde su campo de acción y análisis.

Estos diálogos surgen a partir de las colaboraciones del Centro Regional de Investigación y Desarrollo de Energías Alternativas (CRIDEA) de El Colegio de Chihuahua, en donde durante 2019 y 2021 se coordinó el Seminario de Investigación de Temas Socioambientales, invitando a expertos y expertas del área académica y activistas sociales a generar un diálogo entre los interesados e interesadas en los principales temas de la relación ambiente-sociedad, logrando tener la asistencia de un público muy diverso, desde estudiantes de distintas licenciaturas de Ciudad Juárez y de la zona serrana de Chihuahua hasta activistas y estudiantes de posgrado de El Colegio de Chihuahua. Aun cuando en el 2021 se realizó de manera virtual por las restricciones de movilidad derivadas de la pandemia del COVID-19, se logró tener el interés y participación activa, tanto de los invitados como de la audiencia, generando estos espacios de divulgación de la ciencia y concientización de nuestro rol como especie humana en el planeta.

Estructura del libro

El libro está dividido en una introducción, 13 capítulos distribuidos en cuatro partes y las reflexiones finales. Cada parte representa una forma de acercamiento al objeto de estudio. En una primera instancia, después de hacer la observación de un fenómeno, realizamos un acercamiento al mismo desde los aspectos teóricos y conceptuales para poder definirlo y delimitarlo de una mejor manera, en este caso desde los conceptos de ambiente, interacciones socioambientales, educación ambiental y Antropoceno, considerando la multi, inter y transdisciplina (Parte 1. Reflexiones teórico-conceptuales sobre la relación ambiente-sociedad).

En un segundo momento, que puede ser en paralelo al primero, realizamos una búsqueda de información para conocer a mayor profundidad la problemática que deseamos analizar por medio de revisiones exhaustivas de literatura, como puede ser sobre los temas de agua, energía y agricultura, que son el eje conductor en este libro (Parte 2. Panoramas generales sobre situaciones socioambientales).

Una vez que se conoce y se ha delimitado la problemática se lleva a cabo el acercamiento con la sociedad, ya sea en busca de mayor conocimiento de una situación o para implementar alguna solución, desde las experiencias de asociaciones civiles y grupos de investigación especializados, con las grandes diferencias que representa una intervención tecnológica diseñada por ingenieros especialistas, a un acercamiento a una población desde la antropología, que genera un conocimiento reflexivo (Parte 3. Aproximación y análisis de grupos sociales desde la academia).

Y como se ha hablado en la introducción, para poder trabajar temas socioambientales es necesaria la colaboración por medio de grupos de investigadores, sin embargo, este es un reto poco mencionado. El rescate de las experiencias de personas que han logrado coordinar grandes grupos de distintas disciplinas y regiones del país ayuda a poder aterrizar proyectos de investigación que lleven soluciones a poblaciones vulnerables que enfrentan problemas socioambientales (Parte 4. Retos en la conformación de redes de colaboración para la investigación socioambiental).

Breve descripción de los capítulos

Parte 1. Reflexiones teórico-conceptuales sobre la relación ambiente-sociedad

Capítulo 1. Enfoques multidisciplinarios en temas socioambientales, en donde los autores Marcelino García Benítez y Karina Pérez Robles hacen un recorrido desde la identificación de problemáticas hasta las transformaciones que se generan y el incremento en intensidad y continuidad de estas situaciones socioambientales, desde el crecimiento demográfico, económico y la explotación de recursos naturales. El ejemplo de transformación utilizado es el cambio climático con el incremento de fenómenos climáticos extremos y su atención por medio de un esquema metodológico que defina los procesos de intervención en los sectores demográficos desde lo local.

Capítulo 2. Una perspectiva global e interdisciplinaria sobre la sociedad, el territorio y el ambiente enfocada desde el Antropoceno, escrito por Karina Romero Reza, en donde describe los debates existentes sobre el Antropoceno relacionados con los cambios sociales y territoriales que llevaron a proponer esta era geológica marcada por las acciones de los humanos sobre el planeta. También lo presenta como un punto de unión entre la relación ambiente y sociedad donde la cultura y la naturaleza adquieren un valor social, resaltando la importancia de incluir a las ciencias sociales con las ciencias naturales para el análisis de estas problemáticas, tomando como ejemplo el cambio climático.

Capítulo 3. Educación ambiental para abordar proyectos comunitarios socioambientales desde la multi, la interdisciplina y la complejidad, en donde la autora Claudia Janet Laffont Castañón exhorta al cambio de pensamiento disciplinar al complejo para abordar los problemas ambientales, ya que no son suficientes las disciplinas de las ciencias naturales para abordar una crisis múltiple, y la necesidad de recurrir a las ciencias sociales desde pensamientos que vayan de la inter y transdisciplina para lograr un cambio conceptual más allá del metodológico.

Parte 2. Panoramas generales sobre situaciones socioambientales

Capítulo 4. El cambio climático y los aspectos socioambientales del agua y energía en Ciudad Juárez, Chihuahua (2011-2021), donde la autora Esmeralda Cer-

vantes Rendón presenta un análisis sobre las situaciones en los temas de agua y energía en un espacio urbano, tomando como ejemplo Ciudad Juárez, una urbe fronteriza entre México y Estados Unidos que por su clima semiárido uno de sus principales problemas es la disponibilidad y calidad del agua, pero que al hacer un análisis desde los aspectos sociales se encuentran también problemas de justicia social como el acceso al agua potable en población marginada. Por otra parte, se identifica que uno de los principales detonantes del conflicto ambiental es la percepción de una disminución de la disponibilidad de agua para uso de la población. Mientras que, en el tema de energía, los detonantes de conflicto socioambiental son la disponibilidad y asequibilidad de la energía tanto para transporte como para uso en el hogar.

Capítulo 5. El huerto familiar y el nexa AEA: estudio de revisión. Los autores Rodolfo Antonio Tejada Guevara, Esmeralda Cervantes Rendón y Antonio Rodríguez Martínez nos hablan sobre los huertos familiares desde un enfoque social y ambiental y su forma de establecer una conexión entre la familia y la naturaleza al trabajar su tierra para obtener alimentos, destacando el rol de la mujer, además de la oportunidad de poder abordar los huertos desde el análisis del nexa agua-energía-alimentos, para lo cual elaboran una revisión bibliográfica encontrando que aun cuando el análisis del nexa es a nivel regional, su aplicación a nivel familiar podría ayudar a identificar las interrelaciones entre los tres elementos, sobre todo el energético, que es el menos considerado por la escala de producción, y con este conocimiento poder establecer estrategias para implementar esta práctica en el norte de México, que es donde menos se han encontrado este tipo de proyectos.

Capítulo 6. La problemática asociada a los fertilizantes químicos en México y la recirculación de orina humana como estrategia complementaria para aumentar la fertilidad del suelo. La autora Ana Córdova y Vázquez describe y discute la opción del reúso de la orina humana como fertilizante a gran escala, y lo propone como una solución para cuestiones ambientales, sociales y económicas, encaminada hacia la seguridad alimentaria. Desde la parte social se considera el acceso a los alimentos ante una población mundial que continúa creciendo y el cambio de percepción para el consumo de alimentos que utilizaron la orina como fertilizante, mientras que en cuestiones ambientales se reducen varios problemas de contaminación y de generación de gases de efecto invernadero, para lo cual presenta un ejemplo de un esfuerzo realizado en Estocolmo, Suecia.

Capítulo 7. Un contexto general de la energía geotérmica en México (desafíos y áreas de oportunidad), escrito por Efraín Gómez Arias, donde hace un recorrido de lo que es la energía geotérmica, con su uso y potencial en México considerando que uno de los principales retos es la parte económica debido a las grandes inversiones que son necesarias al inicio cuando se construyen los pozos de exploración y producción. Menciona la importancia de la evaluación de impacto ambiental considerando la mayor disminución posible de los efectos negativos que se pudieran tener sobre los recursos y los seres vivos, mientras que en la parte social indica que es importante considerar el bienestar de la población que se encuentre en el área de proyecto, buscar su seguridad energética y un posible beneficio, ya sea por el ecoturismo o la comercialización de energía excedente.

Capítulo 8. Sinergia ambiental-sociedad hacia la descarbonización, escrito por Rosenberg Javier Romero Domínguez e Isaac Pilatowsky Figueroa, quienes elaboran un análisis con datos oficiales sobre la interacción de la sociedad en el ambiente, con base en las consecuencias de las dinámicas actuales de la sociedad, sobre todo del consumo de productos para satisfacer necesidades que no se encuentran en su región, ocasionando el transporte a nivel global de diferentes productos, con sus consecuentes emisiones de gases de efecto invernadero, esto aunado a que cada actividad productiva en un cierto punto también genera estas emisiones, por ello resaltan la importancia de la educación ambiental formal e informal para apoyar en la descarbonización de los procesos y el transporte.

Parte 3. Aproximación a grupos sociales desde la academia

Capítulo 9. Proyectos de intervención comunitaria con enfoque ambiental. Una aproximación al análisis del trabajo de campo, elaborado por Celina Alvarado Gamiño, en donde la autora hace un recorrido sobre la experiencia del trabajo comunitario de las organizaciones no gubernamentales, identificando los retos, los aciertos y desaciertos, así como la necesidad de apoyo económico para poder conformar equipos de trabajo multidisciplinarios que logren apoyar en el conocimiento y las soluciones que se desean compartir con la población. Destaca la importancia de la formación de redes entre las comunidades y las diferentes instancias académicas, sociales y gubernamentales, así como la importancia de conocer las experiencias previas comunitarias para un mejor diseño de las nuevas intervenciones, esto como una forma de fortalecer la relación ambien-

te-sociedad a través de proyectos que generen una concientización con cambios en sus hábitos y costumbres que permitan tener una mejor salud y bienestar, ocasionando un menor impacto ambiental.

Capítulo 10. Desalinización solar fotovoltaica como alternativa de solución hídrica y energética para comunidades costeras indígenas del norte de México. Los autores Germán Eduardo Dévora Isiordia y Rafael Enrique Cabanillas López presentan los resultados de un proyecto de intervención tecnológica que trabaja el problema social de acceso al agua de calidad por población en condiciones de marginalidad con un proyecto entre instituciones académicas, el gobierno y la comunidad, otorgando por medio de la tecnología una solución a problemas energéticos y de agua con el mínimo impacto ambiental y considerando la relevancia de la justicia social relacionada con el derecho humano al agua de calidad.

Capítulo 11. Diseño metodológico para documentar las formas de vida cucapah en el valle de Mexicali (1900-1954). Notas sobre las condiciones mínimas para la existencia colectiva. La autora María Isabel Martínez Ramírez nos transporta a través de un diseño metodológico a una investigación, como ella menciona, “*para y con los cucapah y no sobre los cucapah*”, llevando el análisis de los saberes de una población a un nivel que le permita al investigador lograr conocer algunas capas de estas interacciones, con el fin de entender los procesos que pueden llevar al genocidio de una población y con ello el término de sus conocimientos, esto por medio de tres temas: 1) población, parentesco, censos y movilidad; 2) léxicos de flora y fauna; y 3) procesos funerarios y fin del mundo, reflejando en esta reflexión las injusticias socioambientales que se derivan de la transformación de territorios. Todo esto, por medio de un equipo de trabajo interdisciplinario.

Parte 4. Retos en la conformación de redes de colaboración para la investigación socioambiental

Capítulo 12. El reto de coordinar grupos multidisciplinarios en los temas de sociedad y ambiente relacionados a energías renovables, escrito por Antonio Rodríguez Martínez y Esmeralda Cervantes Rendón, donde los autores hacen un recorrido por la conformación y coordinación de la Red de Sustentabilidad Energética, Medio Ambiente y Sociedad, en la cual destacan la importancia del apoyo por medio de financiamiento para poder llevar a cabo actividades que

fomenten la colaboración entre diversos actores de la academia, la sociedad civil y el sector privado para poder resolver problemas como la seguridad hídrica, energética y alimentaria, así como los retos administrativos que se presentan cuando se manejan proyectos de este tipo, resaltando el apoyo y la disponibilidad de colaboración de los miembros de la red como un pilar para lograr el avance en el estudio de problemas que requieren un análisis multidisciplinario, como es la relación energía, ambiente y sociedad.

Capítulo 13. La investigación del cambio climático en México, de la multidisciplina a la interdisciplina: el caso del Programa de Investigación en Cambio Climático de la UNAM, donde los autores José Clemente Rueda Abad y Rocío del Carmen Vargas Castilleja presentan la creación del Programa de Investigación de Cambio Climático de la UNAM en el 2010, a partir de un grupo multidisciplinario de investigadores de dicha institución, resaltando la importancia del estudio de la ciencia climática desde diversos enfoques y cómo el cambio climático es un tema complejo que requiere de la amalgama de las disciplinas y de las y los investigadores que lo trabajan. En este recorrido nos presentan los resultados tanto de incidencia en la participación en foros de discusión como la publicación de resultados reuniendo una diversidad de disciplinas en cada uno de sus documentos.

Estas cuatro secciones que componen el libro con capítulos que trabajan reflexiones sobre el estudio de la relación ambiente y sociedad, la identificación de temáticas como son el agua, energía y producción de alimentos, con ejercicios de acercamiento y reconocimiento de la población, así como de ejemplos del desarrollo del trabajo entre la academia que desea llegar a esta colaboración entre disciplinas, son necesarias debido a la complejidad de los problemas que representa esta relación, desde las situaciones sociales y ambientales, con los ejes principales de educación ambiental y justicia socioambiental a través de la colaboración entre actores para conformar redes que permitan avanzar en temas complejos como el cambio climático.

Estos abordajes desde las diversas disciplinas que coincidieron coadyuvar a que este libro sea un medio de difusión científica que promueva la colaboración entre actores y la incorporación de la sociedad, no solo como objeto de estudio, sino también como parte de la integración de soluciones y de conocimientos para alcanzar los enfoques transdisciplinarios que requiere el análisis de la relación ambiente y sociedad.

Referencias

- Alvarado, M. E. y Carrillo, L. P. (2015). Complejidad e interdisciplina en la relación docencia-investigación. En L. P. Carrillo (Coord.), *Investigación-docencia interdisciplinaria, gestión del conocimiento y tecnología* (pp. 65-82). UNAM.
- Bustamante, C. (2011). Una lectura de la relación sociedad-naturaleza desde la historia ambiental mexicana. En A. Conde, P. A. Ortiz y A. Delgado (Coord.), *El medio ambiente como sistema socio ambiental. Reflexiones en torno a la relación humanos-naturaleza* (pp. 105-116). Ediciones Navarra / Universidad Autónoma de Tlaxcala.
- Castro, F. (2011). La antropología ambiental (ista). Relatos de una construcción transdisciplinar. En A. Conde, P. A. Ortiz y A. Delgado (Coord.), *El medio ambiente como sistema socio ambiental. Reflexiones en torno a la relación humanos-naturaleza* (pp. 259-283). Ediciones Navarra / Universidad Autónoma de Tlaxcala.
- Ferreira, M. (2007). La nueva sociología de la ciencia: el conocimiento científico bajo una óptica post-positivista. *Nómadas, Critical Journal of Social and Juridical Sciences*, 15(1), 1-17. <https://revistas.ucm.es/index.php/NOMA/article/view/NOMA0707120273A/26562>
- Gravante, T. y Poma, A. (2020). El papel del activismo socioambiental de base a la nueva ola del movimiento climático (2018-2020). *Agua y Territorio*, (16), 11-22. <https://doi.org/10.17561/at.16.5109>
- Henaó, C., García, D., Aguirre, E., González, A., Bracho, R., Solorzano, J. y Arboleda, A. (2017). Multidisciplinariedad, interdisciplinariedad y transdisciplinariedad en la formación para la investigación en ingeniería. *Revista Lasallista de Investigación*, 14(1), 179-197. <https://doi.org/10.22507/rli.v14n1a16>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2011). *Clasificación mexicana de programas de estudio por campos de formación académica 2011. Educación superior y media superior*. <https://www.copaes.org/assets/docs/Anexo-A-Clasificacion-Mexicana-de-Programas-de-Estudio.pdf>
- Leff, E. (2000). Pensar la complejidad ambiental. En E. Leff (Coord.), *La complejidad ambiental* (pp. 7-53). Siglo XXI Editores.

- Martínez, J. (2015). Ecología política del extractivismo y justicia socio-ambiental. *Interdisciplina*, 3(7), 57-73. <http://dx.doi.org/10.22201/ceiich.24485705e.2015.7.52384>
- Paz, M. F. (2014). Conflictos socioambientales en México: ¿Qué está en disputa? En M. F. Paz y N. Risdell (Coord.), *Conflictos, conflictividades y movilizaciones socioambientales en México: problemas comunes, lecturas diversas*. (13-57). CRIM UNAM y Editorial Porrúa.
- Pombo, O. (2013). Epistemología de la interdisciplinariedad. La construcción de un nuevo modelo de comprensión. *Interdisciplina*, 1(1), 21-50. <http://dx.doi.org/10.22201/ceiich.24485705e.2013.1.46512>
- Rodríguez, M. F. y Checa, D. (2022). Mapeo de procesos de resistencia civil indígenas ante proyectos extractivistas en la zona sur de los Andes (1990-2020). *Historia Ambiental Latinoamericana y Caribeña*, 12(1), 209-245. <https://doi.org/10.32991/2237-2717.2022v12i1.p209-245>
- Schoijet, S. (2008). *Límites de crecimiento y cambio climático*. Siglo XXI.
- Störig, H. J. (2016). *Historia Universal de la Ciencia*. (M. A. Martínez, Trad.). Tecnos (Trabajo original publicado en 2007).
- Torres, J. (1998). *Globalización e interdisciplinariedad: El curriculum integrado*. Ediciones Morata.
- Torres, P. A. y Cruz, J. G. (2019). Procesos urbanos y sistemas socioecológicos. Trayectorias sustentables de la agricultura de chinampa en Ciudad de México. *Letras verdes*, (25), 168-189. <https://doi.org/10.17141/letrasverdes.25.2019.3368>

PARTE I

REFLEXIONES TEÓRICO-CONCEPTUALES SOBRE LA RELACIÓN AMBIENTE-SOCIEDAD

CAPÍTULO 1

Enfoques multidisciplinarios en temas socioambientales

Marcelino García Benítez¹
Karina Pérez Robles²

Resumen

Las actividades humanas requieren de una diversidad de bienes y servicios ambientales que generan el desarrollo socioambiental en los distintos tipos de poblamiento rural y/o urbano de un territorio. La organización social, económica y política ha definido el uso, aprovechamiento y/o beneficio de los recursos naturales no renovables esenciales para su subsistencia y aumentar la calidad de vida de los individuos. Para su explotación se han requerido diversos tipos de conocimiento como los ancestrales, técnicos

¹ Catedrático Conacyt, Instituto de Investigación en Gestión de Riesgos y Cambio Climático, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Correo: marcelino.garcia@unicach.mx

² Catedrática Conacyt, Unidad Académica de Agricultura. Universidad Autónoma de Nayarit. Correo: karopero@gmail.com

y científicos sobre el entorno físico, natural para su transformación, así como herramientas tecnológicas orientadas al procesamiento de las materias primas e integración logística para la distribución de los suministros requeridos y así lograr cumplir con las necesidades de bienestar en los diversos grupos sociales.

Este trabajo permite realizar una revisión conceptual y metodológica de los estudios socioambientales que identifique el estado que guarda el ambiente en un tiempo y espacio definido, además de evaluar la situación sociodemográfica que permita el conocimiento de la población. Asimismo, crear planes de intervención comunitaria, que son instrumentos estratégicos que establecen programas de atención prioritaria para el análisis de los problemas socioambientales en el que se desarrollen esquemas para el estudio multi o transdisciplinar a distintas escalas geográficas.

Palabras clave: Problemas socioambientales; cambio climático; multi escalas geográficas; sectores demográficos vulnerables.

Abstract

Human activities require a diversity of environmental goods and services that generate socio-environmental development in the different types of rural and/or urban settlement of a territory. The social, economic and political organization have defined the use, exploitation and/or benefit of non-renewable natural resources essential for their subsistence and increase the quality of life of individuals. For its exploitation, various types of knowledge have been required, such as ancestral, technical and scientific knowledge about the physical, natural environment for its transformation, as well as technological tools oriented to the processing of raw materials and logistic integration for the distribution of the required supplies and thus meet the welfare needs of the various social groups. This work allows a conceptual and methodological review of socio-environmental studies that identifies the state of the environment in a defined time and space; evaluate the sociodemographic situation that allows knowledge of the population. In addition to establishing community intervention plans that are strategic instruments that establish priority attention programs for the analysis of socio-environmental problems in which schemes are developed for multi or transdisciplinary study at different geographical scales.

Keywords: Socio-environmental problems; climate change, multi geographic scales; vulnerable sociodemographic sectors.

Introducción

La actividad humana, sea cual sea, tiene un impacto directo o indirecto sobre el entorno en el que habita. El modelo de “desarrollo”, que se concibe desde hace ya unas décadas, se cimienta en el empleo del capital humano, así como en la explotación y sobreexplotación de los recursos naturales; es en sí mismo un proceso que acrecienta las brechas entre la población en general, tanto económicas, sociales, políticas y socioambientales (Cantú, 2015).

Los problemas no resueltos de este modelo, de acuerdo con Ferrer (2010), devienen en “asimetrías en los niveles de bienestar derivadas de la desigualdad en la distribución de los frutos del progreso técnico entre los países y dentro de cada uno de ellos” (p. 8), diferencias que se remarcan constantemente por fenómenos como el crecimiento demográfico, siendo este último “el eje conductor del proceso de cambio global” (Cantú, 2015, p. 11).

En este tenor, podemos sugerir que los problemas ambientales encuentran una relación en la manera en que la sociedad se conforma y organiza. De acuerdo con Galafassi (1998) la problemática ambiental, en su construcción, hace referencia al carácter de la sociedad, al relacionarse con la naturaleza interfiere en los procesos productivos que generan las condiciones para el surgimiento de problemas ambientales.

Vale preguntarse entonces ¿cuál es el papel que ejerce la sociedad ante los problemas ambientales?, así como ¿cuál es el impacto que genera cada uno con el otro? En principio, podemos argumentar que si bien las actividades humanas guardan relación con el ambiente y las diversas problemáticas que le aquejan, no son excluyentes de otros factores. Hay entre ellos una relación cíclica donde ambos fenómenos se ven afectados el uno con el otro; el ser humano es sin duda un factor clave dentro de las problemáticas al ambiente, esto como se ha mencionado, debido a la interacción que guarda con este y la explotación, uso y desecho de recursos naturales (Morales, 2019).

Es derivado de lo anteriormente expuesto que este escrito busca dar cuenta que el análisis de los problemas socioambientales requiere una mirada multidisciplinar, particularmente en los enfoques o abordajes metodológicos. Se toma como eje el crecimiento demográfico, económico y la explotación de los recursos naturales.

Finalmente se expone, a manera de conclusión, cómo estos diversos fenómenos acrecientan las ya marcadas diferencias entre la sociedad, desde los aspectos económico, social y ambiental, vulnerando aún más a sectores demográficos.

Problemas ambientales derivados de las actividades humanas

Los problemas que aquejan a la sociedad son diversos y para nada escasos. En la escena global observamos pandemias, guerras económicas, geopolíticas y bélicas. En lo que refiere a cada nación, estos se diversifican y profundizan de acuerdo con el contexto interno de cada país. No obstante, existen fenómenos que permean en el quehacer diario de las personas en cualquier parte del globo: los problemas ambientales.

La contaminación es un claro ejemplo de lo anterior. El aire mediante la suspensión de partículas químicas que inhiben la liberación de calor hacia el espacio, uso y aprovechamiento del agua con la disposición al final del proceso propicia deterioro de los cuerpos de agua superficiales y subterráneos de las urbes, pueblos e incluso localidades, que también pueden padecer de esta situación. Las actividades que los seres humanos desarrollan día a día tienen repercusiones directas e indirectas en el ambiente local.

Estos fenómenos no son nuevos, sin embargo, cada vez se acrecientan y afectan a más personas en diferentes partes del globo. Al mismo tiempo, el crecimiento poblacional, la necesidad de más recursos por los seres humanos derivada del modelo de crecimiento económico industrializado que actualmente vive la humanidad, repercute en el ambiente.

Tomando de ejemplo el caso mexicano, encontramos en la literatura argumentos de algunos de los principales problemas que aquejan a la sociedad en lo social y ambiental:

La sequía meteorológica aumentará sus niveles de severidad en algunas regiones; los ecosistemas forestales sufrirían cambios en un 50% de la superficie; zonas bajas del Golfo de México se verían afectadas por el ascenso del nivel medio del mar; la agricultura de temporal se podría ver seriamente reducida; las industrias y actividades productivas que dependen de variables climáticas se verían significativamente modificadas; los impactos en la población afectarían la calidad de la salud; intensificación de los flujos migratorios; reducción en el acceso de servicios de agua y

aumento de la concentración de población en centros urbanos. (Gay et al., 2015, p. 16)

Si bien es cierto que las actividades humanas no son el único motivo que ocasionan dichos fenómenos, es claro que guardan una estrecha relación con el ambiente y sus problemáticas.

Ante tales situaciones y fenómenos, podemos encontrar en el discurso de diversos políticos su preocupación por la calidad de vida de la población, del medioambiente, del desarrollo sostenible. Este último concepto, encontrado quizá por vez primera en el informe de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) *Nuestro futuro común* o mejor conocido como informe Brundtland, bajo el nombre de “desarrollo duradero”, indica que es aquel desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de aquellas próximas generaciones para satisfacer las propias (Brundtland, 1987).

Es a partir de dicho informe que el concepto de desarrollo sostenible comienza a adoptarse, principalmente por la ONU en todos sus programas, o en los Objetivos del Milenio, ahora Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). En este tenor y, retomando el aspecto político del discurso sobre las preocupaciones del ambiente y las repercusiones que guarda con la sociedad, podemos observar cómo diversas naciones —además de la mexicana—, así como organizaciones no gubernamentales, han buscado instaurar políticas y acciones encausadas al combate de los problemas socioambientales.

De esta manera, los gobiernos en turno han desarrollado planes nacionales para el combate de dichas problemáticas, acciones vinculadas a los ODS que, retomando el caso mexicano, las podemos observar en los planes nacionales de desarrollo (PND), los planes sectoriales o los programas nacionales de ordenamiento territorial y desarrollo urbano (PNOTDU).

Si bien las acciones para atender estos problemas son diversas, son aún más y en demasía los efectos a nivel global por dichos fenómenos. Los efectos del cambio climático están presentes alrededor del mundo, con el aumento en la temperatura, la reducción del temporal de lluvias e intensidad de estas, la disminución de los manglares, etc., convirtiéndose a su vez en problemas sociales que aquejan a diversos sectores y grupos de la sociedad, acrecentando el número de grupos vulnerables.

Ante esto, se requiere analizar no solamente los efectos de tales problemáticas, sino también dar cuenta de aquellas causas —directas o indirectas—

que recrudecen dichos efectos. De tal manera que, para poder profundizar en el análisis, es indispensable revisar las transformaciones en las condiciones ambientales, tales como aquellas que conllevan al cambio climático y principalmente las que generan las condiciones para que los eventos naturales sean cada vez más intensos o extremos.

Transformación de las condiciones ambientales

El cambio climático no es un fenómeno aislado, es generado de una crisis ambiental que la sociedad ha propiciado por el manejo excesivo de los recursos energéticos asociado a distintos modelos económicos que influye en la forma de apropiación de los recursos naturales; esto ha ocasionado la alteración de los ciclos naturales en los sistemas socioecológicos.

El cambio en la economía global en las últimas cuatro décadas ha originado que la temperatura global se haya estado ajustando en función del empleo de energía en la generación de bienes y servicios que permitieron consolidar mecanismos poco amigables con el ambiente.

Repensar la forma de utilización de bienes y servicios con la disponibilidad en el entorno natural ha inducido a diseñar mecanismos de investigación asociados con la visión sostenible que genera una reducción en el impacto socioambiental que se origina en los espacios construidos como fuentes inductoras en los cambios del clima en las últimas décadas y sus repercusiones en la exposición a la que se encuentra la sociedad.

Las alteraciones ambientales en un entorno regional originan un proceso de cambio en el estado actual del tiempo atmosférico que propicia fenómenos climáticos cada vez más intensos, estos asociados con la temperatura del viento y los sistemas oceánicos que producen regulación en las condiciones de los sistemas socioecológicos en la superficie terrestre.

El clima es un proceso de cambio y evolución constante, induce a la transformación de la superficie y sus habitantes, quienes enfrentan distintas condiciones físicas en la temperatura, humedad y circulación de los vientos que demuestran que el proceso climático es de forma cíclica y que este se repite en la medida que no sea alterado al extremo; por lo tanto, las condiciones actuales han estado precedidas de episodios medioambientales influidos por la consecuencia de los cambios físico-químicos que han originado una reacción adversa en el ciclo de la Tierra (Bradley, 2015; Weart, 2015).

Forero et al. (2017) señalan que el cambio climático está determinado por cuatro subsistemas primordiales: atmosférico, oceánico, biósfera y superficie terrestre; estos orientan el origen de las condiciones de calentamiento global que altera los mecanismos de desarrollo humano. Implica los procesos en los que las sociedades conformadas generaron las condiciones técnicas para la explotación de los recursos ambientales y satisfacer la demanda de bienes en el ámbito del crecimiento demográfico desmedido creado a través de la transformación del cambio en la cobertura del suelo y vegetación, principalmente en regiones de llanura.

La incidencia de los efectos climáticos ha ido definiéndose a distintas escalas territoriales (global, regional), aunque se puede identificar su magnitud y alcances del problema en áreas locales rurales y urbanas donde se concentra la población, lo que pone en riesgo la seguridad humana (Quintana, 2016).

La relevancia en el estudio de los fenómenos extremos asociados con el cambio climático se relaciona cuando estos alteran los mecanismos de desarrollo social y ambiental de un territorio, donde la presencia de las amenazas o peligros vinculados con la alteración climática como las lluvias intensas, inundaciones o impacto de los ciclones tropicales, inciden en la generación de daños o afectaciones en los grupos de población que presentan fragilidad ante la presencia de estos eventos extremos cada vez más intensos por el aumento del calor.

Los eventos extremos son fenómenos del sistema atmosférico como la precipitación o el viento que se presentan con mayor intensidad en un tiempo menor en área territorial local. Son eventos cuyo volumen de humedad o intensidad representa una proporción relativa a lo que podría generarse en un escenario de normalidad en un tiempo determinado. Su conjugación representa fenómenos con presencia regional y estacional que producen grandes pérdidas económicas a los sectores sociales y de la economía expuestos.

Su origen está determinado por el incremento de la temperatura en las distintas franjas o capas que rodean a la Tierra, en esta se llevan procesos físicos naturales de energía que proviene del exterior y que ingresan al sistema interno, lo que confluye en una serie de procesos bioquímicos que permiten el desarrollo de los seres vivos, patógenos con los cuales interactuamos directamente.

Aunque la degradación ambiental terrestre influye en la captación de energía del exterior de la Tierra, existe una porción que es atrapada por partículas de carbono, contaminantes químicos como aerosoles o algunos otros materiales fotoquímicos particulados que se encuentran en suspensión, estos

absorben energía que ingresa del exterior al planeta y queda atrapada en la capa superior, lo que impide su liberación en ambas direcciones.

El calor retenido ha inducido el calentamiento de los océanos, que han dejado de regular la circulación de corrientes marinas, lo que origina la formación de eventos ciclónicos cada vez más intensos en la velocidad del viento en su estructura, capacidad de absorción de humedad y desplazamiento hacia los ecosistemas contiguos a las áreas costeras terrestres donde impactan.

La importancia de estudiar el cambio climático y los eventos extremos implica un aporte al conocimiento sobre los territorios con mayor probabilidad de ser afectados, evaluar las condiciones que favorecen la formación y su desarrollo y el análisis de las consecuencias que representan a la seguridad de la población expuesta a ser afectada en sus bienes materiales individuales y familiares.

Situación demográfica ante eventos cada vez más continuos

Los modelos económicos nacionales promueven programas sobre el desarrollo de la población, como los empleados para reducir o aumentar la natalidad. Esto representa desigualdades entre los distintos grupos sociales quinquenales, son poco equitativos en la estructura demográfica en el corto o mediano plazo y definen las necesidades de cada sector de la población para acceder al mercado laboral, incluidas áreas relacionadas con el ambiente.

Para el estudio de los sectores de población vulnerable se han empleado procesos metodológicos multidisciplinares y transdisciplinares, que son relevantes en el estudio de los contextos que originan los problemas socioambientales. La visión que aporta cada una de las disciplinas ha propiciado que se amplíen las opciones de respuesta y complementen los mecanismos de atención a los sectores afectados o que se encuentran en situación de menor capacidad para mejorar su calidad de vida.

Para atender el impacto socioambiental de los sectores demográficos se propone un esquema metodológico para definir el proceso de intervención enfocado a definir el desarrollo local o comunitario (ver Figura 1):

1. Se debe considerar la parte física del territorio como mecanismo de sustento medioambiental en el cual se desarrollan las actividades humanas en función de la disponibilidad de los recursos naturales, ecosistemas y biodiversidad que exista en el momento de la generación del diagnóstico socioambiental.

FIGURA 1. Esquema metodológico para la intervención socioambiental multiescalar



FUENTE: Elaboración propia.

2. El perfil sociodemográfico es una herramienta de análisis multidimensional que describe las características sociales de la población objetivo en temas como educación, servicios de salud, situación conyugal, hogares, situación de las viviendas, grupos étnicos, ingreso familiar y empleo de los habitantes de un espacio o territorio definido.

Las características demográficas definidas por las variables estructura y/o volumen de la población por grupos de edad y sexo, así como la demografía dinámica como es la natalidad, mortalidad, fecundidad y migración de los grupos de población en edad laborable, aportan un elemento de estudio como el crecimiento sociodemográfico que mide la caracterización del número de personas que viven en una unidad territorial. Además, la distribución de la población determina el daño ambiental, ya que cada persona genera contaminación al satisfacer sus necesidades alimenticias, de salud, educación, vivienda y transporte, siendo que aprovecha recursos naturales como agua, suelo, vegetación, energía, etc. (Arias et al., 2017, p. 8).

3. Elaboración de planes o programas estratégicos. Estos documentos son instrumentos que forman parte de la propuesta de estudio de problemas socioambientales que determinan la descripción de acciones, problemas,

capacidades y oportunidades para atender, por lista de prioridades, los problemas a los que se enfrenta la sociedad que presenta algún tipo de vulnerabilidad ante los distintos procesos de perturbación ambiental que se registran en un territorio y que influyen en las condiciones ambientales locales.

Aplicar estos mecanismos metodológicos para la atención de problemas socioambientales estará en función de los alcances que permitan definir el grado de respuesta que se quiere intervenir en los territorios que requieran una atención prioritaria, según la visión sostenible que sea necesario implementar para garantizar la disponibilidad de los recursos naturales en escenarios socioecológicos actuales, en el mediano plazo y futuro, que garantice que las generaciones posteriores dispongan de sistemas ambientales factibles para propiciar un desarrollo humano en la Tierra.

A raíz de los procesos sociales y políticos mundiales se han aplicado modelos económicos que han favorecido la sobreexplotación de los recursos naturales y la administración a los grandes consorcios, quienes disponen de los medios técnicos para su integración a la cadena de suministros, lo que ha limitado la sustentabilidad, esto es una visión que está relacionada con una dimensión temporal, vinculando la correlación entre los grupos sociales con el tiempo que viene a contraponer de problemas que enfrentarán las generaciones futuras.

La visión sobre la sostenibilidad socioambiental se obtendrá siempre y cuando la explotación de los recursos naturales se mantenga dentro de los límites de la regeneración y el crecimiento natural, además de planear la explotación de los recursos y de prevenir los efectos que la explotación tendrá sobre los sistemas naturales. Esta condición puede conseguirse cuando se apoyen proyectos en el mantenimiento de la cohesión comunitaria para el emprendimiento de objetivos comunes alrededor de mejorar las condiciones de vida (Zarta, 2018, p. 418).

Conclusiones

La sociedad ha originado una gran diversidad de cambios en el estado del ambiente en el transcurso de su existencia, lo que ha causado que los problemas socioambientales hayan condicionado la calidad de vida en las distintas regiones del mundo. Durante los dos últimos siglos, los procesos de uso y aprovechamiento de la riqueza natural han implicado deterioro en los sistemas socioecológicos que han provocado el aumento de la temperatura global de 0 a 1°

grado, pero la tendencia es que esta aumente 0.5° grados centígrados más en las siguientes décadas.

De seguir con este ritmo de sobreexplotación de los recursos no renovables, la biodiversidad está expuesta a enfrentar los efectos del calentamiento atmosférico, lo que implica la presencia de fenómenos de mayor intensidad que inducen a la población a sufrir pérdidas en sus bienes materiales.

La perspectiva de los estudios socioambientales para la atención y respuesta a los problemas que enfrentan los seres humanos exponen la seguridad en el corto, mediano y largo plazo. Si no se establecen mecanismos metodológicos que fortalezcan las visiones de sustentabilidad y sostenibilidad a escalas geográficas más locales, el futuro de las generaciones próximas estará comprometido, lo que no garantiza la conservación de los sistemas medioambientales como los hemos disfrutado en la actualidad.

La propuesta de nuevos enfoques metodológicos cambiaría la perspectiva originada sobre la conservación ambiental, el aprovechamiento de los recursos renovables y la generación de mecanismos económicos que permitirían un cambio en el paradigma geopolítico mundial que garantice la calidad de vida de los seres humanos. Generaría una reducción en la desigualdad de los grupos sociales, disminuyéndose la exposición de las personas y sus familias a fenómenos extremos generados por la degradación ambiental constante, que estará determinada por las condiciones de asimilación y adaptación a los cambios extremos en los subsistemas en los cuales se ubican dentro del tipo de poblamiento que depende de las condiciones físicas propias del espacio geográfico local.

Agradecimientos

Agradecemos la colaboración del Mtro. José Ángel Carrillo Torres, que muy amablemente aportó ideas, tiempo y esfuerzo para el desarrollo de esta propuesta y que se llevara a cabo.

Referencias

Arias, M. L., Arias, E., Arias, J. y Ortiz, M. M., (2017). La interrelación entre cambio climático, demografía y vivienda sustentable y su influencia en el medio ambiente. *DELOS: Desarrollo Local Sostenible*, 10(29), 1-22. <https://www.eumed.net/rev/delos/29/cambio-climatico-demografia.html>

- Bradley, R. (2015). *Paleoclimatology: Reconstructing climates from the Quaternary* (third edition). Elsevier.
- Brundtland, G. (1987). Nuestro futuro común. *Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo*. Naciones Unidas.
- Cantú, P. (2015). Calidad de vida y sustentabilidad: una nueva ciudadanía. *Ambiente y desarrollo*, 19(37), 09-21. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.ayd19-37.cvsn>
- Ferrer, A. (2010). Raúl Prebisch y el dilema del desarrollo en el mundo global. *Revista Cepal*, 101, 07-15. <http://hdl.handle.net/11362/11403>
- Forero, G. A., Saldarriaga, J. P. y Vargas, M. (2017). Cambio climático: impactos y perspectivas de investigación desde una visión multidisciplinar. *Tendencias*, 18(2) julio-diciembre, 122-138. <http://www.scielo.org.co/pdf/tend/v18n2/v18n2a08.pdf>
- Galafassi, G. (1998). Aproximación a la problemática ambiental desde las ciencias sociales. Un análisis desde la relación naturaleza-cultura y el proceso de trabajo. *Theorethikos*, 1(6) 1-26. <http://theomai.unq.edu.ar/artguido001.htm>
- Gay, C., Rueda, J., Ortiz, B., Fernández, L., López, L., Le Bail, M. y Peña, C. (2015). Introducción. En C. Gay y J. Rueda (Coord.), *Reporte Mexicano de Cambio Climático*, pp. 15-28. Universidad Nacional Autónoma de México, Programa de Investigación en Cambio Climático.
- Morales, F. (2019). Actividad humana e impacto ambiental. *Daena: International Journal of Good Conscience*, 14(2), 131-144. [http://www.spentamexico.org/v14-n2/A8.14\(2\)131-144.pdf](http://www.spentamexico.org/v14-n2/A8.14(2)131-144.pdf)
- Quintana, S. F. (2016). Dinámica, escalas y dimensiones del cambio climático. *Tla-Melau. Revista de Ciencias Sociales*, 10(41), octubre 2016-marzo 2017, 180-200. <https://revistas.unicolmayor.edu.co/index.php/tabularasa/article/view/1127/1519>
- Weart, S. (2015). Climate change impacts: The growth of understanding. *Physics Today*, 68(9), 46-52. <https://doi.org/10.1063/PT.3.2914>
- Zarta, P. (2018). La sustentabilidad o sostenibilidad: un concepto poderoso para la humanidad. *Tabula Rasa*, (28), 409-423. <https://doi.org/10.25058/20112>

CAPÍTULO 2

Una perspectiva global e interdisciplinaria sobre la sociedad, el territorio y el ambiente enfocada desde el Antropoceno¹

Karina Romero Reza²

Resumen

El capítulo propone una reflexión desde la interdisciplinariedad, sobre el tema del cambio climático así como el de la era planetaria, del Holoceno al Antropoceno, que ya se está discutiendo en varios países y que

1 Una versión de este texto fue presentado originalmente como ponencia para la segunda sesión del Seminario del Cuerpo Académico “Geografía social, económica y ambiental,” de El Colegio de Chihuahua, el día 17 de septiembre de 2020 en la mesa coordinada por la Dra. Esmeralda Cervantes.

2 Historiadora y antropóloga, adscrita al Programa de Estudios de Historia y Cultura Regional de El Colegio de Chihuahua, en Ciudad Juárez. Correo: kromero@colech.edu.mx

además debe ser una discusión emanada desde todas las disciplinas para que las reflexiones y las propuestas y, por lo tanto, las políticas públicas, resulten desde el conocimiento compartido y abarquen todos los ámbitos posibles de la vida en el planeta, desde el plano biológico hasta el social.

Palabras clave: Antropoceno; cambio climático; interdisciplinariedad.

Abstract

This article proposes a reflection from an interdisciplinary point of view, about the topic of climate change, but also of a planetary age change, from Holocene to Anthropocene, that already is being discussed in some countries and that it must also be a discussion emanating from all disciplines so that the reflections and proposals and, therefore, public policies, result from shared knowledge and cover all possible aspects of life on the planet, from the biological to the social aspect.

Keywords: Anthropocene; climate change; interdisciplinarity.

Introducción

“El Holoceno ha terminado”, fue la declaración de los miembros del Grupo de Trabajo del Antropoceno (AWG, por sus siglas en inglés), en 2016. Una declaración bastante fuerte y que, además, tomó por sorpresa a más de uno. En su reunión de 2016 este grupo tuvo la encomienda de examinar las evidencias científicas que pudieran determinar la finalización de la era del Holoceno para así dar comienzo con una nueva etapa o periodo llamado Antropoceno, que da nombre a una nueva era geológica caracterizada por el grave impacto de los seres humanos sobre el sistema Tierra y sobre sus habitantes humanos y no humanos (Crutzen y Stoermer, 2000).

El Holoceno se puede definir como la división de la escala temporal geológica, la última del periodo Cuaternario, que a su vez forma parte de la era cenozoica. En el Holoceno se desarrollaron los *Homo sapiens* y comenzó el desarrollo, también, de este grupo como sociedad, el lenguaje, la agricultura y las herramientas de la llamada civilización en la que se asientan todas las bases de nuestra supervivencia como especie (Sánchez, 2021). Estos avances, como especie, han provocado algunos deterioros ecosistémicos graves.

El inicio del Holoceno se marca por el fin del último glacial europeo y la ocurrencia de cambios climáticos que afectaron la fauna y flora de la Tierra,

así como las variaciones del nivel del mar. La tectónica y la isostasia son los principales fenómenos que mantienen en un constante dinamismo al planeta.

TABLA 1. Eras y periodos geológicos

La era Cenozoica: inició hace unos 66 millones de años			
Periodo paleógeno	Comenzó hace unos 66 millones de años y acabó hace 23 millones de años	Se produjo la tercera fase (y final) de la desintegración de Pangea	
Periodo neógeno	Abarca 23 millones de años	Ocurrieron eventos de extinción en el Atlántico durante el Neógeno tardío	Neógeno: periodo de enfriamiento progresivo, con temperaturas más bajas que durante el Paleógeno
Periodo cuaternario	Inició hace 2.59 millones de años y se extiende a la actualidad	Pleistoceno (2.59 millones de años -finaliza aprox. en el 10 000 a.C.	Periodo glacial. El Holoceno comenzó hace 11 700 años y se extiende a la actualidad

FUENTE: Elaboración propia.

Por su parte, el Antropoceno es un concepto biológico, cultural, pero también político, que se ha puesto en la mesa de discusión desde hace unos 22 años cuando en el año 2000 Crutzen y Stoermer (2000) mencionaron por primera vez el concepto Antropoceno. Sugerían que se puede abordar y discutir desde la interdisciplinariedad, pues ha sido puesto en la mesa de discusión de antropólogos, sociólogos, biólogos, geólogos y algunos otros científicos (Trischler, 2017, p. 40), pero no solo lo sugería, sino que hacían un llamado a hacerlo con premura.

¿Qué es lo que predomina en el Antropoceno?

La gran aceleración de los cambios climáticos en el planeta se debe a que “los seres humanos se han convertido en una fuerza geológica poderosa, es por ello que se hace necesario designar una nueva época geológica para describir con precisión este desarrollo” (Trischler, 2017, p. 41).

CUADRO 1. Características del Antropoceno



FUENTE: Elaboración propia.

¿Quién es o quiénes son los encargados de designar una época geológica?

La Comisión Internacional de Estratigrafía (ICS, por sus siglas en inglés) se reúne de forma regular desde 1974. Es un subcomité científico de la Unión Internacional de Ciencias Geológicas (IUGS), que se ocupa de la estratigrafía, geología y geocronología a escala mundial. Uno de sus principales objetivos es establecer una escala temporal estratigráfica estándar global que sirve de base para la escala de tiempo geológico (eones, eras, periodos, épocas y edades) que facilitan las correlaciones geológicas y las comparaciones paleontológicas y geobiológicas entre diferentes regiones.

El metadebate. La datación

El debate sobre la datación del Antropoceno continúa actualmente y se discuten varias propuestas de datación sugeridas por algunos grupos de científicos:

- a) La revolución neolítica. Final del periodo de transición de cazadores-recolectores a sociedades sedentarias y uso de la agricultura.
- b) Finales del siglo XVIII. La revolución industrial que comienza en Inglaterra y la invención y uso de la máquina de vapor.
- c) Finales del siglo XVII. El proceso de colonización de América y los daños dejados por este mismo se extendieron a todo el mundo. Muerte de

50 millones de indígenas, cese de actividades agrícolas debido a la gran mortandad, por lo tanto, aumento de la vegetación que capturó enormes cantidades de dióxido de carbono en la atmósfera.

Para Crutzen y Stoermer no parece haber duda de que la datación del Antropoceno debía corresponder con el principio de la industrialización, en específico con el desarrollo de la máquina de vapor de Watt, a finales del siglo XVIII (Trischler, 2017, p. 44). Sin embargo, algunas propuestas de datación del Antropoceno se van hasta 11 700 años, en la revolución neolítica, cuando se transiciona de cazadores-recolectores hacia el establecimiento de sociedades permanentes dedicadas a la agricultura, siendo este factor, la agricultura, el detonante para la primera gran transformación del planeta debido a los humanos. Para 2002, Crutzen afirmaba que los seres humanos se habían convertido en una fuerza geológica poderosa, tanto así que habría que definir una nueva era para describir el desarrollo (Crutzen, 2002).

El Antropoceno como un concepto cultural

El Antropoceno ha captado el interés de los medios de comunicación cada vez con más frecuencia y se está convirtiendo en una cuestión con implicaciones culturales, que disuelve **las fronteras entre ciencia y sociedad**. Esta es precisamente la mayor importancia del Antropoceno como concepto cultural, que difumina los límites establecidos en muchos ámbitos. Pero lo más importante es que abre la posibilidad de liberarnos de dicotomías tradicionales, como **naturaleza-cultura**, y de redefinir la relación entre el ambiente y la sociedad totalmente entrelazados (Trischler, 2017, p. 49). No se puede disociar el análisis de estos fenómenos, sino que se debe hacer un análisis complejo y profundo que ayude a una mejor y total comprensión de lo que sucede.

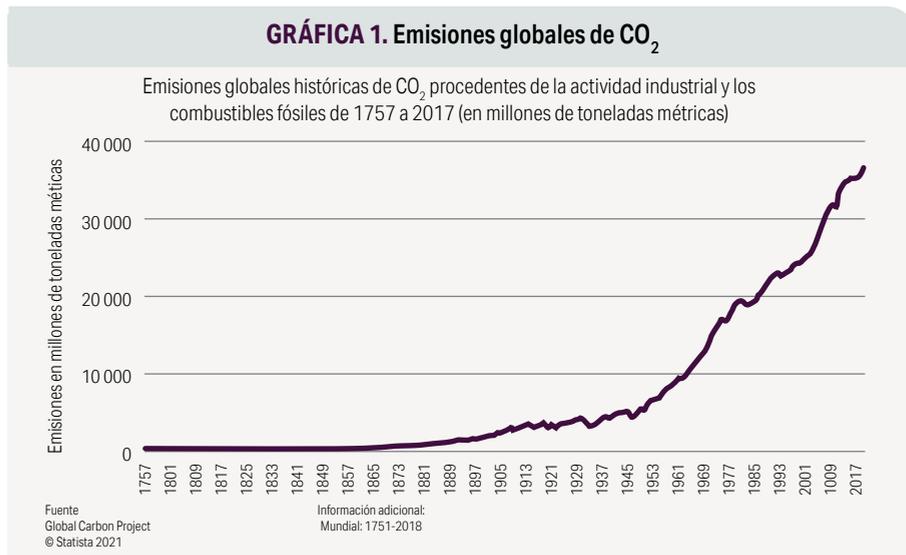
Si bien el Antropoceno nace como un término geológico para determinar el inicio de una nueva era marcada por las acciones de los humanos, y aunque este concepto emerge de las ciencias geológicas, ya se acepta en diversos ámbitos académicos (Ulloa, 2017, p. 62), pues describe con precisión el desarrollo entre ambiente y sociedad. El término se analiza también desde un concepto más amplio, que abarca otras aristas como la cultura y que trasciende la visión tradicional y occidental de la díada “hombre”-naturaleza, para abarcar otros aspectos más incluyentes como pueden ser los eventos históricos por los que ha pasado cada territorio, las diferentes epistemologías de cada región y otros.

El pensamiento binario que ha predominado en muchos campos se hace obsoleto para estas cuestiones. Una propuesta es el análisis en tríadas o en “capas de cebolla” de estos fenómenos, que abarquen varias aristas para una comprensión más profunda.

¿Cuál es la discusión principal del Antropoceno? Que las acciones humanas son las responsables directas de los cambios en el ambiente que se han observado en las últimas décadas, por lo menos desde que dio inicio la Revolución Industrial, sumándole el uso de combustibles fósiles, el despojo de territorios y los procesos de extracción, que para el caso de Latinoamérica se relacionan con la llegada de los europeos a este territorio.

Algunos datos duros sobre el aceleramiento del cambio climático. Los indicadores de cambio

Trischler (2007, p. 45) reporta que realizándose las concentraciones de dióxido de carbono en la atmósfera como un **indicador de cambio** simple pero significativo, se puede ver el incremento en relación con los niveles preindustriales de 270-275 partes por millón (ppm) a 310 ppm en la segunda mitad del siglo XX.

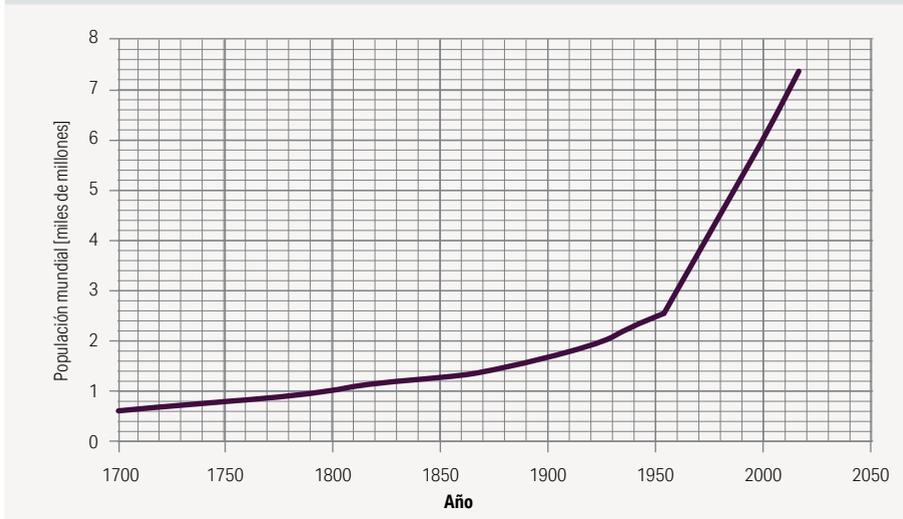


FUENTE: *Global Carbon Project*. Statista, 2021.

En la gráfica histórica anterior (Gráfica 1) se puede ver la cantidad de emisiones globales de CO₂ derivadas de la actividad industrial desde el año 1757 hasta el 2017.

También el **aumento de la población** en el planeta es un indicador de cambio. Entre los años 1800 y hasta el 2000 la población mundial pasó de mil millones de personas a seis mil millones de habitantes (Equihua et al., 2016, p. 70), se sextuplicó en muy poco tiempo. El aumento de la población se ha visto como un pronóstico desalentador pues se teme una futura sobrepoblación que pudiera ser insostenible para el planeta.

GRÁFICA 2. Del aumento de población mundial, desde 1700 hasta los años 2000



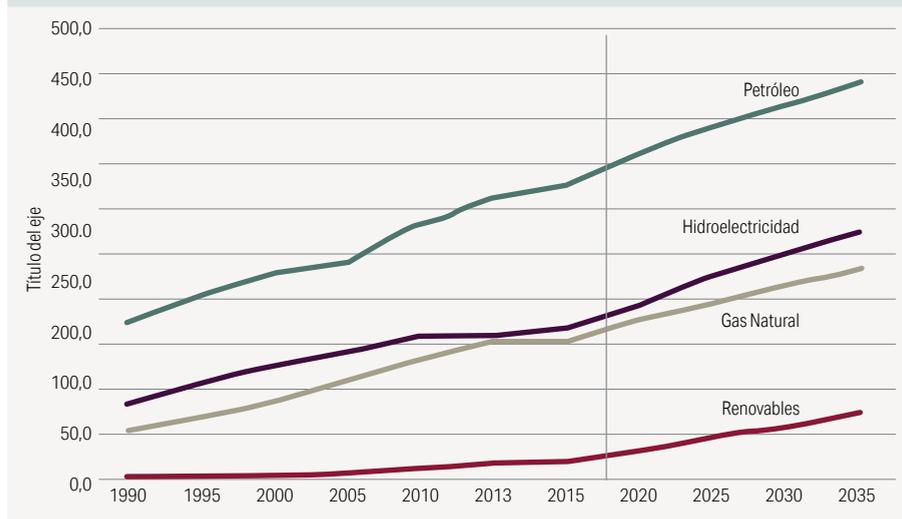
FUENTE: Ansgar Seyfferth para Huffington Post.

https://www.huffingtonpost.es/ansgar-seyfferth/la-poblacion-mundial-crec_b_9605508.html

Desde 1950, las curvas de numerosos parámetros cambiaron de una forma lineal a un crecimiento exponencial, por ejemplo, el uso de recursos como el petróleo crudo, agua y fertilizantes artificiales, la construcción de presas, vehículos, teléfonos, el aumento del turismo internacional, las inversiones extranjeras, etcétera (el síndrome de la década de 1950, llamada así por el historiador económico y ambiental Christian Pfister).

Moreno y Conversi (2016, p. 21) también señalan que el 10 % de los hogares más ricos del mundo emiten alrededor de 24 toneladas de CO₂, porcentaje que se compara con el 50 % de los hogares más pobres.

FIGURA 1. Consumo de energía por fuente en América Latina, 1990-2035



FUENTE: World Energy Outlook (2014). <http://ambiental.net/2017/06/america-latina-crece-mas-en-combustibles-fosiles-que-en-renovables/>

Los fatídicos desastres medioambientales, desde la década de 1980 hasta años recientes

Sin ir tan atrás en el tiempo, sobre todo el tiempo geológico, desde la década de 1980 y hasta los últimos años de los 2000 ha habido varios incidentes que han afectado de manera global al ambiente.

TABLA 2. Desastres ambientales, desde la década de 1980 a la actualidad

Desastre ambiental	Lugar	Año	Consecuencias
Incidente de contaminación por Cobalto 60	Ciudad Juárez, Chihuahua, México	1983	Personas contaminadas por radiación; varillas para la construcción contaminadas y distribuidas por varias ciudades
Derrame de químicos (isocianato de metilo, MIC)	Bhopal, India	1984	Muerte de alrededor de 2500 personas y afectación de más de 100 000 en los meses posteriores
Explosión del reactor nuclear no. 4	Chernóbil, URSS	1986	Daños incalculables a la población y al ambiente debido a los niveles de radiación
Derrame de petróleo (cerca de 11 millones de galones)	Prince William Sound, Alaska	1989	Se le conoce como el "desastre Exxon Valdez", y se extendió a más de 500 kilómetros de distancia del lugar del accidente, contaminando miles de kilómetros de costa
Incendio de cerca de 700 pozos de petróleo, durante la guerra del Golfo Pérsico	Kuwait	1991	Seis millones de barriles de petróleo perdidos; contaminación del Golfo Pérsico con humo venenoso, hollín y cenizas, disminución de la calidad del aire
Incendio de la empresa Agricultura Nacional de Veracruz S. A. y posterior derrame de plaguicidas	Córdoba, Veracruz	1991	Liberación de sustancias químicas que afectaron la flora, la fauna y a la población
Incendio y explosión de la central nuclear de Tokaimura	Japón	1997 - 1999	Cien personas con daños de gravedad, además de daños a la pesca y el agua potable. Cerca de 300 000 personas afectadas
Derrame de petróleo de la plataforma Deepwater Horizon	Golfo de México	2010	Derrame de petróleo crudo en el lecho marino con impacto sobre especies marinas y aves
Terremoto, tsunami y explosiones en la central nuclear de Fukushima	Japón	2011	Afectaciones al ambiente, la pesca, el agua potable y la población alrededor

FUENTE: elaboración propia.

El recuento de estos incidentes a nivel internacional comienza con el derrame de químicos, específicamente de **isocianato de metilo (MIC)**, que es un compuesto orgánico utilizado para la fabricación de pesticidas, en la planta de pesticidas en Bhopal, India en diciembre de **1984**. Este derrame causó la muerte de alrededor de 2500 personas y afectó a más de 100 000 a lo largo de los meses posteriores al derrame (Castro, s. f.) (Tabla 2).

El repaso continúa con la explosión del reactor nuclear no. 4 en Chernóbil, URSS, en **1986**, con daños incalculables a la población debido a los dife-

rentes niveles de radiación a los que fue expuesta en el transcurso de los meses después de la explosión (Devell et al., 1986). Para marzo de **1989** sucedió un accidente en Prince William Sound, Alaska, en el que se derramaron cerca de 11 millones de galones de petróleo, conocido como el “desastre Exxon Valdez”, extendiéndose el derrame a más de 500 kilómetros de distancia del lugar del accidente, contaminando miles de kilómetros de costa, así como poniendo en peligro la flora y fauna locales como focas, aves, peces, nutrias y otros animales que murieron a consecuencia del derrame (Tabla 2).

Pero ahí no para el recuento de los daños al ambiente por desastres, sumándose los incendios en los pozos de petróleo de Kuwait durante la guerra del Golfo Pérsico en **1991**, cuando Saddam Hussein y las fuerzas iraquíes ocuparon ese país incendiando cerca de 700 pozos de petróleo a modo de “guerra de tierra quemada”. La extinción de los incendios de dichos pozos tardó siete meses, consumiendo unos seis millones de barriles de petróleo, contaminando todo el golfo con humo venenoso, hollín y cenizas, disminuyendo la calidad del aire y no solo eso, sino que el daño y el impacto a esa región se reflejó en cientos de cabezas de ganado y otros animales que murieron con los pulmones ennegrecidos (Bakan et al., 1991) (Tabla 2).

Entre **1997** y **1999** se produjeron dos accidentes de considerable importancia en la central nuclear de Tokaimura, Japón, a unos 125 kilómetros de Tokio. El primero fue un incendio y el segundo una explosión, dejando como consecuencia de esos hechos a unas 100 personas con diversos daños de gravedad y dos fallecidos, además de los daños para la pesca y el agua potable que se registraron en las poblaciones cercanas, con impacto en más de 300 000 habitantes (Tabla 2).

Otro derrame de petróleo, ahora en el Golfo de México, ocurrió en el año **2010**, cuando la plataforma petrolífera Deepwater Horizon sufrió una explosión seguida de un incendio. La plataforma se hundió a una profundidad aproximada de 1500 metros y el derrame de petróleo en el lecho marino amenazó a cientos de especies marinas y de aves (Tabla 2).

El 11 de marzo de **2011**, después de un terremoto y un posterior tsunami, ocurrió un accidente en la central nuclear de Fukushima que se trató de varias explosiones en los edificios que engloban los reactores, dando como resultado una fusión parcial del núcleo y la liberación al exterior de radiación. Calificado con un 7 en la escala INES (el grado máximo), las autoridades declararon “estado de emergencia nuclear”, evacuando a la población en un radio de 30 kilóme-

tros, inyectaron agua salada y ácido bórico a los reactores y yoduro de potasio a la población (Eisler, 2013, pp. 2 y 19) (Tabla 2).

Y alejándonos de los eventos mundiales para acercarnos a nuestra frontera, el incidente de Cobalto 60 en Ciudad Juárez, Chihuahua, en **1983**, debido al mal manejo de una máquina de radiología en el hospital Centro Médico, que terminó esparciendo moléculas del elemento radioactivo por toda la ciudad, para después ser vendida al yonke Fénix. De ese material contaminado se fabricaron miles de varillas para la construcción de casas y edificios no solo en México, sino en Estados Unidos (García, 2010) (Tabla 2).

El 3 de mayo de **1991** la planta formuladora de plaguicidas Anaversa (Agricultura Nacional de Veracruz, S. A.), ubicada en Córdoba, Veracruz, se incendió provocando un estallido y la dispersión de químicos a través de una nube tóxica. Se estima que fallecieron más de 1500 personas durante los primeros meses después del accidente. Cabe mencionar que la planta de plaguicidas estaba ubicada en una colonia, rodeada de casas habitación, comercios y escuelas.

La industrialización también ha dejado sus huellas en la Antártida, el único lugar en la Tierra que parecía haber sido menos impactado por la civilización (Trischler, 2017, p. 46). La contaminación generada por la industrialización durante el siglo XIX dejó su huella en el hielo de la Antártida, a donde la polución llegó 22 años antes de que lo hiciera el explorador noruego Roald Amundsen (1911). Los últimos datos emitidos por un grupo de científicos liderados por el profesor investigador Joe McConnell, del Instituto de Investigación del Desierto (DRI, por sus siglas en inglés) y publicados en la edición en línea de la revista *Scientific Reports*, demostraron la contaminación en el hielo. Estos datos muestran el impacto de actividades industriales como la fundición, la minería y la quema de combustibles fósiles.

Como vimos en este recorrido fatídico de desastres que han afectado el ambiente, la huella del hombre está presente y es incontrolable.

La tríada sociedad-territorio-ambiente y la búsqueda del bienestar social

A finales de la década de 1990, cuando todavía se podía actuar preventivamente, algunos científicos sociales identificaron las consecuencias de efectos potencialmente dañinos para el bienestar de los seres humanos, pero fueron unos cuantos. Ahora, Moreno y Conversi (2016) señalan que una de las grandes

faltas actuales es que las ciencias sociales se han rezagado en la elaboración de estudios y propuestas tanto teóricas como prácticas para afrontar el cambio climático. Las ciencias sociales tienen ahora la gran responsabilidad “para proveer enfoques superadores de la inevitabilidad del desastre socioambiental” (p. 23).

Pero entonces la propuesta de Ulloa (2017), que parte de una preocupación legítima y además urgente, es que en la narrativa del Antropoceno “no se consideran otras perspectivas culturales y sistemas de conocimientos locales que han generado otro tipo de relaciones entre humanos y no humanos en procesos y territorios situados históricamente” (p. 60), y para ello la autora menciona que para América Latina, al hablar del Antropoceno, habría que hablar también de cuatro procesos: 1. Geopolítica del conocimiento, 2. Diferenciación territorial, 3. Desplazamiento de los extractivismos, y 4. Falta de reconocimiento de otras ontologías y epistemologías.

En cuanto a las diferencias territoriales, Ulloa (2017) afirma que el planeta funciona bajo el sistema global de dominación, basado en las relaciones de poder, cuyo significado nos remonta a la propuesta teórica de Max Weber, que dice que el poder es “la probabilidad de imponer la propia voluntad, dentro de una relación social, aun contra toda resistencia y cualquiera que sea el fundamento de esa probabilidad” (Weber, 1993, p. 43), pues las políticas globales diferencian lugares o territorios específicos con relaciones (de poder) bastantes desiguales.

Se ha visto que, en las discusiones del Antropoceno, esto se evidencia en la falta de inclusión de otros territorios y visiones territoriales de, por ejemplo, pueblos indígenas, afrodescendientes, campesinos y pobladores locales. Pese a todo, se puede y se debe reencaminar las discusiones futuras para que se tome en cuenta lo anterior.

También tendría que analizarse, bajo el lente del Antropoceno, el Estado de Bienestar (EB) y el modelo social. Moreno y Conversi (2016, p. 17) señalan que se define como “un conjunto de instituciones estatales proveedoras de políticas sociales dirigidas a la mejora de las condiciones de vida y a promover la igualdad de los ciudadanos”. También mencionan que los modelos sociales del bienestar se legitiman en un marco axiológico de vida en común que procura un marco institucional de justicia social y de promoción de la ciudadanía social.

Aun así, el Estado de Bienestar (representado en instituciones de asistencia sanitaria, desempleo o pensiones de vejez, etcétera) ha ido en declive en los últimos años debido a diferentes factores, comenzando por la globalización acompañada por el consumismo exacerbado que predomina en casi todo el mundo, un

consumismo de masas favorecido, menciona, por la globalización neoliberal que ha trabajado en pos de su desmantelamiento (Moreno y Conversi, 2016, p. 17).

Reflexiones finales

Es así que el Antropoceno implica algo más que un intercambio de ideas científicas como subterfugios, es más bien un sitio en el que se renegocian posiciones éticas fundamentales, como la cuestión ambiental (Trischler, 2017, p. 53). El llamado al análisis de estos fenómenos es urgente y además deberá ser interdisciplinario y ubicado bajo las especificidades de cada región y punto del planeta. Las propuestas a continuación ofrecen ese análisis.

Los complejos bioculturales y el reconocimiento de los derechos, saberes y prácticas de los pueblos originarios y campesinos de México, quienes de diversas formas han mantenido por largo tiempo un contacto directo en convivencia y apropiación sostenible de los ecosistemas (Azuara et al., 2020, p. 44) con sus respectivas propuestas metodológicas. Un ejemplo de ello es la sierra Tarahumara, un complejo biocultural de gran importancia en el estado de Chihuahua y en México que puede ser analizado bajo la metodología que propone Azuara para adecuar propuestas de política pública vinculadas al cambio climático, para la consecución de las culturas y la biodiversidad.

También, y como trabajo muy importante, las resistencias ciudadanas para la defensa de la Tierra, que han estado presentes desde hace muchos años, deben ser más reconocidas pues a pesar de las amenazas y asesinatos de quienes las encabezan y que se han dado en los últimos años en muchas partes, sobre todo de Latinoamérica, su aporte ha sido fundamental para el resguardo de áreas protegidas o para defender algunas áreas de la depredación humana.

Con respecto a estas resistencias ciudadanas quiero mencionar como ejemplo o estudio de caso el trabajo del profesor Manuel Robles Flores, residente del poblado de San Agustín, en el Valle de Juárez, Chihuahua, quien encabezó una lucha de resistencia en la década de los 90 y quien, desde ese poblado al noreste de Ciudad Juárez, lideró un proceso de resistencia ciudadana ambientalista binacional para oponerse al depósito de residuos radiactivos en Sierra Blanca, lugar que se encuentra a unos 27 kilómetros de la frontera. Su lucha duró casi 13 años hasta que lograron que la Comisión para la Conservación de los Recursos Naturales de Texas negara la licencia para la operación de dicho

depósito, el 22 de octubre de 1998. El profesor Robles murió el miércoles 9 de diciembre de 2020.

Y, finalmente, los grandes ausentes en esta discusión a través de los años han sido “los trabajos interdisciplinarios de científicos sociales que estimulen el debate y ofrezcan alternativas en conjunción con las ciencias ‘duras’ o experimentales” (Moreno y Conversi, 2016, p. 24). En todos los países y de todas las ramas científicas hace falta no solo discutir, sino proponer más opciones de cambio para el beneficio del planeta y, por lo tanto, de la humanidad.

Referencias

- Azuara, G., Escandón, J., Medina, J., Vargas, R. C. y Ortiz, B. (2020). El cambio climático en territorios bioculturales de México: una aproximación metodológico-territorial. En D. Luke, C. Gay y B. Ortiz Espejel (Coord.), *Complejos Bioculturales de México: bienestar comunitario en escenarios de cambio climático* (pp. 41-73).
- Bakan, S., Chlond, A., Cubasch, U., Feichter, J., Graf, H., Grassl, H., Hasselmann, K., Kirchner, I., Latif, M., Roeckner, E., Sausen, R., Schlese, U., Sielmann, F. y Welke, W. (1991). Climate response to smoke from the burning oil wells in Kuwait. *Nature*, 351, 367-370. <https://www.nature.com/articles/351367a0>
- Castro, G. D. (s.f.). *Bhopal, una alerta al uso de sustancias químicas peligrosas en escala industrial*. Centro de Investigaciones Toxicológicas, Ceitox (Citefa-Conicet).
- Crutzen, P. J. y Stoermer, E. F. (2000). The “Anthropocene”. *Global Change Newsletter*, 41. <http://www.igbp.net/download/18.316f18321323470177580001401/1376383088452/NL41.pdf>
- Crutzen, P. J. (2002). Geology of Mankind. *Nature*, 415(23). <https://www.nature.com/articles/415023a>
- Devell, L., Tovedal, H., Bergstrom, U., Appelgren, A., Chyssler, J. y Anderson, L. (1986). Initial observations of fallout from the reactor accident at Chernobyl. *Nature*, 321, 192-193. <https://www.nature.com/articles/321192a0>
- Eisler, R. (2013). *The Fukushima 2011 Disaster*. CRC Press.
- Equihua, M., Hernández, A., Pérez, O., Benítez, G. e Ibañez, S. (2016). Cambio global: el Antropoceno. *Ciencia Ergo Sum*, 23(1), 67-75. <https://cienciaergo-sum.uaemex.mx/article/view/8115>

- García, S. (2010). Contaminación radioactiva del suelo de Chihuahua. A 26 años del suceso [Ponencia]. *VIII Jornada de Conferencias Ambientalistas*, Ciudad Juárez, México.
- Moreno, L. y Conversi, D. (2016). Antropoceno, cambio climático y modelo social. *Documentación Social*, (183), 13-30. <https://digital.csic.es/handle/10261/177891>
- Sánchez, S. A. (2021). Holoceno: qué es, duración y características de esta época. *Psicología y mente*. <https://psicologiymente.com/cultura/holoceno>
- Trischler, H. (2017). El Antropoceno, un concepto geológico, cultural o ¿ambos? *Desacatos* (54), 40-57. <https://desacatos.ciesas.edu.mx/index.php/Desacatos/article/view/1739/1351>
- Ulloa, A. (2017). Dinámicas ambientales y extractivas en el siglo XXI: ¿es la época del Antropoceno o del Capitaloceno en Latinoamérica? *Desacatos* (54), 58-73. <https://doi.org/10.29340/54.1740>
- Weber, M. (1993). *Economía y Sociedad*. Fondo de Cultura Económica.

CAPÍTULO 3

Educación ambiental para abordar proyectos comunitarios socioambientales desde la multi, la interdisciplina y la complejidad

Claudia Janet Laffont Castañón¹

Resumen

La problemática ambiental es abordada constantemente desde las disciplinas de las ciencias naturales; sin embargo, dada la crisis ambiental en la que vivimos, es fundamental analizarla no solo desde el punto de vista técnico o disciplinar, sino en su totalidad, con una visión integral de acuerdo con el contexto cultural, económico, social, histórico y político, es decir, estudiarla desde la multi e interdisciplinaria y la complejidad. La importancia de tener una visión más allá de las disciplinas es que la crisis ambiental actual es parte de múltiples, interdependientes

¹ Aqua 21, A. C. Correo: claudialaffontc@gmail.com

y diversos conflictos que forman parte de una crisis civilizatoria. Frente a este problema, es necesario un replanteamiento profundo, un cambio radical de los modelos actuales de la relación del ser humano con la naturaleza y algunas concepciones científicas y tecnológicas dominantes, pero, sobre todo, se requiere una reforma del pensamiento. La educación ambiental es una estrategia viable para la modificación del pensamiento, ya que analiza el ambiente desde el punto de vista crítico, complejo e interdisciplinar. Algunas de las barreras en el trabajo interdisciplinario son que persiste la visión disciplinar y segmentada de la realidad, la falta de un lenguaje común, el egocentrismo intelectual y las estructuras institucionales, entre otras.

Palabras clave: Educación ambiental; reforma de pensamiento; interdisciplinariedad; complejidad.

Abstract

The environmental problem is constantly approached from the perspective of natural sciences. However, due to the environmental crisis in which we live, it is fundamental to address it, not only from a technical or disciplinary point of view, but in its entirety. Integrating to the analysis the cultural, economic, social, and political context, namely, studying it from a multidisciplinary, interdisciplinary and complexity perspective. The reason to have a profound vision of the disciplines implicated is due to the fact that the environmental crisis is part of multiple, diverse, and interdependent crises, which in fact are part of a civilizational crisis. A deep rethinking is necessary to deal with such crisis, in other words; a radical change of the current models of relationship between humankind and nature is necessary, as well as changing some dominant scientific and technological conceptions. However, above all, it is necessary to restructure thought in this regard. Environmental education for sustainability is a viable strategy to modify the thought, since it analyzes the environment from a critical, complex and interdisciplinary viewpoint. Some hindrances in interdisciplinary work is that disciplinary vision segmented from reality persists, as well as the lack of a common language, intellectual egocentrism, institutional structures, among others.

Keywords: Environmental education; sustainability, thought reform; interdisciplinarity; complexity.

Introducción

La problemática ambiental es abordada constantemente desde las disciplinas de las ciencias naturales; sin embargo, dada la crisis ambiental en la que vivimos en la actualidad es fundamental analizarla no solo desde el punto de vista técnico o disciplinar, sino en su totalidad, con una visión integral e interdisciplinaria de acuerdo al contexto y a diferentes perspectivas como la cultura, la economía, la sociedad, la historia y la política, es decir, estudiarla desde la multi e interdisciplinariedad y la complejidad.

La importancia de tener una visión más allá de las disciplinas es que la crisis ambiental actual es parte de múltiples, interdependientes y diversos problemas que forman parte de una crisis civilizatoria. Las crisis múltiples son de la humanidad y se deben al modelo económico, tecnológico y cultural resultado de la homogeneización y estandarización que ha depredado a la naturaleza y negado a las culturas alternas (Morín, 2011).

Dado lo anterior, ante la crisis de la civilización señalada, diversos autores han afirmado que es necesario un replanteamiento profundo, un cambio de vía, un volver a empezar, una metamorfosis, un “viraje” radical de los modelos actuales en el que es necesario cambiar la relación del ser humano con la naturaleza y de algunas concepciones científicas y tecnológicas dominantes, pero, sobre todo, es necesario y urgente una reformulación del pensamiento.

Por lo tanto, para lograr un pensamiento diferente es preciso promover un pensamiento basado en la reflexión, la crítica, la interdependencia y el diálogo de saberes con visión interdisciplinaria, transdisciplinaria y compleja. Aquí cabe aclarar las diferencias entre multidisciplinariedad, interdisciplinariedad, transdisciplinariedad y complejidad.

En primer lugar, la multidisciplinariedad se refiere a la reunión de diferentes disciplinas en torno a un fin. En segundo lugar, en la interdisciplinariedad se comparte contenido y una visión y lenguaje común con relación a un asunto específico, pero se mantiene la identidad disciplinar, y finalmente en la transdisciplinariedad se pierde la identidad de las disciplinas ya que se privilegia contenido, contexto y se promueve el diálogo de saberes y la complejidad.

Aunque existen diversas formas para investigar o abordar proyectos comunitarios socioambientales desde la interdisciplina, una de las estrategias más viables es la educación ambiental debido a que promueve la modificación de la manera de pensar con base en disciplinas y analiza el ambiente desde el punto

de vista complejo e interdisciplinar. Además, promueve el pensamiento crítico e independiente y ayuda a reflexionar sobre las múltiples causas de los problemas ambientales y su relación con las dimensiones sociales, políticas, económicas y éticas, entre otras.

Frente a la problemática ambiental compleja es claro que no se puede seguir investigando y realizando proyectos socioambientales desde perspectivas parciales y segmentadas o con una visión de una única disciplina. Es imprescindible trabajar desde una visión compleja y sistémica.

Entre los desafíos a enfrentar en el abordaje del trabajo interdisciplinario se encuentra la fragmentación de los problemas, ya que la mayoría de las investigaciones o estudios son sectoriales y desde una disciplina sin una visión sistémica y en ocasiones únicamente se presentan juntos los resultados finales. En definitiva, se requiere romper con los planteamientos rígidos de una disciplina y de una visión individualizada. Es fundamental un cambio conceptual, más que uno metodológico.

Frente a la crisis civilizatoria: una reforma de pensamiento

La crisis ambiental es parte de una crisis de la civilización, esto significa que no es solamente ambiental, sino que es un gran conflicto integrado por múltiples crisis, variadas e interdependientes. Para Morin (2011) es una crisis múltiple de un modelo económico, tecnológico y cultural que ha depredado a la naturaleza y negado a las culturas alternas. Dicha crisis es de la humanidad y es resultado de la globalización, la occidentalización y el desarrollo que enfrenta a un proceso de homogeneización y de estandarización.

Novo (1997) plantea la urgencia de cambios en la idea errónea de que los recursos son finitos, en la relación de los seres humanos con la naturaleza y algunas concepciones científicas y tecnológicas dominantes. Igualmente, Noguera y Pineda (2011) señalan que “este tiempo, cuyo signo inconfundible es la crisis de sentido, sitúa al pensamiento ante una emergencia. Este tiempo demanda un esfuerzo del pensamiento para re-crear la época” (p. 158).

Por su parte, Morin (2011) afirma que se requiere de una política de la humanidad que respete los conocimientos, las técnicas, el arte de vivir de las diversas culturas y la autonomía: “Una política de la humanidad podría entenderse como la simbiosis entre lo mejor de la civilización occidental y las aportaciones extremadamente ricas de las demás civilizaciones; sería, así, generadora

de la nueva civilización” (p. 50). Por tanto, lo que se requiere en gran medida es una reforma del pensamiento; en este sentido, Leff (2007) resalta que la crisis ambiental es una crisis del conocimiento, de un pensamiento positivista, unidimensional, objetivador y cosificador.

Para lo anterior, Leff (2007) propone un saber ambiental que se forja en la complejidad ambiental que se opone a todo principio de homogeneidad y a todo conocimiento unitario, pensamiento global y totalizador. Afirma que en la complejidad ambiental se incorporan la incertidumbre, el caos, el desorden, el riesgo, la irracionalidad, la indeterminación, lo inédito y los futuros posibles en el campo del conocimiento. Además, lleva al reposicionamiento del ser a través del saber y “...genera lo inédito en el encuentro con lo otro” (Leff, 2007, p. 11).

Es preciso entonces destacar que como parte de la complejidad ambiental se encuentran el saber ambiental, el cual se construye en el encuentro con el otro, la apertura del ser a la diversidad y a la diferencia. Así se da el diálogo de saberes, que es el encuentro de distintos seres culturales con los otros. Es un diálogo intersubjetivo e intercultural que trasciende el espacio de un intercambio interdisciplinario. “El saber complejo no es una actividad puramente racional de un individuo aislado, sino una producción colectiva de seres vivos, corporales, afectivos, sensibles e inteligentes que no piensan en el vacío sino en el seno de una cultura y en un territorio de intercambios” (Najmanovich, 2017, p. 34).

Con la visión de la complejidad ambiental se enriquece a la educación, ya que se le da una visión menos mecanicista, positivista y segmentada del conocimiento, donde lo objetivo y lo neutro no es la única posibilidad y se le da paso a la incertidumbre, a lo inédito, a lo impensado, a una forma distinta de conocimiento del mundo y de nosotros mismos donde se incluyen las emociones y los sentimientos.

Acorde con lo anterior, Ospina (2006) afirma que ante la crisis civilizatoria que actualmente vivimos, que ha degradado la naturaleza y que se ha olvidado de los valores, es importante rescatar la herencia de las comunidades indígenas que viven con mayor respeto a la Tierra, “por lo que podrían ayudar a nuestras sociedades a recuperar un poco el equilibrio de la mirada y la ternura hacia el mundo” (p. 71).

Por tanto, la reforma del pensamiento juega un papel crucial, con una visión del mundo acorde a su cultura, a su realidad y a su contexto; además que respete la Tierra, la diversidad, busque la equidad y el bienestar colectivo.

Frente a la crisis civilizatoria actual es vital comprender que es una crisis capitalista, resultado de un modo de vivir consumista, que se cuestione el antropocentrismo que valora el dominio del ser humano sobre la naturaleza y que es necesario promover valores como la diversidad y la equidad, así como una mayor protección de la madre tierra y el bienestar colectivo. (Drouin-Gagné, 2011).

De la multidisciplina a la interdisciplina, la transdisciplina y la complejidad

Existe una diversidad de conceptos que se utilizan cuando se habla de disciplinas. De acuerdo con Mora (2012), las diferencias y similitudes de los términos se relacionan con el contenido, contexto y la tarea a realizar, por tanto, es preciso aclarar los conceptos más usados.

Por una parte, la multidisciplina se refiere a la reunión de diversas disciplinas en torno a una labor. Quienes investigan, aunque comparten objetivos y fines comunes, el análisis y los resultados que presentan son independientes, sin integración ni vínculos entre disciplinas (Carvajal, 2010).

En la interdisciplinariedad se comparten contenidos con un lenguaje común al realizar un cometido; sin embargo, se mantiene la identidad de las disciplinas y la especialización.

García (2011) por su parte utiliza el término “investigación interdisciplinaria” y señala que es el tipo de estudio que requiere un sistema complejo, ya que para investigar se debe definir primero el objeto de estudio y después se plantea la manera de estudiarlo. Por tanto, es necesario contar con un equipo de trabajo con especialistas de diversas disciplinas que comparten marcos epistémicos, conceptuales y metodológicos. También aclara que no toda investigación es interdisciplinaria ni tampoco todo profesional necesita ocuparse de la interdisciplina. “No se trata de aprender ‘más cosas’, sino de ‘pensar de otra manera’ los problemas que se presentan en la investigación” (p. 69).

El mismo García (2011) afirma que el objetivo de la investigación interdisciplinaria es contar con una interpretación sistémica de un problema que presenta el objeto de estudio y con ello obtener un diagnóstico integrado para promover acciones concretas y políticas generales alternativas.

En resumen, es importante destacar que la interdisciplina no es añadir enfoques o trabajos de especialistas independientes, sino realizar un trabajo conjunto, un proceso y no una suma de resultados.

Por otra parte, en la transdisciplina se comparten cometido, contenido y contexto, se renuncia a la identidad de las disciplinas para lograr la integralidad en un diálogo de saberes con especialistas y no especialistas. Carvajal (2010) explica que:

Lo transdisciplinario traspasa los límites de lo interdisciplinario y tiene como objetivo superar la sectorización del conocimiento, más allá del enriquecimiento de las disciplinas con diferentes saberes (multidisciplina) y del intercambio de métodos científicos de los saberes (interdisciplina). Refleja (...) la necesidad de permeabilización de las diferentes disciplinas, siendo un proceso en el cual los límites de las disciplinas individuales trascienden para estudiar problemas desde perspectivas múltiples para generar conocimiento. (p. 166)

En la transdisciplina se pierde la identidad de las disciplinas ya que se privilegia contenido, contexto y se promueve el diálogo de saberes. La disciplina y la transdisciplina son complementarias porque permiten ver diferentes niveles de la realidad y facilitan comprender la complejidad. “La transdisciplina, más que una disciplina nueva o una super-disciplina, es en realidad, un modo distinto de ver el mundo, más sistémico, más holístico” (Max Neef, 2004, p. 20).

En el mismo sentido, Salvador y González (2015) señalan que la transdisciplinariedad “denota lo que está *entre* las disciplinas, *a través* y *más allá* de toda disciplina” (p. 106).

Por otro lado, Morin (2011) resalta que nuestros saberes son desarticulados, parcelados, contrario a los problemas que cada vez son más complejos, transversales y globales, por ello para la búsqueda de la solución de los problemas es necesario un pensamiento complejo. Dado lo anterior, cuando se habla de complejidad Gershenson (2013) afirma que el origen del término viene del latín *plexus*, que significa entretejido, es decir, difícil de separar: “¿Por qué? Hay una codependencia entre los componentes de un sistema complejo. El futuro de cada componente, y por lo tanto del sistema, depende en parte de las interacciones que se dan entre los componentes (p. 14)”.

También aclara que en muchas ocasiones lo complejo se utiliza como sinónimo de lo complicado, lo cual se debe diferenciar, ya que lo complejo tiene que ver con algo compuesto y lo complicado con algo intrincado. Y afirma que lo complejo tampoco es caótico. Además, menciona que de forma tradicional la

ciencia ha tratado de explicar de manera reduccionista los sistemas en términos de sus componentes, ignorando las interacciones, lo cual se debe dejar atrás si se requiere comprender los sistemas complejos.

En el mismo sentido Delgado (2015) señala que: “Se apuesta así por una visión compleja, integral e interdisciplinaria, de interacción/articulación de diversas epistemologías (incluso ontologías), teorías y metodologías, lo que en la práctica se verifica en nuevas aproximaciones que pueden calificarse como disciplinas híbridas o dominios híbridos que plantean énfasis particulares” (p. 112).

En particular, en el caso de los problemas ambientales que son complejos no se pueden estudiar por simple adición de investigaciones disciplinarias, deben ser abordados a partir de criterios de interdisciplina, ya que dependen del contexto y de la influencia de la cultura. Del mismo modo, se deben considerar los aspectos políticos y no únicamente las dimensiones puramente técnicas y disciplinares del problema (Reyes et al., 2016).

En definitiva, es primordial que en la educación e investigación en proyectos comunitarios socioambientales se promueva una visión inter y transdisciplinaria en la que se busque un pensamiento complejo basado en la reflexión, la crítica, la interdependencia y el diálogo de saberes.

La educación ambiental para abordar proyectos comunitarios socioambientales

La educación ambiental es, ante todo, una promotora del pensamiento crítico e independiente, es un proceso para reflexionar las múltiples causas de los problemas ambientales y su relación con las dimensiones sociales, políticas, económicas y éticas, entre otras. También promueve la modificación de la manera del pensar disciplinar y analiza el ambiente desde el punto de vista complejo e interdisciplinario.

Igualmente, es un proceso formativo permanente que impulsa un cambio colectivo y comprometido al promover valores (justicia, solidaridad, paz, responsabilidad) y un análisis crítico del sistema económico complejo y global para que las personas y la colectividad actúen para reducir la presión sobre el ambiente y avanzar en la satisfacción, justa y equitativa, de las necesidades humanas.

Su base es la ética, ya que impulsa la corresponsabilidad y coloca a la vida por encima de cualquier interés económico y político. En especial, la enfocada en formar ciudadanía. Pero, una ciudadanía más responsable de sus actos, con

amor, más solidaria y tolerante con los demás y que respete, ante todo, la vida, la dignidad de las personas, los derechos, la justicia, la diversidad y la paz.

En este contexto, la educación ambiental es crítica y está políticamente comprometida al cuestionar la globalización y el modelo de desarrollo dominante. Sauvé (2015) citando a Orr señala que toda educación es “ambiental”, lo cual implica que si se excluye lo ambiental de un proyecto educativo lleva un mensaje implícito restándole importancia a este tema. “Sin la perspectiva del impacto político, la educación ambiental queda en el territorio del encantamiento, de los buenos deseos y nobles ideales, de los hechizos que generan transformaciones impensadas, pero no penetra la compleja realidad que debe enfrentarse” (Reyes, 2011, p. 115).

En la educación ambiental es primordial ver el mundo con relación a los demás de acuerdo con el propio contexto y momento histórico. Por ello, los educadores ambientales deben aprender nuevas formas de enseñar al incluir el sentido social y político de la vida cotidiana y recuperar la historia, así como la argumentación crítica, la solidaridad y la responsabilidad compartida, es decir, trabajar desde interdisciplina y la complejidad.

Retos en el trabajo interdisciplinario en problemas ambientales

Entre los desafíos a enfrentarse en el abordaje del trabajo interdisciplinario García (2011) expresa que está la fragmentación de los problemas, ya que la mayoría de las investigaciones o estudios son sectoriales y desde una disciplina sin una visión sistémica. Afirma que el principal problema para articular las contribuciones de cada disciplina más que metodológico es conceptual y epistemológico, y señala que “preparar científicos sociales capaces de enfrentar esa problemática requiere un cambio profundo en la formación de los científicos —‘sociales’ o ‘naturales’— que signifique una toma de conciencia de la dimensión social de la ciencia y de la responsabilidad social del científico” (p. 92).

Por su parte, Aznavurian (2011) asevera que es complicado el formar un equipo interdisciplinario, ya que es romper con los planteamientos rígidos de una disciplina y con una visión individualizada. Aquí es necesario el diálogo en todos los niveles y sentidos con integrantes con saberes definidos. “No es en principio una discusión política, si bien después se podrían necesitar elementos de ese orden” (p. 175).

Igualmente señala que se requieren cinco prerrequisitos para la interdisciplina: (1) El trabajo en equipo, que es participar con actitudes cooperativas en el grupo; (2) la intencionalidad, es decir, cómo la relación entre las disciplinas debe ser provocada; (3) la flexibilidad, que es la apertura entre integrantes; (4) la cooperación recurrente, que es la continuidad en el grupo, y (5) la reciprocidad con el intercambio de conceptos, métodos, técnicas, entre otros. (Elichiry, 2011, como se citó en Aznavurian, 2011).

Por su parte, Carvajal (2010) menciona cinco retos a los que es necesario enfrentarse en el trabajo interdisciplinario: (1) El lenguaje científico; (2) egocentrismo intelectual; (3) estructuras institucionales y procedimientos; (4) publicaciones especializadas, y (5) tiempos diferentes.

En primer lugar, el lenguaje científico se refiere a que cada disciplina utiliza términos diferentes e inclusive existen conceptos que tienen significados distintos según la disciplina. En segundo lugar, el egocentrismo intelectual y el hermetismo del pensamiento es que cada disciplina cuenta con sus propias técnicas y normas para abordar los problemas, por lo que se precisa de constante cooperación, apertura y apoyo mutuo. En tercer lugar se encuentran las estructuras institucionales y procedimientos, ya que varían de acuerdo con la institución y campo de conocimiento. En cuarto lugar están las publicaciones especializadas ya que existe una regla no escrita de que se debe publicar en revistas de la propia disciplina, ya que otras se consideran de importancia menor y, por último, se encuentran los tiempos diferentes de los estudios o investigaciones según la disciplina.

En el trabajo interdisciplinario se debe tener cuidado y evitar la “especialización absoluta debido al aislamiento del desarrollo científico del contexto social. Y por otra parte la generalización excesiva por la falta de profundidad” (Elichiry, 2011, como se citó en Aznavurian, 2011, p. 175).

En resumen, es necesario que los asuntos ambientales, ya sea en investigaciones o proyectos comunitarios, desde su origen se diseñen desde una perspectiva interdisciplinar y compleja con especialistas de distintas disciplinas que trabajen en equipo con apertura, flexibilidad y en busca de soluciones conjuntas.

Conclusiones

La crisis ambiental, que es parte de una crisis de la civilización es, principalmente, una crisis del conocimiento y de un pensamiento tradicional, por ello

se requiere estudiarla como un todo, con una visión integral, holística e interdisciplinaria. Para lograr modificar el pensamiento positivista, segmentado y disciplinario, es preciso promover una visión compleja basada en la reflexión, la crítica, la interdependencia y el diálogo de saberes.

Una estrategia viable para la reforma del pensamiento es la educación ambiental, ya que analiza el ambiente desde el punto de vista crítico, complejo e interdisciplinario, y ayuda para reflexionar las múltiples causas de los problemas ambientales y su relación con las dimensiones sociales, políticas, económicas, históricas, culturales y éticas, entre otras.

Entre los retos para enfrentar el trabajo inter y transdisciplinario se encuentran la visión disciplinar y segmentada de la realidad y la fragmentación de los problemas, ya que la mayoría de las investigaciones o estudios son sectoriales y desde una disciplina sin una visión sistémica. Es necesario cambiar la idea de que la interdisciplina es una ciencia blanda, superficial y de menor importancia.

El reto principal es articular las contribuciones de cada disciplina de forma conceptual y formar equipos inter y transdisciplinarios que traten de contar con un lenguaje común, evitar el egocentrismo intelectual y enfrentarse a las estructuras institucionales que varían según cada disciplina e institución. Es vital contar con equipos de trabajo que rompan con los planteamientos rígidos de una disciplina y que participen con actitud cooperativa, flexibilidad e intencionalidad.

Finalmente, la interdisciplina y la transdisciplina permiten fortalecer las disciplinas en el abordaje de los asuntos ambientales desde perspectivas diferentes con una visión amplia y más acorde con la realidad para que exista una mayor probabilidad de impacto positivo en las personas, la comunidad y el ambiente.

Referencias

- Aznavurian, A. (2011). La interdisciplina y la necesidad de integrar el conocimiento. *Ludus Vitalis*, XIX(35), 173-176. https://www.centrolombardo.edu.mx/wp-content/uploads/formidable/35_12_aznavurian.pdf
- Carvajal, Y. (2010). Interdisciplinarietà: desafío para la educación superior y la investigación. *Luna Azul* (31), 156-169. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1909-24742010000200012&script=sci_abstract&tlng=es
- Delgado, G. (2015). Complejidad e interdisciplina en las nuevas perspectivas socioecológicas: la ecología política del metabolismo urbano. *Letras Verdes*

- Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales* (17), 108-130. <https://doi.org/10.17141/letrasverdes.17.2015.1442>
- Drouin-Gagné, M. (2011). Concepciones del mundo como fenómeno de civilización: arraigos históricos de las propuestas de los liderazgos del Foro Social Mundial y de las organizaciones andinas que participan. *Tinkuy. Boletín de investigación y debate*, (16), 27-50. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3728588>
- García, R. (2011). Interdisciplinariedad y sistemas complejos. *Revista Latinoamericana de Metodología de las Ciencias Sociales*, 1(1), 66-101. http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/art_revistas/pr.4828/pr.4828.pdf
- Gershenson, C. (2013). ¿Cómo hablar de complejidad? *Llengua, Societat i Comunicació*, (11), 14-19. https://www.researchgate.net/publication/260868697_Como_hablar_de_complejidad
- Leff, E. (2007). La complejidad ambiental, *POLIS, Revista de la Universidad Bolivariana*, 6(16), 1-9. <https://www.redalyc.org/pdf/305/30501605.pdf>
- Max Neef, M. (2004). Los cimientos de la transdisciplinariedad. *Universidad Austral de Chile*, 1-22. <http://ecosad.org/phocadownloadpap/otrospublicaciones/max-neef-fundamentos-transdisciplinaridad.pdf>
- Mora, W. (2012). Ambientalización curricular en la educación superior: un estudio cualitativo de las ideas del profesorado. *Revista de Currículum y Formación de Profesorado*, 16(2), 77-103. <https://recyt.fecyt.es/index.php/profesorado/article/view/43717>
- Morin, E. (2011). *La vía para el futuro de la humanidad*. PAIDÓS Estado y Sociedad.
- Najmanovich, D. (2017). El sujeto complejo: la condición humana en la era de la red. *Utopía y Praxis Latinoamericana*, 22(78), 25-48. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=27952381004>
- Noguera, P. y Pineda, J. (2011). Concepciones de mundo y sentidos de realidad. Pensamiento ambiental y educación en clave estética-compleja. En Reyes, J. y Castro, E. (Eds.), *Contornos educativos de la sustentabilidad*. (145-178). Universidad de Guadalajara.
- Novo, M. (1997). El análisis de los problemas ambientales: modelos y metodología. En M. Novo y R. Lara (Eds), *Análisis interdisciplinario de la problemática ambiental*. (21-62). Fundación Universidad-Empresa.
- Ospina, W. (2006). *América Mestiza: el país del futuro*. Aguilar.

- Reyes, J. (2011). *La espiral de la investigación en educación ambiental: de las resonancias de lo ajeno a la aspiración de un estatuto científico propio*. Universidad de Guadalajara.
- Reyes, J., Castro E. y Esteva J. (2016). *Balance general de la educación ambiental para la sustentabilidad en México. Período 2005-2014*. Universidad de Guadalajara.
- Salvador, J. y González, S. (2015). La inter-transdisciplina como ethos de la Universidad en la era global. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 2(2), 105-117. <http://www.reibci.org/publicados/2015/marzo/0900108.pdf>
- Sauvé, L. (2015). La dimensión política de la educación ambiental: un cierto vértigo. En A. Fernández-Crispín, *La educación ambiental en México. Definir el campus y emprender el habitus*, (55-70). Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

PARTE II

PANORAMAS GENERALES SOBRE SITUACIONES SOCIOAMBIENTALES

CAPÍTULO 4

El cambio climático y los aspectos socioambientales del agua y energía en Ciudad Juárez, Chihuahua (2011-2021)

Esmeralda Cervantes Rendón¹

Resumen

Las ciudades son un factor impulsor del cambio climático, así como también receptoras de sus efectos, por ello dentro de la agenda 2030 se encuentra el ODS 11 sobre ciudades y comunidades sostenibles. Además, dentro de estas interacciones, dos recursos adquieren una gran relevancia: el agua y la energía, sobre todo en ciudades con climas áridos como Ciudad Juárez, que al ser una región fronteriza, adquiere una dinámica binacional. Por ello, el presente capítulo tiene como objetivo identificar los aspectos socioambientales del agua y energía relacionados con

¹ Profesora de tiempo completo de El Colegio de Chihuahua. Correo: ecervantes@colech.edu.mx

los factores detonantes por el cambio climático en Ciudad Juárez durante el periodo 2011-2021, por medio de un análisis de contenido de documentos académicos y notas hemerográficas, encontrando que el enfoque social del agua y energía se considera en el año 2013 y de una manera constante a partir del 2016. Por otra parte, la educación ambiental, aunque es considerada en algunas investigaciones, no ha logrado tener un peso relevante durante los años estudiados. Como factores detonantes se encuentran la disminución de la disponibilidad y calidad del agua, así como la asequibilidad y seguridad de la energía, relacionadas al crecimiento urbano.

Palabras clave: Disponibilidad de agua; cambio climático; seguridad energética; relación ambiente-sociedad; Ciudad Juárez.

Abstract

Cities are a driving factor of climate change, as well as recipients of its effects, which is why within the 2030 agenda is SDG 11 on sustainable cities and communities, also within these interactions, two resources acquire great relevance, the water and energy, especially in cities with arid climates such as Ciudad Juárez, which, being a border region, acquires a binational dynamic. For this reason, this chapter aims to identify the socio-environmental aspects of water and energy related to the triggering factors for climate change in Ciudad Juárez during the period 2011 to 2021, through a content analysis of academic documents and hemerographic notes, finding that the social approach to water and energy is considered in 2013 and in a constant way as of 2016 to 2021. On the other hand, environmental education, although it is considered in some investigations, has not managed to have a relevant weight during the studied years. As triggering factors, there is the decrease in the availability and quality of water, as well as the affordability and security of energy, related to urban growth.

Keywords: Water availability; climate change; energy security; environment-society relationship; Juárez City.

Introducción

Existen dos elementos esenciales para el desarrollo de una sociedad, comunidad o individuos, los cuales son la energía y el agua, que marcarán el comportamiento y desarrollo de una sociedad en un espacio dado. Las ciudades son

dependientes del acceso a estos dos recursos, que como nos indica el Objetivo de Desarrollo Sostenible² (ODS) 6. Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos, así como el ODS 7. Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna, es responsabilidad y derecho de todos y todas desde los diferentes sectores el lograr garantizar el acceso sostenible a estos dos recursos.

Tanto el agua como la energía han sido estudiadas desde las ciencias exactas para una mejor comprensión de su comportamiento en la naturaleza y con ello lograr un manejo o manipulación para beneficio o uso de la humanidad, sin embargo, precisamente este uso por parte de una sociedad ha generado que no solamente sea necesaria su comprensión desde sus aspectos físicos y químicos, sino también desde lo que representan para dicha sociedad.

En el caso del agua ha sido de mayor interés su conocimiento desde el proceso físico por los diferentes estados que pasa en la naturaleza, sobre todo lo relacionado con su calidad y con el abastecimiento para una población. Mientras que, desde el enfoque social, es necesario considerar los aspectos socioculturales desde los hábitos y consumos, así como la identidad de una población que se definirá por su cultura con base en las necesidades y consumos (Vargas, 2006), ya que las cosmovisiones y percepciones serán los determinantes en la definición de la interacción de una sociedad con su entorno natural, y en este caso con el agua (Ávila, 2006). Y todo esto, sin dejar de lado que entre la interacción ambiente y sociedad también existe el factor económico, que en muchas ocasiones tiene un mayor peso y que, en este caso, estará relacionado al desarrollo y consumo del agua por los diversos sectores económicos y públicos.

Por su parte, cuando hablamos de energía, la interacción principal entre la sociedad y el ambiente se da en dos de sus tres facetas, en la generación y el consumo. Dentro de la generación, cuando hablamos de nuevos proyectos de este tipo, ya sea con combustibles fósiles o con energía renovable, los factores sociales que están implicados en estos cambios van desde la percepción, la aceptación y la apropiación social, que se fortalecerán con la confianza (Cervantes, 2019), pasando este tipo de desarrollos energéticos a no solamente ser considerados los aspectos técnicos, sino también los sociales, como aplicaciones sociotécnicas que incluyen la consideración de los conflictos socioambientales con el fin de lograr una transición hacia la sostenibilidad (Ariztía et al., 2017).

2 Los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030 pueden ser consultados en: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

Mientras que cuando hablamos de consumo, y de planear una estrategia que considere los aspectos sociales de la energía, es necesario tomar en cuenta la pobreza energética, la democratización de la energía y la seguridad energética. La pobreza energética, vista desde las necesidades y satisfacciones que se definen por la percepción de una población en un entorno que cambiarán por diversos aspectos sociales, climáticos y territoriales (García y Graizbord, 2016). Así como la democratización de la energía, considerando una sociedad que la busque como derecho del ser vivo, con una conciencia y apropiación de los diferentes sistemas energéticos y su ahorro (Fornillo, 2017; Bertinant, 2016). Y, por último, la seguridad energética vista de una manera integral, que incluya las medidas para asegurar sus diversas fuentes de generación considerando los conflictos socioambientales que se puedan desarrollar, cubriendo las necesidades de la población (Oswald, 2017).

Además, la energía y el agua no solamente interactúan con la sociedad desde el enfoque socioambiental, sino también entre ellas mismas formando relaciones de codependencia y que forjan el comportamiento y desarrollo de una ciudad, en donde, de acuerdo con Paz (2014), de la interacción se puede pasar a un problema cuando se presentan situaciones de contaminación, pérdida de biodiversidad o se empieza a correr riesgo en el abastecimiento de un recurso natural, transformándose estos problemas en conflictos cuando, además, el grupo social identifica una afectación o riesgo de afectación socioambiental, desde las dimensiones materiales y simbólicas, donde a partir de ello se lleva a cabo una organización y expresión de la inconformidad, que regularmente estos problemas surgen desde un contexto local inmerso en una situación global (Paz, 2014).

Desde la ecología política, dentro de sus diversas líneas es posible entender las situaciones socioambientales que se pueden dar desde los aspectos urbanos de las ciudades, considerando los grupos de poder, que generan junto con otros factores acontecimientos de justicia socioambiental sobre la población vulnerable (Martínez, 2015), que para una mejor comprensión de las diversas dinámicas que están implícitas en la ciudad desde un enfoque socioecológico, utilizar el concepto de metabolismo urbano proporciona herramientas de análisis para una comprensión interdisciplinaria de la transformación del territorio derivado de la relación ambiente y sociedad (Delgado, 2015).

Por otra parte, Ciudad Juárez es una de las principales ciudades fronterizas entre México y Estados Unidos, con una población de 1 512 450 habitantes (Inegi, 2020) que conviven de manera dinámica con las ciudades de El Paso,

Texas y Las Cruces, Nuevo México, compartiendo una cuenca atmosférica denominada Paso del Norte, así como recursos superficiales y subterráneos de agua.

Con base en lo anterior, el presente capítulo tiene como objetivo identificar los aspectos socioambientales del agua y energía en relación a los factores que pueden incrementar por el cambio climático en Ciudad Juárez durante el periodo 2011-2021, desde sus interacciones, problemáticas y posibles conflictos, para lo cual se realizó un análisis de contenido de las publicaciones académicas realizadas en Ciudad Juárez durante el periodo 2011-2021 de agua y energía, así como una revisión de notas hemerográficas sobre temas de cambio climático y energía.

A partir de lo anterior, el documento se divide en cuatro secciones: en una primera parte se presenta el método de la revisión de literatura, para en la segunda parte mostrar la interacción del ambiente y la sociedad a través de la formación de Ciudad Juárez, hasta el momento en que adquiere su vocación económica relacionada con la industria maquiladora, para pasar a un análisis de los aspectos socioambientales que comprenden una revisión de las problemáticas de los últimos 10 años sobre agua y energía. La sección final nos habla de la consideración del cambio climático en los temas de agua y energía, para cerrar con las reflexiones finales.

Método del análisis de contenido

Para el desarrollo de las secciones del presente capítulo se hicieron análisis de contenido de los tres temas principales por separado: 1) el agua; 2) la energía, y 3) las consideraciones del cambio climático en los temas de agua y energía, todos estos sobre Ciudad Juárez, siguiendo el método de análisis de contenido documental por tratamiento temático (Guimarães et al., 2007).

Búsqueda y análisis del tema de agua

Para el tema de agua se consideraron los términos “agua” y “Ciudad Juárez”, así como su traducción al inglés. El periodo fue de 2011 a 2021 y se tomaron en cuenta documentos académicos de acceso abierto como artículos de revisión, de reflexión y de revisión, así como memorias en extenso, siendo la mayoría en idioma español (Tabla 1).

TABLA 1. Características generales de los documentos académicos analizados para las secciones de agua

Tipo de documento	Cantidad	Idioma	
		Español	Inglés
Artículo de investigación	15	11	4
Artículo de reflexión	1	1	0
Artículo de revisión	5	4	1
Memoria en extenso	2	2	0
TOTAL	23	78%	22%

FUENTE: Elaboración propia.

Para el análisis de contenido se utilizó el software Atlas.ti versión 8, identificando las siguientes categorías de análisis:

1. Actores: considerando dentro de esta categoría a la academia, las organizaciones de la sociedad civil, el trabajo en redes y los tomadores de decisiones.
2. Conflicto socioambiental: dentro del cual se identificaron la acción política, la acción social, el crecimiento urbano, los movimientos socioambientales y los valores.
3. Educación ambiental: identificando el enfoque de sistemas complejos, los sistemas socioecológicos y la investigación-acción.
4. Justicia ambiental: incluyendo las necesidades y la población vulnerable.
5. Situaciones ambientales: donde se consideró el abastecimiento de agua, su calidad, su contaminación, las sequías y situaciones binacionales.

Una vez identificadas las categorías de análisis dentro de los documentos se obtuvo la densidad de citas, que se refiere a la proporción de texto que es considerado dentro de cada categoría.

Búsqueda y análisis del tema de energía

Para el caso de energía, debido a que se obtuvieron muy pocas publicaciones referentes a Ciudad Juárez se fortaleció el análisis documental con notas hemerográficas, consideradas como elementos narrativos que pueden ser analizados desde categorías temáticas, que permiten tener un panorama de la información que es transmitida al ciudadano y con ello poder identificar problemáticas que

no han sido analizadas desde la perspectiva académica, siendo posible cuando se revisa un conjunto de notas de manera sistematizada.

En el caso de los documentos académicos fueron diez del periodo de 2011 al 2021, incluyendo artículos de investigación, memorias en extenso y tesis de posgrado en idioma español (Tabla 2). Estos documentos se relacionan con el tipo de investigación que normalmente se hace sobre energías renovables, que es más enfocada a desarrollos tecnológicos y/o su aceptación por los usuarios.

TABLA 2. Tipo de documentos académicos utilizados en el análisis de contenido

Tipo de documento	Cantidad
Artículo de investigación	6
Memoria en extenso	2
Tesis de posgrado	2
TOTAL	10

FUENTE: Elaboración propia.

Para el análisis hemerográfico se utilizó la base de datos INPRO, una hemeroteca digital que colecciona notas periodísticas sobre el estado de Chihuahua y que se encuentra activa desde 1976 (INPRO, 2023). Dentro de la misma se buscaron notas sobre energía y Ciudad Juárez del año 2021, seleccionando 82 notas que coincidieron temáticamente y con el área de estudio. Las categorías identificadas en las notas fueron sobre los combustibles (gasolina, gas LP, gas natural y biogás), la Ley Eléctrica y apagones (Tabla 3).

TABLA 3. Temáticas identificadas en las notas hemerográficas sobre energía de Ciudad Juárez durante el 2021

Temática	Cantidad
Gasolina	10
Gas LP	11
Ley Eléctrica	9
Gas natural	2
Energías renovables	1
Apagones	48
Biogás	1
TOTAL	82

FUENTE: Elaboración propia.

Análisis del tema de cambio climático

Para el tema de cambio climático como factor detonante en los conflictos socioambientales se identificaron dentro de los documentos académicos analizados (33 documentos) en Atlas.ti versión 8 los textos que abordaran el tema, encontrándose presente en siete documentos académicos (seis del tema de agua y uno del tema de energía), siendo de los años 2013, 2016, 2019 y 2021, encontrando diferentes niveles de abordajes del tema dentro de las publicaciones (Tabla 4).

TABLA 4. Cantidad de citas dentro de los documentos sobre cambio climático

Código de la publicación académica	Agua_06	Agua_07	Agua_12	Agua_14	Agua_17	Agua_22	Energía_01	TOTAL
Cantidad de citas sobre cambio climático dentro del documento	2	2	4	7	2	1	1	19

FUENTE: Elaboración propia.

Con base en el análisis de contenido realizado de manera sistemática para cada uno de los temas se desarrolló una narrativa en cada sección que nos presenta el proceso de interacción ambiente y sociedad en Ciudad Juárez desde su conformación como sociedad fronteriza, las problemáticas sobre el agua y energía desde enfoques ambientales y sociales, así como los puntos de atención que podrían generar conflictos socioambientales por los efectos del cambio climático sobre estos dos elementos.

Interacción ambiente y sociedad: formación de Ciudad Juárez

En el caso de Ciudad Juárez, el proceso de transformación del territorio inició entre 1542 y 1650 con la creación y expansión del Camino Real de Tierra Adentro, donde se tenía un tramo de aproximadamente 1100 metros de despoblado entre Santa Bárbara, en la Nueva Vizcaya, y Socorro en Nuevo México. En la mitad de ese camino cruzaba el río Bravo en un paraje conocido como El Paso, sin embargo, hasta el 8 de diciembre de 1659 se logra establecer la Misión de Nuestra Señora de Guadalupe del Paso del Río del Norte, dando un punto intermedio en el despoblado que existía en esa ruta, pero en 1848, con la firma del Tratado de Guadalupe Hidalgo, este punto se convierte en una zona fron-

teriza, dividiendo a su población por el río Bravo en las ahora Ciudad Juárez en el estado de Chihuahua, México y El Paso, Texas, Estados Unidos de América, generando una economía diferente de intercambio, que se fomentó con la llegada del tren en 1884 y la declaración de zona libre, ocupando una gran relevancia la Aduana (González, 2017).

Para los 1900 se llevaba a cabo el comercio tanto de manera transfronteriza como el internacional derivado de diversos metales, entre ellos el cobre, con la instalación de la minera Asarco en la sección de El Paso, Texas, ocasionando graves problemas de contaminación para ambas ciudades. Otro gran impulso económico y que ha llevado a una transformación del territorio fue el Programa de Industrialización de la Frontera en 1965, que estimuló la instalación de grandes zonas de industria maquiladora y generó un cambio en la economía tanto local como binacional (González, 2017).

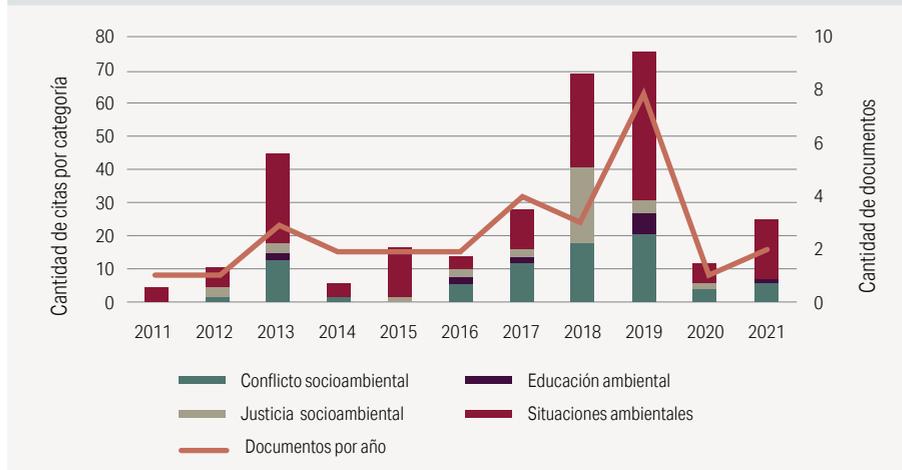
De ser una zona despoblada en la ruta Camino Real de Tierra Adentro, pasó a ser un punto de descanso e intercambio para convertirse en una ciudad fronteriza con una dinámica de crecimiento relacionada después de los años sesenta con la instalación de la industria maquiladora y los diferentes acuerdos internacionales que han fomentado este tipo de economía, con dinámicas de crecimiento poblacional que han incrementado el suelo urbano.

Problemáticas de la interacción ambiente y sociedad

Para identificar las problemáticas relacionadas con agua y energía de Ciudad Juárez se realizó una búsqueda de documentos de acceso abierto de los años 2011 al 2021, en inglés y español, obteniendo 23 publicaciones académicas sobre el tema de agua y 10 sobre energía, considerando solamente los que hablaran sobre Ciudad Juárez desde el área urbana, que se encontrara disponible el documento completo y publicado en revistas indexadas o por instituciones académicas, identificando artículos y memorias en extenso.

Del análisis de contenido en Atlas.ti, considerando las siguientes categorías de análisis: 1) la situación ambiental; 2) el conflicto ambiental; 3) la justicia ambiental, y 4) educación ambiental, se encontraron diferentes proporciones en la densidad de citas que hablaban de estas categorías dentro del documento (Gráfica 1).

GRÁFICA 1. Densidad de citas por categorías analizadas en los temas de agua y energía de Ciudad Juárez



FUENTE: Elaboración propia (Total: 33 documentos).

Por ser el tema de agua y energía, las situaciones ambientales se encuentran en todos los años. Por su parte, el tema social, con excepción del 2013 —en donde se trabaja el tema del agua desde un enfoque binacional—, vemos que desde los conflictos socioambientales empieza a ser considerado de una manera constante a partir del 2016. Mientras que el tema de justicia ambiental adquiere relevancia en el 2018, debido a publicaciones sobre la falta de acceso de agua entubada en una población específica de Ciudad Juárez. Por otra parte, la educación ambiental, aunque es considerada en algunas investigaciones, no ha logrado tener un peso relevante durante los años estudiados.

Situaciones ambientales del agua

Al ser un espacio geográfico dividido por tratados internacionales, las ciudades quedan compartiendo recursos naturales como el agua del río Bravo, legislado por el Acuerdo de 1906, donde se establece la entrega de 74 millones de m³ al año de agua para uso agrícola en el Valle de Juárez (Comisión Internacional de Límites y Aguas [CILA], 1906). Las principales fuentes de agua para las necesidades de la ciudad son subterráneas, siendo el Bolsón del Hueco la principal, y

el Bolsón de la Mesilla por medio del sistema Conejos-Médanos, que de igual manera se comparten con la ciudad de El Paso, Texas.

El Bolsón del Hueco se encuentra catalogado por la Comisión Nacional del Agua (Conagua) como sobreexplotado (Conagua, 2020), ha sufrido una disminución de su nivel estático en la mancha urbana de Ciudad Juárez, con una variación de 30 m a 140 m (Soto et al., 2018), así como un cambio en la dirección del flujo entre ambos países, ocasionado por los patrones de bombeo de las dos ciudades, así como la poca recarga natural que recibe el acuífero por las escasas lluvias (Talchabhadel et al., 2021). Es importante señalar que desde 1985 la ciudad de El Paso cuenta con un sistema de recarga de agua tratada, con un promedio de recarga anual de 4.7 millones de m³ (Sheng, 2013), sin embargo, esto no es suficiente para lograr un equilibrio en la recarga del acuífero.

De acuerdo con Esquivel y colaboradores (2019), el abatimiento del acuífero no solamente se debe al crecimiento urbano, sino también al consecuente crecimiento de suelo urbano que además requiere agua para el uso habitacional e industrial (Esquivel et al., 2019).

Una de las consecuencias de la sobreexplotación es la disminución de la calidad del agua que se extrae. En Ciudad Juárez se tienen zonas con pozos con niveles arriba del límite máximo permisible de arsénico (Salas et al., 2015), así como un incremento en los sólidos disueltos totales (Talchabhadel et al., 2021; Sheng, 2013; Hargrove et al., 2013). Mientras que, en las fuentes o puntos superficiales, también se han detectado problemas de calidad del agua relacionados con las zonas de descarga de agua residual en el río Bravo, encontrando niveles de contaminación por parásitos y bacterias (Olivas et al., 2011), así como presencia de productos farmacéuticos en las descargas de agua urbana (Bernadac et al., 2019). Además, en depósitos de agua con una función recreativa se han encontrado bacterias, amibas y patógenos (Hernández et al., 2019).

Por otra parte, aunque más del 90 % de la población de la ciudad tiene acceso a agua potable, existen colonias marginadas que no lo tienen y que su acceso es por medio de pipas o pozos sin tratamiento de agua. Durante el 2004 se tenían 17 colonias, lo que corresponde a alrededor de 44 000 personas, hasta disminuir ese número en el 2016 a seis colonias con una población aproximada de 7000 personas (Córdova, 2018). Aunque se ha intentado, no se ha podido otorgar el servicio a toda la población, lo que ocasiona que en los sitios de almacenamiento de agua de estos habitantes exista contaminación por bacterias y patógenos, provocando problemas en su salud (Bernadac et al., 2018).

Todo lo anterior, considerando que al ser una región semiárida se presentan temporadas de sequía que ocasionan que estos problemas puedan incrementarse, por lo que adquiere una mayor relevancia tomar en cuenta los aspectos de abastecimiento y calidad del agua desde un enfoque binacional, considerando un manejo de acuíferos transfronterizos (Hatch, 2017).

Situaciones sociales del agua

Un factor importante dentro de las situaciones sociales del agua es la acción política del lugar, ya que su forma de actuar podrá prevenir o incrementar las problemáticas socioambientales. En el caso de Ciudad Juárez, lo que se ha estudiado son las inversiones realizadas para infraestructura, pero también la necesidad de mayor inversión, no solamente en infraestructura sino en las instituciones, las prácticas y el conocimiento para el manejo de estas situaciones (Hargrove et al., 2013), por lo que la voluntad política adquiere su relevancia desde la planeación y la inversión en un diseño urbano hidrológico que considere mayor cantidad de zonas de recarga natural de agua, así como evitar o disminuir las zonas de inundación (Granados et al., 2016).

En este mismo sentido, el considerar el manejo de acuíferos transfronterizos representa retos en el manejo de jurisdicciones de agua de diferentes dimensiones, como local, regional, estatal y federal, que variará en cada una de las ciudades que comparten el acuífero (Talchabhadel et al., 2021), por lo que una parte radica en los tomadores de decisiones que, más allá del nacionalismo, deben considerar los problemas de una manera regional que logre un manejo compartido de la información y de las estrategias (Mayer et al., 2021).

Por su parte, la acción social en Ciudad Juárez puede verse desde dos grupos: las acciones o participación social de la población con acceso al agua y la percepción del derecho humano al agua por parte de la población que no tiene acceso al agua potable.

En el primer grupo se han observado movilizaciones cuando perciben una amenaza sobre el abastecimiento o calidad del agua, esto representado con dos movilizaciones. La primera fue en contra del establecimiento de una zona industrial (*borderplex*) que utilizaría agua del Bolsón de la Mesilla y que fue propuesta como colaboración entre Ciudad Juárez y Las Cruces, en Nuevo México, como estrategia comercial con cruce por San Jerónimo-Santa Teresa, logrando detener estas inversiones (Hatch, 2017). La segunda movilización fue para evi-

tar el establecimiento de una mina de cobre a cielo abierto, de una empresa canadiense en el área de Samalayuca³, en donde las principales preocupaciones incluían los riesgos de contaminación del agua y aire, cambio de paisaje, efectos sobre la flora y fauna y el impacto en la salud de la población, tanto de Samalayuca como lo que podría llegar hasta Ciudad Juárez; inclusive se tuvo la participación de ciudadanos de El Paso, Texas, logrando con la colaboración de activistas, población y academia un amparo que impidió la instalación e inicio de actividades de la mina (Cervantes y García, 2022; Vázquez, 2020). Aquí destaca que la población sí toma acciones por medio de movilizaciones cuando identifica una amenaza externa de grandes proporciones.

Mientras que en la población que no tiene acceso al agua potable se realizaron estudios en los que se aborda el derecho humano al agua y cómo los habitantes no consideran que tengan derecho a la misma debido a que no se encuentran establecidos en condiciones legales (Ibáñez y Lazo, 2018). Por otra parte, se encontró que consideran la acción pública local como una manera que pudiera servir de apoyo para tener acceso al agua, sin embargo, no han llegado a participar u organizarse para poder implementarla (Córdova, 2018). De estos estudios, es interesante ver que la población vulnerable no considera tener el derecho humano al agua, por lo tanto, tampoco lo utiliza como un medio para la acción pública, lo que genera que el valor que se le otorga al agua está más relacionado al aspecto económico, al considerar que no tienen la legalidad para poder acceder al agua potable y no a su necesidad de subsistencia, indispensable para vivir dignamente.

Por otra parte, considerando el crecimiento urbano desde la parte social del agua, se observa el desarrollo no planeado que pone en riesgo a la población, ante los fenómenos hidrometeorológicos extremos, incrementando su vulnerabilidad si no se tienen las medidas y/o recursos necesarios para enfrentarlos. Por otro lado, el incremento de suelo urbano ocasiona una disminución de superficie de recarga natural, así como un cambio de paisaje, incrementando la temperatura por el efecto de isla urbana y ocasionando a largo plazo la disminución del abastecimiento de agua, por decremento de las áreas de recarga natural (Granados et al., 2016).

³ Samalayuca y el Área Natural Protegida Médanos de Samalayuca se encuentran a aproximadamente 40 kilómetros de Ciudad Juárez, clasificada así por sus médanos y el endemismo de la flora y fauna. Su población se dedica principalmente a la agricultura.

Situaciones socioambientales relacionadas con la energía

El acceso a la energía eléctrica de la población de Ciudad Juárez es a través de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), dando una cobertura en el 2021 del 99.88 % de las viviendas particulares habitadas de la ciudad, sin embargo, su calificación de satisfacción de calidad en el servicio fue de 7.92 (Plan Estratégico de Juárez, A. C., 2022).

Por otra parte, en cuanto a las necesidades energéticas como ciudad se han identificado el sector eléctrico, el alumbrado público, los residuos sólidos y el transporte urbano (Secretaría de Energía [Sener], 2016). La distribución del consumo de electricidad en Ciudad Juárez para el 2013 fue del 52 % para el sector industrial, 17 % el residencial, 26 % para comercios, servicios y agropecuarios y el 5 % para alumbrado público. De acuerdo con la evaluación rápida del uso de la energía en Ciudad Juárez, es necesario establecer estrategias coordinadas para lograr mayor eficiencia en cada uno de los sectores, considerando el transporte y la recolección de residuos (Sener, 2016).

Mientras que en cuestión de generación de energía, desde los aspectos de la relación sociedad-energía se observa que desde las situaciones ambientales un factor a considerar son las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), esto no solo desde las emisiones en el transporte, sino también en otros sectores como la construcción de vivienda, relacionado con la consistencia de los materiales de construcción que logren hogares más eficientes térmicamente, disminuyendo el consumo de combustibles para lograr mantener una temperatura agradable (Herrera, 2017).

Este aspecto es importante considerarlo desde el sector privado que utiliza este tipo de materiales de construcción, como en el consumidor que tiene un poder adquisitivo que le permite comprar este tipo de viviendas, sin embargo, si no existe información y educación ambiental que hable sobre la importancia del ahorro energético este no es tomado en cuenta dentro de los factores para la compra de una vivienda y/o adquisición de equipo electrodoméstico, ya que el ahorro de energía está inmerso tanto en la construcción de la vivienda como en la adquisición de equipos eléctricos eficientes y estrategias pasivas dentro de la misma.

Como se mencionó en la introducción, es importante considerar a la población vulnerable desde la pobreza energética, que en la región está relacionada con el mantenimiento de la temperatura dentro de los hogares, en los climas extremos, cuando no se tiene el poder adquisitivo para tomar en cuenta

los materiales de construcción, por lo que el costo del combustible y la energía eléctrica será determinante para que estas familias puedan tener un confort.

Otros aspectos importantes son las acciones que desde los gobiernos municipales se pueden realizar, considerando su consumo en alumbrado público y edificios municipales, así como inversiones en el uso de energía renovable y tecnologías que permiten el uso de otro tipo de combustibles, como lo son los residuos sólidos urbanos para la generación de biogás (Sener, 2016). Además, es importante tomar en cuenta los ejemplos del sector industrial, que ha invertido en el uso de diversos tipos de residuos industriales como combustibles alternos en los hornos cementeros (Luna et al., 2019).

Por otro lado, en cuestión de energía renovable, a pesar de que la región Paso del Norte tiene un promedio anual de radiación solar de 6.53 kWh/m² (Tejeda et al., 2017), en Ciudad Juárez se realiza poca investigación al respecto con esfuerzos aislados por pequeños grupos de investigación, lo que no ha promovido el despunte de la investigación.

En el caso de los temas presentados en las notas hemerográficas, sobre la energía se enfocan principalmente en dos cosas: en el precio de los combustibles y la continuidad del servicio de energía eléctrica (Tabla 3), es decir, la asequibilidad de los combustibles y la seguridad energética. En esta última se tienen dos temporadas críticas en donde se pierde la continuidad del servicio, que es en el verano y en el invierno, sobre todo si se tienen heladas fuertes atípicas como la sucedida en febrero de 2021. Con eso en mente, la preocupación por los apagones ocupa el 58 % de las notas y una consecuencia de estos apagones, que en algunas zonas han llegado a durar varios días, es que también se pierde el acceso al agua debido a que no se tiene la energía para poder extraer el agua subterránea.

Mientras que, en cuestión de precios de combustibles, el gas LP representa un 13 % y el gas natural un 2 % (Tabla 3). Lo anterior es motivo de preocupación en la temporada de invierno, que es cuando los hogares necesitan mantener el confort ante las temperaturas bajas de la región.

El precio de la gasolina para su transporte diario también es de interés para la población (12 % del total de notas hemerográficas) (Tabla 3), ya que de los vehículos con motor registrados en circulación en el 2019, el 80.84 % fueron automóviles (Plan Estratégico de Juárez, A. C., 2021). Esta problemática de carácter energético tiene varias aristas, como la contaminación del aire y la movilidad urbana relacionada a su vez con el crecimiento urbano y consecuentemente de suelo urbano. Para ello, Acosta (2014) sugiere una relación de indicadores

que logren identificar una estrategia para la movilidad urbana sostenible y con ello lograr una mejor planeación de la ciudad y de otras opciones de movilidad (Acosta, 2014).

El cambio climático como factor detonante de conflictos socioambientales ante las situaciones de agua y energía en Ciudad Juárez

En cuestión del cambio climático, se han modelado diversos escenarios climáticos en donde se visualiza una diferencia de los efectos regionales, con base en el incremento de temperatura global, por ello la importancia de las estrategias de educación ambiental, inversiones y medidas para disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero.

De acuerdo con el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), existe una diferencia entre los escenarios previstos para un incremento global de temperatura de 1.5 a 2.0 °C, y respecto al incremento de temperaturas de manera local y el estrés hídrico que esto ocasionaría, en donde el IPCC (2019) menciona que:

Se prevé que las temperaturas extremas en tierra aumenten más que la temperatura media global en superficie (nivel de confianza alto): el aumento de las temperaturas de los días de calor extremo, en las latitudes medias se prevé en hasta aproximadamente 3 °C con un calentamiento global de 1.5 °C y hasta aproximadamente 4 °C con un calentamiento global de 2 °C; y el aumento de las temperaturas de las noches extremadamente frías, en las latitudes altas, se prevé en hasta aproximadamente en 4.5 °C con un calentamiento global de 1.5 °C y hasta aproximadamente 6 °C con un calentamiento global de 2 °C (nivel de confianza alto). Se calcula que el número de días cálidos aumentará en la mayoría de las regiones terrestres y que los mayores incrementos tendrán lugar en los trópicos (nivel de confianza alto). (p. 9)

Por lo que, el agua subterránea y superficial se verán afectadas tanto en los cambios de patrones e intensidad de precipitación como en el impacto de las corrientes de agua que se reciben del sur de Colorado y norte de Nuevo México (Talchabhadel et al., 2021; Sheng, 2013), con el incremento de evapotranspira-

ción y el aumento de la demanda de agua por las ciudades fronterizas (Sheng, 2013). Además, se espera un incremento en la frecuencia e intensidad de las sequías (Hargrove et al., 2013).

Al ser una ciudad que se ha formado y desarrollado desde la industria maquiladora en una región semiárida, las necesidades básicas se relacionan con la disponibilidad y calidad del agua, así como la asequibilidad y seguridad de la energía, por lo que el percibir o perder uno de ellos podrá ser un detonante para las movilizaciones socioambientales; es decir, si la población percibe que alguna inversión o actividad económica competirá por el acceso al agua o energía, esto podría provocar movilizaciones para evitar su instalación en la región.

El crecimiento demográfico y de suelo urbano ha ocasionado varios efectos, como el tener espacios con población vulnerable ante los impactos de precipitaciones intensas, la disminución de zonas de recarga natural, el incremento en la cantidad de vehículos, el aumento de la demanda de agua para cubrir las necesidades de la población y de la industria, la elevación del costo de los combustibles para transporte y para uso en las viviendas, industria y comercio, que con el incremento de las temperaturas extremas pueden ser detonantes de conflictos socioambientales, cuando la población se vea afectada en cuestiones de salud, económicas o de cobertura de sus necesidades.

Por ello, la importancia de la educación ambiental, desde la identificación de las problemáticas socioambientales potenciales de la ciudad, como de la participación en el ahorro y uso eficiente del agua y energía, con el fin de llegar a identificar las medidas y acciones necesarias para lograr una ciudad resiliente, a través de grupos y programas interdisciplinarios y multiinstitucionales, como algunos ya formados en la región Paso del Norte, como el ProAire, la Agenda 2030, el programa de ciudades resilientes, el Programa Frontera 2025 y el Comité Consultivo Conjunto, entre otros.

Reflexiones finales

Con base en la revisión realizada tanto de documentos académicos como de notas hemerográficas sobre los temas de agua, energía y cambio climático de Ciudad Juárez, se identificaron los siguientes puntos para considerar en el diseño de estrategias que permitan una mejor interacción entre la sociedad y el ambiente en donde se logren disminuir las acciones que generan contaminación, así como

enfrentar las situaciones climáticas cambiantes que se tendrán en la región Paso del Norte.

- Aunque ya existen esfuerzos e instancias binacionales, con planes y programas relacionados con el cambio climático, en donde participan la sociedad, el gobierno y la academia, es necesario darles el impulso y apoyo necesario para que logren posicionarse tanto en la ciudad como impactar en la toma de decisiones en los diferentes niveles de gobierno de ambos países, por medio de una verdadera colaboración que integre las problemáticas climáticas, de agua y energía desde un enfoque transfronterizo y a largo plazo, considerando a la sociedad, academia y tomadores de decisiones como iguales.
- Es necesario darle una mayor importancia al tema de energía, con puntos como seguridad energética, pobreza energética y movilidad sustentable, entre otros.
- Los planes de desarrollo urbano deben considerar las zonas de recarga natural de agua y el acceso a agua potable.
- Es necesario abordar el tema del agua desde los aspectos socioculturales, tanto de usos como de acceso a la población vulnerable.
- Las regiones semiáridas se encuentran en un proceso de estrés hídrico que incrementará con el cambio climático; es necesario establecer medidas de adaptación y concientización donde el valor social del agua y de la energía sea aplicado en la creación de las agendas climáticas.

Agradecimientos

La autora agradece el financiamiento de la base hemerográfica INPRO, por parte de El Colegio de Chihuahua, desde el proyecto *Análisis biblio-hemerométrico de la investigación de energía, agua y sociedad desde la Biblioteca Virtual Ambiental del Estado de Chihuahua*, registrado en el Programa Operativo Anual 2019-2023, dentro del Programa Institucional de Investigación Medio Ambiente, Energía y Sociedad, iniciativa 1.3. También el apoyo por parte de la Red Temática Conacyt de Sustentabilidad Energética, Medio Ambiente y Sociedad (Red SUMAS, No. de proyecto 271624) por el acceso al programa Atlas.ti. Así como el apoyo técnico de Marisol García Medellín.

Referencias

- Acosta, N. R. (2014). *Planeación y gestión de Ciudad Juárez en el marco de la movilidad sustentable* [Tesis de Maestría en Ciencias Ambientales, Universidad Autónoma de San Luis Potosí]. Repositorio Institucional de la UASLP. <https://repositorioinstitucional.uaslp.mx/xmlui/handle/i/3842>
- Ariztía, T., Boso, A. y Tironi, M. (2017). Sociologías de la energía. Hacia una agenda de investigación. *Revista Internacional de Sociología*, 75(4), 1-7. <https://doi.org/10.3989/ris.2017.75.4.17.07>
- Ávila, P. (2006). El valor social y cultural del agua. En V. Vásquez, D. Soares, A. de la Rosa y A. Serrano (Ed.), *Gestión y cultura del agua, Tomo II*. (pp. 233-248).
- Bernadac, L. G., Flores, E., Domínguez, A., Solís, S. S., Alvarado, S., Soto, M. Y., Alarcón, M. T. y Hernández, C. C. (2018). Calidad bacteriológica del agua en zonas marginadas de Ciudad Juárez que carecen de agua potable entubada. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*, 14(1), 26-35. <http://doi.org/10.33154/rlrn.2018.01.005>
- Bernadac, L. G., Puente, M., Carrillo, J. D., Soto, M. Y., Flores, E., Solís, S. S., Domínguez, M., Vázquez, F. A. y Hernández, C. C. (2019). Identificación y cuantificación de diclofenaco en aguas residuales de Ciudad Juárez. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*, 15(8), 59-70.
- Bertinat, P. (2016). *Transición energética justa. Pensando la democratización energética*. Friedrich Ebert Stiftung.
- Cervantes, E. (2019). Energía y sociedad. En Y. Lechón y H. Cabal (Coord.), *Perspectivas de Sustentabilidad en México*. (2-17).
- Cervantes, E. y García, M. (2022). *Aspectos socioambientales sobre el agua subterránea de Samalayuca, Chihuahua. Una revisión hemerográfica 2000-2020*. El Colegio de Chihuahua.
- Comisión Internacional de Límites y Aguas. (1906). *Convención entre los Estados Unidos Mexicanos y los Estados Unidos de América para la equitativa distribución de las aguas del Río Grande*. <http://www.cila.gob.mx/tyc/1906.pdf>
- Comisión Nacional del Agua. (2020). *Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Valle de Juárez (0833) estado de Chihuahua*. https://sigagis.conagua.gob.mx/gas1/Edos_Acuiferos_18/chihuahua/DR_0833.pdf
- Córdova, G. (2018). Acción pública local: una alternativa para dotar de agua potable a las colonias de la periferia de Ciudad Juárez, Chihuahua. *Es-*

- tudios Demográficos y Urbanos*, 33(2), 505-534. <http://dx.doi.org/10.24201/edu.v33i2.1730>
- Delgado, G. C. (2015). Complejidad e interdisciplina en las nuevas perspectivas socio-ecológicas: la ecología política del metabolismo urbano. *Letras verdes*, 17 (marzo), 108-138. <https://doi.org/10.17141/letrasverdes.17.2015.1442>
- Esquivel, V. H., Alatorre, L. C., Robles, A. y Bravo, L. C. (2019). Crecimiento urbano de Ciudad Juárez, Chihuahua (1920-2015): Hipótesis sobre el impacto en las coberturas y uso de suelo y el abatimiento del acuífero urbano. *Acta Universitaria*, 29 (e2369), 1-29. <http://doi.org/10.15174/au.2019.2369>
- Fornillo, B. (2017). Hacia una definición de transición energética para Sudamérica: Antropoceno, geopolítica y posdesarrollo. *Prácticas de oficio*, 2(20), 46-53.
- García, R. y Graizbord, B. (2016). Caracterización espacial de la pobreza energética en México. Un análisis a escala subnacional. *Economía, Sociedad y Territorio*, 16(51), 289- 337. <https://doi.org/10.22136/est002016465>
- González, M. (2017). *Región, frontera y capitales. Inversiones, política fronteriza y cambio socioeconómico en la región binacional de El Paso-Ciudad Juárez, 1846-1911*. El Colegio de Michoacán, El Colegio de la Frontera Norte, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, El Colegio de Chihuahua.
- Granados, A., Alatorre, L. C., Adams, D., Serra, Y. L., Esquivel, V. H., Vázquez, F. A., Giner, M. E. y Eastoe, C. (2016). Runoof modelinf to inform policy regarding development of green infraestructura for Flood Risk Management and groundwater recharge augmentation along an urban subcatchment, Ciudad Juárez, México. *Journal of Contemporary Water Research & Education*, 159, 50-61.
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. (2019). *Informe especial del IPCC sobre los impactos del calentamiento global de 1,5 °C con respecto a los niveles preindustriales y las trayectorias correspondientes que deberían seguir las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero, en el contexto del reforzamiento de la respuesta mundial a la amenaza del cambio climático, el desarrollo sostenible y los esfuerzos por erradicar la pobreza. Resumen para responsables de políticas*. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/09/IPCC-Special-Report-1.5-SPM_es.pdf
- Guimarães, J. A. C., Moraes, J. B. E. y Guarido, M. D. M. (2007). Análisis documental de contenido de textos narrativos: bases epistemológicas y

- perspectivas metodológicas. *Ibersid*, 1, 93-99. <https://doi.org/10.54886/ibersid.v1i.3267>
- Hargrove, W. L., Borrok, D. M., Heyman, J. M., Tweedie, C. W. y Ferregui, C. (2013). Water, climate, and social change in a fragile landscape. *Exosphere*, 4(2), 1-13. <http://dx.doi.org/10.1890/ES12-00269.1>
- Hatch, G. (2017). Agua subterránea y soberanía interdependiente: el caso de los Sistemas Acuíferos Transfronterizos en la región binacional de Paso del Norte. *Norteamérica. Revista Académica del CISAN-UNAM*, 12(2), 1-33. <http://dx.doi.org/10.20999/nam.2017.b005>
- Hernández, C. C., Saéñz, G., Alvarado, S., Carrillo, J. D., Soto, M. Y., Otero, A. y Lares, L. F. (2019). Identificación de *Naegleria* spp. y *Acanthamoeba* spp. en agua de fuentes de Ciudad Juárez, Chihuahua. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*. 15(3), 88-96.
- Herrera, L. C. (2017). Evaluación térmica del material isoblock en el clima cálido seco de Ciudad Juárez, México. *Revista Hábitat Sustentable*, 7(2), 18-27. <https://doi.org/10.22320/07190700.2017.07.02.02>
- Ibáñez, O. y Lazo, J. (2018). El derecho humano al agua para excluidos en los municipios de Juárez y Guachochi, Chihuahua. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 9(4), 75-109. <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2018-04-04>
- INPRO. (2023). *Historia de INPRO*. <https://www.inpro.com.mx/page/empresa>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2020). *Censo de Población y vivienda 2020*. <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/>
- Luna, A., Lozoya, L. A. y González, G. (2019). Potencial de residuos industriales generados en Ciudad Juárez, Chihuahua, México, como combustibles alternos en un horno cementero. *Rev. Int. Contam. Ambie.* 35(3), 713-722. <http://dx.doi.org/10.20937/RICA.2019.35.03.16>
- Martínez, J. (2015). Ecología política del extractivismo y justicia socio-ambiental. *Interdisciplina*, 3(7), 57-73. <http://dx.doi.org/10.22201/cei-ich.24485705e.2015.7.52384>
- Mayer, A., Heyman, J., Granados, A., Hargrove, W., Sanderson, M., Martínez, E. Vázquez, A. y Alatorre, L. C. (2021). Investigating Management of Transboundary Waters Through Cooperation: a Serious Games Case Study of the Hueco Bolson Aquifer in Chihuahua, Mexico and Texas, United States. *Water*, 13 (2001), 1-17. <https://doi.org/10.3390/w13152001>

- Olivas, E., Flores, J. P., Serrano, M., Soto, E., Iglesias, J., Salazar, E. y Fortis, M. (2011). Indicadores fecales y patógenos en agua descargada al Río Bravo. *Terra Latinoamericana*, 29(4), 449-457.
- Oswald, U. (2017). Seguridad, disponibilidad y sustentabilidad energética en México. *Revista Mexicana de Ciencias Políticas y Sociales*, 62(230), 155-196. <http://www.revistas.unam.mx/index.php/rmcyps/article/view/53966>
- Paz, M. F. (2014). Conflictos socioambientales en México: ¿Qué está en disputa? En M. F. Paz y N. Risdell (Coord.), *Conflictos, conflictividades y movilizaciones socioambientales en México: problemas comunes, lecturas diversas*. (13-57).
- Plan Estratégico de Juárez, A. C. (2021). *Informe Así estamos Juárez 2021*. https://planjuarez.org/wp-content/uploads/2021/05/informe_aej_2021-1.pdf
- Plan Estratégico de Juárez, A. C. (2022). *Informe de Avances de Juárez 2030 Plan para una Ciudad Sostenible*. https://planjuarez.org/wp-content/uploads/2022/04/Juarez2030_Informe_VF_web.pdf
- Salas, R. M., Salas, J. A., Sanín, L. H. y Dena, O. S. (2015). Arsénico en agua de pozo del sistema de abastecimiento de Ciudad Juárez, Chihuahua. *Ciencia en la frontera: revista de ciencia y tecnología de la UACJ*, 13(2), 9-16.
- Secretaría de Energía. (2016). *Evaluación rápida del Uso de la Energía, Ciudad Juárez, Chihuahua, México*. <https://base.energia.gob.mx/trace/5Ciudad-Juarez.pdf>
- Sheng, Z. (2013). Impacts of groundwater pumping and climate variability on groundwater availability in the Rio Grande Basin. *Ecosphere*, 4(1), 1-13. <http://dx.doi.org/10.1890/ES12-00269.1>
- Soto, A., Granados, A., Pinales, A., Solís, S. S. y Heyman, J. M. (2018). Evolución temporal del flujo de agua subterránea en Ciudad Juárez, Chihuahua aplicando modelación geoespacial. *Tecnociencia Chihuahua*, 12(2), 103-113.
- Talchabhadel, R., McMillan, H., Palmate, S. S., Sanchez, R., Sheng, Z. y Kumar, S. (2021). Current status and future directions in modeling a transboundary aquifer: A case study of Hueco Bolson. *Water*, 13 (3178). <https://doi.org/10.3390/w13223178>
- Tejeda, R. A., Cervantes, E. y Lemus, R. (2017). Caso de estudio: sistema fotovoltaico para el riego en la localidad de Praxedis. En E. Cervantes. (Coord.), *El Valle de Juárez: su historia, economía y ambiente para el uso de energía fotovoltaica* (pp. 115-141).

- Vargas, R. (2006). *La cultura del agua, lecciones de la América indígena*. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. Oficina Regional de Ciencia para América Latina y el Caribe.
- Vázquez, M. T. (2020). Relatoría del foro multidisciplinario y de testimonios de residentes y ejidatarios sobre el proyecto de la mina Gloria en Samalayuca, Municipio de Juárez. En A. Cano y G. Chávez (Coord.), *Memorias del IV Coloquio Internacional de las Culturas del Desierto. Cuarta Parte* (pp. 407-415).

CAPÍTULO 5

El huerto familiar y el nexa AEA: estudio de revisión

Rodolfo Antonio Tejeda Guevara¹, Esmeralda Cervantes Rendón²
y Antonio Rodríguez Martínez³

Resumen

El huerto familiar es considerado un patrimonio biocultural, en donde se aborda la relación entre el ser humano y la naturaleza, trabajando los tres elementos que se desarrollan en el nexa Agua-Energía-Alimentos (nexa AEA). El objetivo del presente capítulo es identificar los principales aspectos comunes entre un huerto familiar y el nexa AEA, para lo cual se llevó a cabo una revisión

1 Superintendente de Zona de Operación de Transmisión Juárez, Gerencia de Regional de Transmisión Norte. Correo: rodolfo.tejeda@dt.cfe.mx

2 Profesora de tiempo completo de El Colegio de Chihuahua. Correo: ecervantes@colech.edu.mx

3 Profesor asociado de El Colegio de Chihuahua. Correo: arodriguez@colech.edu.mx

sistemática de literatura sobre los huertos familiares en México y otra con artículos sobre el nexo AEA y se compararon los puntos en común. Se encontró que los principales temas abordados en las publicaciones sobre huerto familiar van desde el tema de familia (43 %), mujeres (10 %), producción (9 %), desarrollo (8 %), diversidad (7 %), alimentaria (5 %), agua (5 %), conservación (5 %), ambiente (4 %) y salud (4 %). Mientras que en el tema del nexo se encuentran el análisis (21 %), ambiente (10 %), irrigación (10 %), sustentabilidad (13 %), sistemas (17 %), agricultura (13 %) y salud (16 %). Al compararlos, se observa que dentro de ambos temas se considera la salud y ambiente como una prioridad para su manejo y que el trabajar desde una manera local el enfoque del nexo puede ayudar a definir mejor las interrelaciones entre el agua, energía y alimentos.

Palabras clave: Huerto familiar; nexo Agua-Energía-Alimentos; Objetivos de Desarrollo Sostenible.

Abstract

The family garden is considered a biocultural heritage, where the relationship between human beings and nature is addressed, working on the three elements that develop the water-energy-food nexus. The objective of this chapter is to identify the main common aspects between a family garden and the water-energy-food nexus, for which a systematic review of literature on Family Gardens in Mexico and another with articles on the water-energy-food nexus was carried out and compare the points in common. It was found that the main topics addressed in the publications on family gardens range from the topic of family (43 %), women (10 %), production (9 %), development (8 %), diversity (7 %), food (5 %), water (5 %), conservation (5 %), environment (4 %) and health (4 %). While in the topic of the nexus are the analysis (21 %), environment (10 %), irrigation (10 %), sustainability (13 %), systems (17 %), agriculture (13 %) and health (16 %). When comparing them, it is observed that within both issues, health and the environment are considered a priority for their management and that working locally with the nexus approach can help to better define the interrelationships between water, energy and food.

Keywords: Family garden; water-energy-food nexus; sustainable development goals.

Introducción

Los huertos familiares son considerados como patrimonios bioculturales, que juegan un papel importante en la interacción del ser humano con la naturaleza, ya que el trabajar la tierra para poder obtener sus propios alimentos genera un vínculo de conocimientos, tradiciones y acciones para el manejo del suelo a un nivel familiar, en donde, además, para su funcionamiento se utiliza agua y energía, de diversas maneras, dependiente del acceso a estos recursos y del tamaño del huerto.

Aun cuando existe esta interacción de elementos entre el agua, energía y alimentos en el desarrollo de un huerto familiar, en México no se ha abordado desde sus investigaciones científicas el concepto y práctica del huerto en relación con el nexo AEA, enfoque teórico que ha tenido como impulso contribuir al logro de las metas identificadas en los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) establecidos desde el 2015, en la Agenda 2030, los cuales son un sistema en el que los objetivos económicos, ambientales y sociales interactúan entre sí haciendo su vinculación con el nexo agua, energía y alimentación y siendo una línea de investigación (Correa et al., 2021).

En este sentido, en un huerto familiar se pueden abordar ODS tanto de aspectos ambientales como sociales. Dentro de los ambientales se puede trabajar el ODS 6. Acceso al agua limpia y saneamiento, ODS 7. Acceso a energía asequible y no contaminante, y ODS 3. Salud y bienestar, relacionada al acceso a agua limpia y alimentación saludable. Mientras que, desde los aspectos sociales, se puede abordar el ODS 2. Hambre cero, el ODS 5. Igualdad de género, así como en los aspectos de concientización ambiental con los ODS 13. Producción y consumo responsable y el ODS 13. Acción por el clima (ONU, s. f.).

Por su parte, en América Latina el enfoque del nexo AEA ha tomado un auge, sobre todo en el desarrollo de políticas públicas, que buscan un desarrollo sostenible dentro de sus regiones, cambiando el enfoque sectorial por el integral considerando estos tres elementos, esto es, el enfoque de nexo tiene un nivel macro, donde se evalúan las implicaciones que se tienen entre los cambios de políticas públicas en cada uno de los elementos y las interrelaciones que existen entre ellos (Willaarts et al., 2021). Pero a un nivel de unidad, como es la familia, también existen estas interrelaciones que pueden ser abordadas con un enfoque de nexo AEA. Con base en lo anterior, el presente documento tiene como objetivo identificar los principales aspectos comunes entre un huerto familiar

y el nexo Agua-Energía-Alimentos, para lo cual se realizó una búsqueda de publicaciones científicas para trazar el panorama de los temas de interés que han sido atendidos en relación con el concepto de huerto familiar y nexo. Se seleccionaron artículos publicados del 2011 al 2022 con la finalidad de establecer un periodo de tiempo para esta revisión. Los artículos seleccionados fueron analizados por medio del programa MAXQDA, que es un software diseñado para el análisis cualitativo y cuantitativo, que permite elaborar tablas con la frecuencia de conceptos y nubes de palabras, para interpretar los temas más mencionados en las investigaciones.

Búsqueda y selección

Las palabras clave que se utilizaron en los buscadores fueron huerto, huerto familiar y nexo Agua-Energía-Alimentos (water-food-energy nexus). La búsqueda se realizó en las bases de datos ResearchGate, IDESMAC, SciELO y Dialnet, obteniendo un total de 16 documentos en español que cumplieron con los criterios temáticos y publicados dentro del periodo 2011 al 2022 y que fueran sobre México (Tabla 1).

TABLA 1. Características de los artículos científicos analizados en el tema de huertos familiares

Base de datos o repositorio	Cantidad
ResearchGate	6
IDESMAC	1
SciELO	6
Dialnet	3
TOTAL	16

FUENTE: Elaboración propia.

Todos los documentos fueron artículos de investigación científica publicados en revistas indizadas, que dentro de sus resultados consideraran una mejora social.

Mientras que en el caso del nexo AEA se identificaron 28 documentos que hablaran específicamente del nexo Agua-Energía-Alimentos, que en este caso, debido a que se buscó el impacto internacional, los documentos fueron buscados en inglés en las bases de datos ResearchGate, PubMed, Nature, MDPI,

ScienceDirect e IWA Publishing (Tabla 2), artículos científicos publicados en revistas indizadas, tanto de investigación como de revisión.

TABLA 2. Características de los artículos científicos analizados en el tema de nexos AEA

Base de datos o repositorio	Cantidad	% artículo de investigación	% artículo de revisión
ResearchGate	10	4	6
PubMed	3	1	2
Nature	1	1	
MDPI	6	1	5
ScienceDirect	6	2	4
IWA Publishing	2	2	
TOTAL	28	40 %	60 %

FUENTE: Elaboración propia.

El concepto de huerto familiar

Los huertos familiares son considerados sistemas de producción tradicional practicados por grupos étnicos de todo el mundo. Es más frecuente identificarlos en regiones tropicales, es común identificarlos como huertos, traspatios o solares y siempre son parte de la casa en donde habita una familia. En México es una actividad que ha permanecido desde la antigüedad, asegurando la subsistencia de los grupos (Montañez et al., 2014; Ramírez, 2022).

En los artículos identificados se establecen características de los huertos familiares como sus dimensiones físicas, que pueden ser verticales u horizontales; el tamaño de los huertos varía y pueden ser desde superficies menores de 200 m² hasta mayores a 20 000 m² (Cano, 2015; Colín et al., 2012; Chablé et al., 2015). Lo que se siembra es variado, puede ser desde frutas, vegetales, hortalizas, arbustos, entre otros (García y Ordoñez, 2022). El orden de atención que se tiene en los huertos está compuesto por la participación de los integrantes de la familia, especialmente de las mujeres en la cuestión de orden, seguimiento, cosecha y atención más dedicada (Cruz, 2016).

Dentro de las funciones principales de los huertos se encuentran el garantizar la seguridad alimentaria, el generar un ingreso económico durante la mayor parte del año, obtener diferentes productos y generar nuevas redes comunitarias o bien de convivencia familiar (Arcos et al., 2021).

Es de notar que la mayoría de los artículos hacen referencia a investigaciones que fueron realizadas en el sur del país, no encontrando publicaciones que hagan referencia al huerto en el estado de Chihuahua. En la Figura 1 se pueden apreciar los temas que se abordan dentro de las publicaciones que hablan del huerto familiar.

FIGURA 1. Temas de mayor interés dentro del concepto de huerto

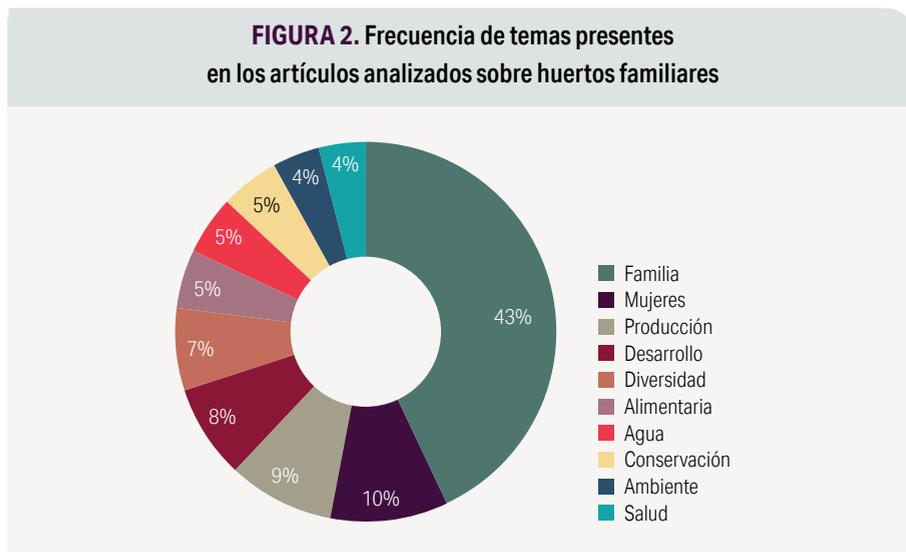


FUENTE: Elaboración propia, con base en el análisis bibliométrico de publicaciones de huertos familiares en México (2011-2022).

Es importante señalar que los huertos familiares en el caso de México han estado presentes principalmente en estados como Tabasco, Yucatán, Estado de México, Quintana Roo y las poblaciones de Jojutla (Morelos) y Coajomulco, Chiapas.

Los huertos son vinculados al bienestar familiar y la seguridad alimentaria, surgiendo así otros temas en los que repercuten las bondades de este sistema en la salud debido a la cosecha de plantas medicinales y el acceso a alimentos no procesados, así como en los aspectos socioemocionales ya que se considera que es un lugar donde pueden trabajar e interactuar de diferentes formas socializando los problemas que enfrentan en el día a día, les permite aprender habilidades o técnicas que son heredadas, así como también el poder ver el huerto como un proyecto que asegura la alimentación de la familia, teniendo la mujer un papel importante en las actividades del huerto (Figura 1).

Se identificaron diversas temáticas, dentro del análisis de los 16 documentos obtenidos sobre el concepto de huerto familiar que se presentan en la Figura 2.



FUENTE: Elaboración propia.

En relación con los temas del nexo AEA, se observa que en las publicaciones de los huertos familiares de México se le da prioridad a la alimentación y en segundo lugar al tema del agua, sin considerar el tema de la energía, esto debido a la escala de los huertos, en donde no se considera la energía gastada para la extracción del agua y riego, o para la preparación de la tierra por medio de maquinaria, sin embargo, estas actividades se dan en diferentes escalas y es importante considerar el factor energético que es necesario para llevarlas a cabo.

El nexo AEA

Mencionar el nexo es señalar que define las interacciones mutuas entre la tríada que lo compone y que no se puede estudiar cada componente por separado (Sorek et al., 2022), si se desea tener un panorama holístico de un lugar o acción. En este caso el nexo Agua-Energía-Alimentos estudia los recursos hídricos, desafíos, oportunidades, cuestiones sociales y ambientales, de ingeniería y técnicas y

reglamentarias, políticas y función del gobierno (Khan y Shazwani, 2022). Esto refleja la necesidad de un abordaje multi e interdisciplinario cuando se desea aplicar el enfoque de nexo, ya que como vemos no solamente considera aspectos ambientales, sociales y económicos, sino también políticos.

El análisis mediante este nexo permite generar asociaciones que benefician, lograr una mejor coordinación y una toma de decisiones informada (Ben et al., 2022). Esto, entre diferentes sectores y actores.

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2014) señala que el nexo AEA es un enfoque teórico para conocer las interrelaciones entre el entorno natural y las actividades humanas para lograr una coordinación y utilización de los recursos naturales en diferentes sectores y escalas con la finalidad de identificar y manejar soluciones de compromiso a través de las respuestas, dando una integración y eficacia en relación a los costos de planificación, toma o adaptación de decisiones, seguimiento y evaluación.

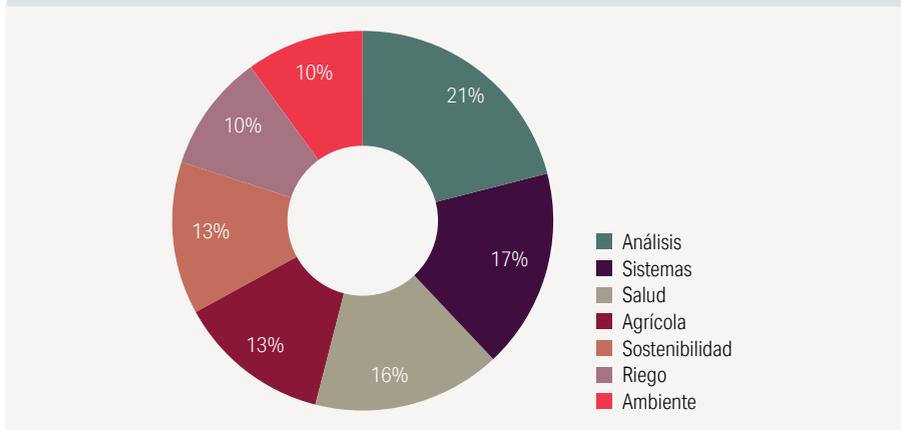
Dentro de la búsqueda de artículos sobre el nexo AEA se localizaron 28 documentos en total, siendo sobre África (35.7 %), China (21.42 %), Asia (10.7 %), Brasil (7.14 %), Canadá (3.5 %), EUA (3.5 %), México (7.1 %) e India (7.1 %) en los que se identifica como problema la falta de medidas de prevención para el uso de los recursos como la tierra, el agua y mayor apoyo desde el ámbito gubernamental, no solo por la cuestión económica sino también por su repercusión en la seguridad alimentaria.

Otros problemas que se pueden identificar son el agotamiento de la tierra y la falta de acceso al agua y de políticas públicas eficientes. Al englobar las recomendaciones se identificó como sugerencia para los políticos que se encargan de dar soluciones a las problemáticas relacionadas con el nexo que trabajen en conjunto con los investigadores que abordan el tema para realizar propuestas más efectivas y replicables en diversos países.

El país líder en este campo es Estados Unidos, el área más estudiada es la ciencia ambiental y las palabras clave más relevantes son “uso de energía”, “presupuesto hídrico”, “seguridad alimentaria”, “desarrollo sostenible” y “recursos hídricos” (Correa, 2021).

En la Figura 3 se pueden observar las palabras más frecuentes que aparecen en la literatura revisada, que representan los temas mayormente relacionados al nexo AEA.

FIGURA 4. Frecuencia de temas en la literatura del nexo Agua-Energía-Alimentos



FUENTE: Elaboración propia.

Al revisar los temas relacionados con el nexo AEA se pueden identificar otras aristas implicadas en esta tríada, como la relevancia del tema de salud, relacionado tanto al agua de calidad como al acceso a una alimentación saludable. Por otra parte, se observa que el tema de irrigación también juega un rol importante, tanto por la energía que se utiliza como por el uso de agua de manera eficiente, lo que determinará la sustentabilidad del manejo de ambos recursos. Todos estos aspectos con una relevancia en cuestión ambiental, ya que tienen implicaciones en el manejo del suelo y de los recursos agua y energía, así como los problemas de contaminación que se generan con estas actividades (Figura 4).

Por otra parte, en las publicaciones revisadas se encontró que las problemáticas identificadas señalan la carencia de aplicación en casos reales, lo complicado y lo costoso de los softwares para los usuarios (Taguta et al, 2022), que el crecimiento de la población genera sobreexplotación de agua, energía y tierra, así como también que determina los estándares de consumo como los principales alentadores sociales (Sorek et al., 2022; Hasanzadeh et al., 2022 y Kashifi et al., 2022). En el tema de la legislación y las estructuras institucionales, en los países mencionados continúan siendo deficientes, se necesitan políticas públicas para ayudar a que sean atendidos los múltiples aspectos de impactos ambientales como en la cuestión de agua, riego deficitario, el análisis para la producción-cultivo de víveres para años siguientes, además de que se logra

identificar como un problema a futuro la competencia entre la generación y acceso a los alimentos y sus costos.

Conclusiones

Al revisar los trabajos que se han enfocado a huertos familiares y al nexo AEA, se encontró que aun cuando en ambos se trabajan los tres elementos, estos no han sido abordados en conjunto, esto puede ser debido principalmente a que los estudios del nexo se enfocan al desarrollo de políticas públicas y a cómo se llevan a cabo estas interrelaciones desde los actores diversos. Sin embargo, se observa que es importante considerar el nexo en los huertos familiares, ya que ayudaría a tener una mejor gestión de los recursos agua y energía al menos a nivel familiar y local, para un mejor manejo de su cosecha.

Por ello, el aplicar el enfoque del nexo a una actividad de menor escala podría ayudar a mejorar la definición de cada una de las interrelaciones de los tres elementos, ya que se podrían abordar desde una manera interdisciplinaria y participativa con las familias y comunidad académica, pudiendo generar mayor información para la implementación de este tipo de huertos en la región norte de México, que es donde menos se cuenta con esta actividad desde una manera tradicional, pero que igualmente esta región cuenta con actividad agrícola, en donde se podrían rescatar estos conocimientos con los conocimientos técnicos de manejo eficiente de agua y recursos energéticos renovables propios de la región norte de México.

Por su parte, tanto el huerto familiar como el enfoque del nexo AEA entrelazan la sociedad y el ambiente, desde las implicaciones que tienen las acciones de la sociedad sobre estos recursos, la percepción que la sociedad pueda tener de la naturaleza y la disponibilidad de estos recursos para las diversas actividades de los seres vivos, encontrando que el tema de ambiente y salud se trabaja en ambos, así como la producción, pero vista desde diferentes escalas.

Las interrelaciones identificadas entre el huerto y el nexo AEA se localizan en el entorno natural y las acciones humanas, ya que en todo el mundo se está trabajando por medio de políticas gubernamentales para localizar soluciones a fin de optimizar el uso de los recursos como la tierra y el agua para lograr una seguridad alimentaria y finalmente contribuir en los ODS.

Mientras que, esta revisión, deja ver la relevancia del análisis desde la multi e interdisciplina para poder llegar a tener una mejor comprensión de las interrelaciones que existen entre la sociedad y el ambiente.

Referencias

- Arcos, M., Gutiérrez, J. G., Balderas, M. A. y Martínez, C. G. (2021). Servicios ecosistémicos de provisión suministrados por agroecosistemas de huertos familiares del Estado de México. *Revista de biología tropical*, 63(3).
- Ben, Y., Opfer, K. y Hernández, E. (2022). Decentralized renewable energies and the water-energy-food nexus in rural Morocco. *Environmental Challenges*, 6.
- Cano, E. (2015). Huertos familiares: un camino hacia la soberanía alimentaria. *Pueblos y fronteras*, 10(20).
- Chablé, R., Palma, D., Vázquez, C., Ruiz-Rosado, O., Mariaca, R. y Ascencio, J. (2015). Estructura, diversidad y uso de las especies en huertos familiares de la Chontalpa, Tabasco, México. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 2(4), 23-39.
- Colín, H., Hernández, A. y Monroy, R. (2012). El manejo tradicional y agroecológico en un huerto familiar de México, como ejemplo de Sostenibilidad. *Etnobiología*, 10(2).
- Correa, V., Piedra, L. y Galdeano, E. (2021). Water-Energy-Food Nexus in the agri-food sector: Research trends and innovating practices. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(24). <https://doi.org/10.3390/ijerph182412966>
- Cruz, L. (2016). El papel de las mujeres en los huertos familiares. *Alternativas en psicología*. (36), 45-60.
- García, J. y Ordoñez, M. (2022). Beneficio del huerto familiar para la salud mental en la pandemia de COVID-19 en Jojutla, Morelos, México. *Cuadernos geográficos*, 61(1), 44-63.
- Hasanzadeh, M., Baubekova, A., Gohari, A., Eslamian, S., Klove, B. y Haghighi, A. (2022). Optimization of Water-Energy-Food Nexus considering CO₂ emissions from cropland: A case study in northwest Iran. *Applied Energy* (Vol. 307). <https://doi-org.ezproxy.uacj.mx/10.1371/journal.pone.0261995>
- Kashifi, M. T., Al-Ismael, F. S. M., Chowdhury, S., Baaqeel, H. M., Shafullah, M., Tiwari, S. P. y Rahman, S. M. (2022). Water-Energy-Food Nexus

- approach to assess crop trading in Saudi Arabia. *Sustainability*, 14(6), 3494. <https://doi.org/10.3390/su14063494>
- Khan, A. y Shazwani, N. (2022). Toward sustainable water resources management: critical assessment on the implementation of integrated water resources management and water-energy-food nexus in Afghanistan. *Water policy*, 24 (1).
- Montañez, P., Ruenes, M., Ferrer, M. y Estrada, H. (2014). Los huertos familiares maya-yucatecos: situación actual y perspectivas en México. *Ambienta*, (107), 100-109.
- Organización de las Naciones Unidas. (s. f.). *Objetivos y metas de desarrollo sostenible*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/sustainable-development-goals/>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2014). *El nexo Agua-Energía-Alimentos, un nuevo enfoque en respaldo de la seguridad alimentaria y de una agricultura sostenible*. <https://www.bivica.org/files/agua-energia-alimentos-nexo.pdf>
- Ramírez, V. (2022). Los huertos del semidesierto mexicano, siglos XVI-XVIII. *Revista electrónica editada por la Asociación Española de Americanistas*, (28).
- Sorek, S., Peeters, A., Yuval, F. y Savic, D. (2022). Governance using the water-food-energy nexus and human-factor measures. *PloS One*, 17(1).
- Taguta, C., Senzanje, A., Kiala, Z., Malota, M. y Mabhaudhi, T. (2022). Water-Energy-Food Nexus tools in theory and practice: a systematic review. *Frontiers in Water*, (4).
- Willaarts, B. A., Blanco, E., Llavona, A. y Martínez, D. (2021). *Análisis comparativo de acciones con enfoque del Nexo Agua-Energía-Alimentación: lecciones aprendidas para los países de América Latina y el Caribe. Serie Recursos Naturales y Desarrollo, No. 204*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (Cepal). https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/46713/S2000954_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y

CAPÍTULO 6

La problemática asociada a los fertilizantes químicos en México y la recirculación de orina humana como estrategia complementaria para aumentar la fertilidad del suelo

Ana Córdova y Vázquez¹

Resumen

Ante la necesidad de alimentar a una población humana creciente en el contexto de tierras agrícolas finitas y los impactos económicos, sociales y ambientales de la utilización de fertilizantes químicos, este capítulo explora los beneficios de la recuperación y reutilización de nutrientes contenidos en la orina humana. Asimismo, describe el abordaje multidisciplinario requerido para desarrollar dichos sistemas de recuperación y reutilización, ejemplificado con un programa integral implemen-

¹ El Colegio de la Frontera Norte. Correo: acordova@colef.mx

tado en Estocolmo, Suecia, de 1996 al año 2000. México puede replicar estos esfuerzos para encontrar un balance entre las necesidades sociales, económicas y ambientales alrededor de la agricultura y los fertilizantes químicos.

Palabras clave: Recuperación y reutilización de nutrientes; nitrógeno; fósforo.

Abstract

Given the need to feed a growing human population in the context of finite agricultural land and the economic, social and environmental impacts of the use of chemical fertilizers, this chapter explores the benefits of the recovery and reuse of nutrients contained in human urine. It also describes the multidisciplinary approach required to develop such recovery and reuse systems, exemplified by a comprehensive program implemented in Stockholm, Sweden, from 1996 to 2000. Mexico can replicate these efforts to find a balance between the social, economic and environmental needs around agriculture and chemical fertilizers.

Keywords: Recovery and reuse of nutrients; nitrogen; phosphorus.

Introducción

Los fertilizantes son productos que contienen nutrientes para las plantas en forma asimilable por ellas. Aumentan el rendimiento de los cultivos y los necesitamos para mejorar la fertilidad en suelos naturalmente pobres, o bien en suelos que han sido degradados por extracción excesiva de nutrientes —por ejemplo, por cosechas repetidas o cultivos de alto rendimiento (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación y Asociación Internacional de la Industria de los Fertilizantes [FAO e IFA], 2002)—. Con una superficie agrícola mundial que ya no tiene mucha posibilidad de extenderse y una población humana en continuo crecimiento, el aumento requerido en la producción de alimentos y otros productos agrícolas depende cada vez más de añadir fertilizantes (Grageda et al., 2012).

Los fertilizantes se pueden producir sintéticamente, en cuyo caso se llaman fertilizantes químicos, sintéticos, minerales, artificiales y/o comerciales. Los fertilizantes sintéticos son una clase de agroquímicos (productos químicos usados en la agricultura). Otros tipos de agroquímicos son plaguicidas (herbi-

cidas, fungicidas, bactericidas, insecticidas) y fitohormonas. También existen fertilizantes naturales, que incluyen abonos, composta, estiércol, rastrojo, biofertilizantes, etc. (Grageda et al., 2012).

Hay 16 nutrientes que necesitan las plantas para crecer: carbono (C), hidrógeno (H), oxígeno (O), nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), azufre (S), hierro (Fe), manganeso (Mn), zinc (Zn), cobre (Cu), boro (B), molibdeno (Mo) y cloro (Cl) (FAO e IFA, 2002). De estos, los macronutrientes —los nutrientes necesarios en mayor cantidad por las plantas— son N, P, K, Mg y S, y los más importantes por la cantidad producida sintéticamente y aplicada son N, P y K, en ese orden. Cabe anotar que, para la óptima absorción por la planta, es necesaria una aplicación balanceada de estos tres macronutrientes; es decir, aplicar solamente N le es de menor beneficio a la planta que si aplica conjuntamente con dosis adecuadas de P y K (FAO e IFA, 2002). Finalmente, la dosis adecuada de cada nutriente depende también de la planta de la que se trata, así como del suelo en el que crece.

Una consideración importante de la producción sintética de los dos tipos de fertilizantes más utilizados (N y P) es que depende primordialmente de recursos naturales fósiles, es decir, no renovables en la escala de tiempo de las civilizaciones humanas (EcoSanRes, 2008a; Sustainable Sanitation Alliance, 2009; Phosphorus Futures, 2019). Si bien hay bacterias que hacen simbiosis con diversos cultivos (notoriamente las leguminosas) para fijar N atmosférico, la mayor parte de los cultivos requiere de la aplicación de N sintético. Ese N se obtiene también fijando N atmosférico —rompiendo la molécula de N_2 en la atmósfera para sintetizar amoníaco (NH_3) y otros productos nitrogenados (FAO e IFA, 2002)—. Dicho proceso de fijación artificial consume altas cantidades de energía —que en la actualidad provienen de la quema de combustibles fósiles (Werner, 2005; Sustainable Sanitation Alliance, 2009; Tarragona, 2022; Wald, 2022)—. Por su parte el P es también un recurso finito y se mina de roca fosfórica con combustibles fósiles y procesos de alto impacto ambiental (Werner, 2005; EcoSanRes, 2008a; Phosphorus Futures, 2019). Se estiman las reservas económicas mundiales de P hasta 2050 y reservas totales hasta 2060-2130 (EcoSanRes, 2008a). Además de su carácter no renovable, los yacimientos de roca fosfórica se concentran en pocos países a nivel mundial. Tan solo 12 países aportan el 93 % de la producción; los mayores productores son China con 37 % y Marruecos con 32 % (EcoSanRes, 2008a). Esta concentración de las reservas mundiales tiene fuertes implicaciones geopolíticas (Phosphorus Futures, 2019).

En este capítulo se analizan los impactos de la producción y aplicación de fertilizantes químicos, la historia del uso de este tipo de fertilizantes en México y alternativas para aumentar la fertilidad de los suelos. Entre dichas alternativas de aumento de fertilidad se encuentran una serie de productos y estrategias, que incluyen por un lado mejoradores de suelo como abonos, compostas, biofertilizantes y la reintegración de rastrojos, así como de estiércoles, y por otro prácticas agronómicas y agroecológicas como la rotación de cultivos, la siembra combinada de cultivos (policultivos), la labranza mínima y mantener coberturas de suelo. Una alternativa adicional y complementaria, hasta ahora menos difundida y discutida, es la recirculación de nutrientes a través del reúso de la orina humana. Esto es la aplicación de la orina humana (o algún derivado de esta) a los cultivos agrícolas para aprovechar los nutrientes ahí contenidos y así aumentar la fertilidad del suelo y el rendimiento de los cultivos. Este capítulo enfocará el análisis en esta última estrategia, tocando los temas de contenido de nutrientes en la orina, producción nacional estimada, beneficios de recuperar estos nutrientes, perjuicios de no hacerlo, consideraciones de salud pública y el efecto agronómico de su aplicación. Asimismo, se explorará la naturaleza multidisciplinaria de la puesta en marcha de un programa de recuperación y reutilización de orina, así como la investigación aplicada relacionada.

Impacto ambiental, social y económico de los fertilizantes químicos

Además del problema de depender de recursos finitos, la producción de fertilizantes con N y P genera muchos impactos ambientales, sociales y económicos negativos. Ambientalmente, hay impactos en aire, agua y suelo derivados de procesos de producción y aplicación (Macías y Sevilla, 2021). En la *producción*, como se mencionó arriba, hay un gran consumo de combustibles fósiles —mayor en la producción de N—, mismo que genera contaminación atmosférica y gases de efecto invernadero (GEI) (Sustainable Sanitation Alliance, 2009). La producción de fertilizantes nitrogenados, además de dióxido de carbono (CO_2), genera óxido nitroso (N_2O), que tiene un valor de calentamiento de la atmósfera 310 veces más fuerte que el CO_2 (Sustainable Sanitation Alliance, 2009). En el caso del P, hay cierto consumo de combustibles fósiles y se agregan impactos de la minería a cielo abierto a los recursos hídricos, contaminación atmosférica, manejo de residuos (algunos muy tóxicos), disturbios a la vegetación y deterioro

de la biodiversidad (EcoSanRes, 2008a; Yang et al., 2014; Reta et al., 2018). En la *aplicación* de fertilizantes suele haber grandes descargas no puntuales de los campos agrícolas ya que los cultivos aprovechan entre 20 y 40 % de los fertilizantes aplicados y de 60 a 80 % se descargan al ambiente (Grageda et al., 2012; Macías y Sevilla, 2021). Esta descarga origina la eutrofización de cuerpos de agua continentales y costeros; es una de las causas principales de las zonas “muertas”, anóxicas, en ambientes marinos como el Golfo de México y se asocia con numerosos eventos de florecimientos de algas nocivas en aguas costeras (Macías y Sevilla, 2021; Wald, 2022). La excesiva aplicación de fertilizantes químicos también contribuye a la pérdida de biodiversidad en el suelo y el agua (Macías y Sevilla, 2021) y al agotamiento de otros macronutrientes en el suelo, cuando, por falta de recursos económicos los agricultores sólo aplican N (Grageda et al., 2012). Finalmente, al aumentar artificial y rápidamente el rendimiento de los cultivos, la aplicación de fertilizantes sintéticos promueve el descuido de buenas prácticas agronómicas que mejoran la fertilidad del suelo por métodos más naturales (Grageda et al., 2012).

En cuanto a impactos sociales, en lo que respecta a la salud pública, los fertilizantes químicos tienen cierto grado de toxicidad y deben tomarse en cuenta los lineamientos de aplicación tanto para la protección de los trabajadores agrícolas como de las poblaciones cercanas a los campos agrícolas. Asimismo, hay consecuencias en la salud pública derivadas de la contaminación del agua subterránea y superficial para consumo humano (World Health Organization [WHO], 2006; National Environmental Services Center [NESC], 2012). En equidad *intra*-generacional, el alto costo relativo de los fertilizantes exagera inequidad entre quienes sí usan y quienes no los pueden adquirir, ya que los más afectados por los aumentos de precios son los pequeños agricultores (Martínez, 2022). *Intergeneracionalmente* la cuestión es qué se dejará a generaciones futuras si agotamos los recursos finitos (combustibles fósiles y yacimientos de fósforo) requeridos para la producción de alimentos y otros productos agrícolas. La soberanía alimentaria también se ve debilitada por la dependencia de importaciones. México importa más del 60 % de su consumo de fertilizantes químicos (Tarragona, 2022) y ante el aumento de precios los agricultores reducen su superficie de siembra o pueden tener menores rendimientos en la superficie sembrada, y puede haber escasez de algunos alimentos (Martínez, 2022). Finalmente, hay quienes argumentan que no se puede mercantilizar un elemento esencial para la alimentación mundial,

como el P, y que debe haber gobernanza internacional para el manejo de este recurso tan valioso (Phosphorus Futures, 2019).

En términos económicos, el consumo de fertilizantes químicos representa cerca de 30 % del costo de producción para los agricultores mexicanos (Grageda et al., 2012) y la importación representa erogaciones en divisas para el país. Por otro lado, la dependencia de recursos no renovables y productos de importación genera vulnerabilidad para la adquisición de fertilizantes ante escenarios de aumentos fuertes de precios en el mercado internacional y otras disrupciones en las cadenas de suministro (Phosphorus Futures, 2019; Martínez, 2022; Tarragona, 2022). El primer proveedor de fertilizantes químicos para México es Rusia, con casi 30 % de nuestra importación, seguido de China (Martínez, 2022; Tarragona, 2022). Para fines de 2021 ya se había casi triplicado el precio de importación de los fertilizantes por aumentos en los precios del gas natural, así como cuestiones logísticas y de escasez (Martínez, 2022; Tarragona, 2022). En 2022, agravada la situación con el conflicto armado entre Rusia y Ucrania, se prevé que la producción internacional de fertilizantes puede disminuir hasta en un 25 %, con un consecuente aumento adicional en los precios (Martínez, 2022).

Cronología de fertilizantes químicos en México

El consumo de fertilizantes sintéticos en México inició en la administración del presidente Manuel Ávila Camacho (1940-1946) y se relaciona con la modernización del país y la industrialización de la agricultura en el marco de la llamada Revolución Verde (Macías y Sevilla, 2021). A partir de 1950 el consumo de estos fertilizantes ha tenido un crecimiento ininterrumpido (Grageda et al., 2012); de 1961 a 2018 la tasa promedio de crecimiento anual fue de 4.4 %, mayor que la tasa mundial de 3.2 % (Macías y Sevilla, 2021).

Grageda y colaboradores (2012) describen brevemente la cronología de la producción de fertilizantes químicos en México como sigue: en 1943 se funda la empresa pública Guanos y Fertilizantes de México, misma que cambia nombre a Fertimex en 1970. En esa época México contaba con las mejores tecnologías del mundo para la fabricación de estos insumos, y era un exportador neto. Un factor importante era la disponibilidad de gas natural para producir amoníaco (materia prima básica para los fertilizantes nitrogenados) aunque la roca fosfórica se importaba. En 1990 aumenta el precio del gas natural y por ende el del amoníaco. En 1992 se privatiza y se fragmenta Fertimex y se disparan los pre-

cios de fertilizantes en México. Desde el año 2000, México se convirtió en un importador neto de fertilizantes químicos (Grageda et al., 2012). De acuerdo con la Asociación Internacional de Fertilizantes, en 2019 México consumió 2.041 millones de toneladas de fertilizantes (de N, P y K), de los cuales un 76 % (1.564 millones de toneladas) fueron importados (International Fertilizer Association [IFASTAT], 2022). Esos fertilizantes químicos se aplicaron a 14.83 millones de hectáreas, que representan 72 % de la superficie sembrada en el país, distribuidas en 67 % de las unidades de producción agrícola (Macías y Sevilla, 2021).

El presidente Andrés Manuel López Obrador, en 2018, señaló como uno de sus primeros 100 compromisos de gobierno la reactivación en la producción y entrega de fertilizantes (El Universal, 2018). Considerando la base de recurso natural fósil sobre la que descansa la producción de estos agroquímicos, además de la generación de GEI y otros impactos ambientales de su fabricación, así como la necesidad imprescindible de mejorar el rendimiento agrícola en México para atender las necesidades de la población y evitar menos pérdida de hábitat natural, es importante analizar fuentes alternativas y/o complementarias de nutrientes para la agricultura mexicana. A continuación, analizamos una alternativa y mostramos la naturaleza multidisciplinaria de su abordaje.

Alternativas para aumentar la fertilidad del suelo

Ante el diagnóstico arriba expuesto, ¿cómo podemos balancear las necesidades sociales, económicas y ambientales alrededor de la agricultura y los fertilizantes químicos? Por un lado, existe la necesidad de alimentar a una población humana creciente en el contexto de tierras agrícolas finitas. Será muy difícil, o imposible, prescindir totalmente de fertilizantes químicos para lograr este objetivo. Sin embargo, podemos a) reducir su uso, b) tener mayor cuidado en su aplicación, c) llevar a cabo mejores prácticas agronómicas, y d) reutilizar todo el N y P posible.

Entre las alternativas para aumentar la fertilidad del suelo, existe una gama de mejoradores de suelo que aumentan el contenido de materia orgánica en el mismo, lo cual además potencia el efecto de fertilizantes; entre los mejoradores de suelo se incluyen abonos, compostas, biofertilizantes y estiércoles (estos últimos de preferencia ya madurados, es decir, no frescos) (Grageda et al., 2012). Entre las mejores prácticas agronómicas se incluye mantener una cobertura del suelo después de la cosecha, la labranza mínima, la rotación y siembra

combinada de cultivos, así como la reintegración de residuos agrícolas al suelo. Por otro lado, hay diversos biofertilizantes y usos de microorganismos que aumentan la productividad agrícola (Grageda et al., 2012). En el resto del capítulo nos enfocaremos al análisis de la recuperación y reutilización de nutrientes, particularmente los contenidos en la orina humana.²

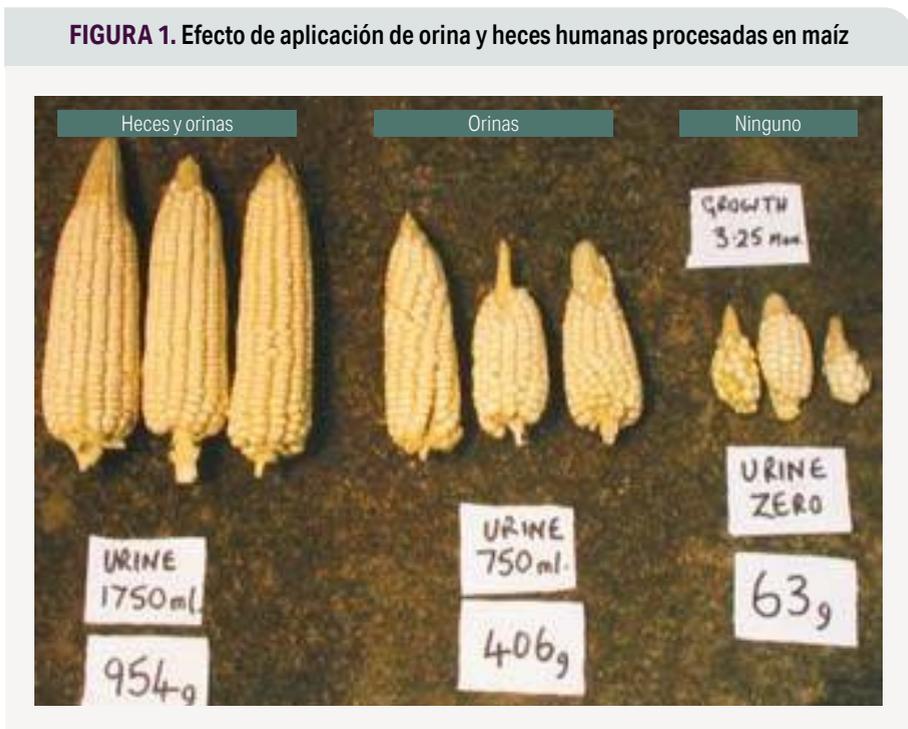
La orina humana contiene N, P, K, Na, Ca, Mg, Cl y S (Steinfeld, 2004). Cada persona excreta de 2-4 kg/año de N y de 0.2-0.4 kg/año de P en su orina (EcoSanRes, 2008b). Las diferencias dependen de la alimentación, sobre todo de la cantidad de proteína en la dieta. Esto implica que con una población de 126 millones (Inegi, 2020) y un promedio de producción de 3 kg/p/año de N y 0.3 kg/p/año de P, la población en México descarga en su orina alrededor de 378 millones de toneladas de N y 38 millones de toneladas de P anualmente, mismas que podrían reutilizarse en la agricultura. En contraste, actualmente esos valiosos recursos se descargan en el drenaje (NESC, 2012; Córdova y Vázquez, 2016) y cuando no hay tratamiento terciario de las aguas residuales, como sucede en la mayor parte de las ciudades mexicanas, no se da la remoción de estos y se ven descargados directamente en los cuerpos superficiales de agua (Córdova y Vázquez, 2016). La mayor parte del N y P en aguas residuales proviene de la orina humana, de forma que si captamos ese recurso tendríamos el doble beneficio de aprovecharlo en la agricultura y evitar su impacto en la eutrofización de los cuerpos de agua naturales (Wald, 2022). Además, ahorraríamos recursos económicos y energía puesto que la extracción del N del agua requiere de grandes cantidades de ambos. Finalmente, la remoción de N de aguas residuales o la descarga de aguas residuales en cuerpos de agua produce N_2O en los procesos de degradación anaerobia que ocurren, exacerbando el calentamiento de la atmósfera (Sustainable Sanitation Alliance, 2009).

Con este planteamiento de recuperar y reutilizar la orina surge la pregunta sobre los patógenos presentes. La Organización Mundial de la Salud ha publicado lineamientos para el uso seguro de orina y heces humanas en la agricultura (WHO, 2006). Muchos menos patógenos se transportan en la orina que en las heces humanas, y gracias al pH de la orina, que en cuestión de semanas

² Nos enfocamos en la orina porque tiene mucha mayor concentración de N y P que las heces y mucha menor carga de patógenos, entonces es particularmente eficiente para la recirculación de nutrientes. Las heces por su lado pueden reutilizarse en compostas para brindar al suelo materia orgánica y microorganismos benéficos, así como para la recuperación de energía (metano) en el caso de su biodigestión.

puede aumentar hasta 10, los patógenos quedan inviables en periodos que van de cuatro a seis meses según la temperatura ambiente³ (WHO, 2006). Así pues, no hay grandes riesgos de salud pública para la aplicación de orina a los cultivos. En cambio, hay diversos estudios que han demostrado el efecto de la orina en el aumento de rendimiento de diversos cultivos (Morgan, 2007; Morgan y Shangwa, 2010; Johansson, 2000). Los resultados que se muestran en las Figuras 1-4 representan una pequeña muestra de una gran variedad y cantidad de experimentos que se realizaron en la escuela primaria Chisungu, en Zimbabue, no solo con maíz y especies arbóreas, sino también con otras hortalizas como tomate, espinaca, calabaza y cebolla, entre otras.

FIGURA 1. Efecto de aplicación de orina y heces humanas procesadas en maíz



FUENTE: Morgan, 2007

³ A mayor temperatura ambiente se requiere menor tiempo de retención.

FIGURA 2. Efecto de la aplicación de diferentes dosis de orina humana en plantas de maíz



FUENTE: Morgan y Shangwa, 2010.

FIGURA 3. Efecto de aplicación de orina humana en árboles de eucalipto después de cinco meses



FUENTE: Morgan y Shangwa, 2010.

FIGURA 4. Efecto de la recuperación de nutrientes de orina y heces humanas en árboles sembrados alrededor de letrinas rurales, Zimbabue





FUENTE: Morgan y Shangwa, 2010.

En resumen, la recuperación y reutilización de los nutrientes en la orina humana tiene entre otros los siguientes beneficios ambientales, sociales y económicos. Se ahorra agua potable, pues aproximadamente 35 % del agua doméstica se utiliza en el excusado. Se protege la calidad del agua, reduciendo la necesidad y el costo de su tratamiento. Se retienen y reutilizan nutrientes, reduciendo la necesidad de utilizar recursos fósiles para producir fertilizantes artificiales. Se reduce la generación de GEI (principalmente CO_2 y N_2O). Se contribuye a la soberanía alimentaria al reducir la dependencia de importación de fertilizantes y se ahorran recursos fiscales.

Algunos países donde se ha estado haciendo investigación en los últimos 30 años sobre la recolección, tratamiento, transporte y/o aplicación de orina en la agricultura incluyen, en Europa, Suecia, Alemania, Finlandia, Noruega, Suiza y Polonia; en América, EE. UU., México, El Salvador, Bolivia y Argentina; en África, Zimbabue, Sudáfrica, Uganda y Etiopía; en Asia, China, India, Indonesia, Pakistán y Vietnam y en Oceanía, Australia. Wald (2022) hace una revisión de sanitarios modernos que separan y recuperan la orina.

Abordaje multidisciplinario para desarrollar sistemas de recuperación y reutilización de nutrientes de la orina humana

El tema de fertilizantes incluye muchas dimensiones o sectores de la acción pública. Está por un lado la atención de necesidades básicas de la población, tanto en alimentos y otros productos agrícolas, como en el agua que consumen. Por otro lado, está la protección ambiental del suelo, aire y agua, así como de la biodiversidad terrestre y acuática. Asimismo, se tienen los temas energéticos, climático y de reservas de recursos naturales fósiles. Finalmente, las dimensiones económicas, de divisas y geopolíticas mencionadas con anterioridad. Es un ejemplo excelente de la relación compleja entre ambiente y sociedad.

Diseñar e instrumentar un programa completo de recuperación y reutilización de nutrientes involucra asimismo a diversas disciplinas. Comenzando con la recuperación de la orina en su punto de generación, hay diversos retos de *diseño tecnológico*, incluyendo el diseño, la operación y el mantenimiento de a) sanitarios separadores de orina en los hogares, edificios y espacios públicos, b) contenedores, ductos y/o carrotaques con los que se transporte la orina desde la ciudad a los campos agrícolas, y c) el equipo de aplicación de la orina a los diferentes cultivos, etc. Puesto que la orina tiene gran cantidad de agua y lo que se desea recuperar son los nutrientes ahí diluidos, también hay necesidades de *investigación química, fisicoquímica* y de diseño tecnológico de equipos que puedan reducir la cantidad de agua de la solución o extraer los nutrientes del agua; con esto se logra reducir los costos (y la consecuente cantidad de energía) del transporte de los nutrientes recuperados. Hace falta *investigación y pruebas agronómicas* para determinar la cantidad de orina a aplicar según el tipo de suelo, tipo de cultivo y contenido de nutrientes de la orina regionalmente y medir los aumentos de productividad agrícola. Estudios de *salud pública* intervienen en la determinación del tratamiento a dar a la orina para la inviabilización de patógenos, así como en los lineamientos del manejo y la aplicación de la orina de acuerdo con el tipo de cultivo y su tiempo de cosecha. Las *ciencias sociales* son necesarias para evaluar la aceptación y retroalimentación de los usuarios de los sanitarios separadores, así como la aceptación y retroalimentación de los agricultores y de los consumidores de los cultivos fertilizados con orina. Asimismo, se requieren *estudios de mercado y desarrollar mercados* (proveedores y consumidores) para los tipos de sanitarios y otros equipos requeridos a lo largo de la cadena. Para la política pública, serán importantes insumos como *estudios costo-beneficio* y *compa-*

rativos del tratamiento convencional de aguas residuales y el manejo de la orina separadamente. Finalmente, habrá que desarrollar *normas técnicas y legislación* en la materia para reglamentar clara y eficazmente al sistema.

Un programa de recuperación y reutilización de nutrientes no solo requiere de diversas disciplinas, sino que estas necesitan estar en estrecha y dinámica comunicación. Un ejemplo de tal trabajo multidisciplinario en este tema es el que se desarrolló en Estocolmo, Suecia entre 1996 y el año 2000: *Orina humana separada en la fuente —¿una futura fuente de fertilizante para la agricultura en la región de Estocolmo?* (Johansson, 2000). El objetivo del programa fue “construir un sistema operacional de gran escala para la recirculación de orina humana separada en la fuente, desde el excusado al campo. El sistema deb[ía] cumplir requisitos estrictos relativos a la recirculación de nutrientes, higiene, confiabilidad funcional y facilidad de uso⁴” (Johansson, 2000, p. 4).

El equipo amplio de trabajo incluyó cuatro subequipos: un grupo de organizaciones iniciadoras, un grupo de coordinación, un grupo de trabajo en sí y un grupo de referencia (Figura 5). Los *iniciadores del esfuerzo* fueron individuos de dos constructoras de ecodesarrollos, donde se habían instalado sanitarios separadores de orina en sus desarrollos habitacionales, y de la Compañía de Agua de Estocolmo (*Stockholm Water Company*, el organismo operador de agua y saneamiento de esa localidad). El grupo de coordinación incluyó como líder, administrador y dueño del proyecto a la Compañía de Agua de Estocolmo, además de las dos constructoras, ya en un acuerdo interinstitucional (más allá de los individuos iniciadores) para el desarrollo de un proyecto multianual de investigación y desarrollo. Para *el grupo de trabajo* se contactó a los principales expertos e investigadores suecos en el tema, que incluyeron a 12 participantes, entre agricultores y personas de las siguientes organizaciones: Instituto Sueco para el Control de Enfermedades Infecciosas, los departamentos de Ingeniería Agrícola y de Investigación Agrícola en la Universidad Agrícola Sueca, el Instituto Sueco de Ingeniería Agrícola y Ambiental y la empresa de consultoría ambiental Verna Ecology, y se generaron diversos subgrupos de trabajo más específicos. Finalmente, *el grupo de referencia* se constituyó con personal de la Universidad de Linköping, la Universidad Tecnológica de Chalmers y la Agencia Sueca de Protección al Ambiente. El equipo amplio de trabajo se reunió regularmente durante todo el periodo. Los trabajos fueron financiados por la Compañía de Agua de Estocolmo, las dos constructoras, el Consejo Municipal de Estocolmo,

4 Traducción propia.

la Agencia Sueca para el Ambiente y el Consejo para Investigación en Construcciones. Este proyecto de investigación y desarrollo se llevó a cabo en comunicación estrecha con otro programa paralelo de investigación y desarrollo, *El reciclaje de orina humana separada en la fuente*, financiado por el Consejo para Investigación en Construcciones, la Asociación Sueca para Agua y Saneamiento, la Fundación de Agricultores Suecos para la Investigación Agrícola, la Agencia Sueca para el Ambiente y la Junta Nacional de Salud y Bienestar.

FIGURA 5. Estructura organizacional del proyecto *Orina humana separada en la fuente* –¿una futura fuente de fertilizante para la agricultura en la región de Estocolmo?, 1996-2000



FUENTE: Elaboración propia, con base en Johansson, 2000.

Con una meta común, la participación de muchas instituciones y organizaciones, una colaboración creativa e intensa, financiamiento asegurado y acuerdos firmados entre productores de orina en desarrollos habitacionales y los agricultores que utilizarían la orina como fertilizante, se lograron en cinco años excelentes resultados y avances en el conocimiento en áreas técnicas, de salud

pública, de interfaz con los usuarios, de administración del sistema y de las aplicaciones agrícolas. Además, se identificaron áreas de futura investigación. Con el tiempo los participantes de este programa inicial contribuyeron a otros esfuerzos internacionales como la redacción de los lineamientos de la Organización Mundial de la Salud sobre uso seguro de excretas humanas en la agricultura (WHO, 2006) y la reproducción de un programa completo a gran escala de reutilización de orina humana separada en la fuente para la agricultura en Nanning, China (Zhou et al., 2007).

En México ha habido un número considerable de esfuerzos e iniciativas en el uso de sanitarios secos, sin embargo, no ha habido un enfoque sistemático en la reutilización de los nutrientes (Córdova y Knuth, 2005). Algunas excepciones son el trabajo de Francisco Arroyo en organoponía (Arroyo y Duque, 2012) y algunas tesis académicas en Cuernavaca (UAEM, INSP). La problemática de los fertilizantes químicos en México, la experiencia de nuestro país en sanitarios secos y el éxito demostrado en la reutilización de orina en Suecia y otros países abre una ventana de oportunidad que debemos seguir explorando en México.

Conclusiones

Los fertilizantes químicos han aumentado mucho el rendimiento de cultivos agrícolas en México y en el mundo. La aplicación de fertilizantes es necesaria por la extracción sostenida de nutrientes que se realiza en la agricultura de alto rendimiento o en casos de cosechas repetidas sin otras prácticas agronómicas de conservación del suelo y su fertilidad. Sin embargo, la producción y el consumo de fertilizantes químicos tienen diversos impactos ambientales, sociales y económicos entre los que se cuenta su dependencia de recursos naturales fósiles, la generación de gases de efecto invernadero, la contaminación de suelo, aire y agua, así como, en el caso de México, la dependencia de importaciones. Será muy difícil o imposible prescindir del uso de fertilizantes químicos, sin embargo, podemos reducir su uso, tener mayor cuidado en su aplicación, llevar a cabo mejores prácticas agronómicas y reutilizar todo el nitrógeno y fósforo posible. Una forma de lograr lo último es a través de la recuperación y reutilización de la orina humana, que contiene nitrógeno, fósforo y otros nutrientes vegetales y que ha demostrado aumentar efectivamente el rendimiento de los cultivos sin tener que producir fertilizantes a partir de nitrógeno atmosférico o roca fosfórica.

Un programa integral de recirculación de los nutrientes contenidos en la orina humana se funda en la conjunción de esfuerzos y desarrollos desde múltiples disciplinas, incluyendo el diseño tecnológico, la química, la agronomía, la salud pública y diversas ciencias sociales. En este capítulo se describió un programa de investigación aplicada de esta naturaleza llevado a cabo en Estocolmo, Suecia entre 1996 y el año 2000. Con una meta común, la participación de muchas organizaciones e instituciones, una colaboración creativa e intensa, un liderazgo claro y un financiamiento asegurado se lograron excelentes resultados y avances en el conocimiento de este tema. Asimismo, se derivaron contribuciones a otros esfuerzos internacionales en la materia. México se beneficiaría de replicar un esfuerzo similar para mejorar la fertilidad de sus suelos, reduciendo los impactos negativos de una fuerte dependencia en fertilizantes químicos.

Referencias

- Arroyo, F. J. y Duque, G. (2012). *Manual de organoponia. Técnica adecuada a la agricultura urbana*. Edición de autor. https://www.researchgate.net/publication/318542513_Manual_de_Organoponia_-_tecnica_adecuada_a_la_agricultura_urbana
- Cordova, A. y Knuth, B. A. (2005). Barriers and strategies for dry sanitation in large-scale and urban settings. *Urban Water Journal*, 2(4), 245-262.
- Córdova y Vázquez, A. (2016). Manejo del nitrógeno en aguas urbanas. Nuevos paradigmas de gestión ambiental. En J. A. Pérez León y A. Córdova y Vázquez (Coords.), *De componentes moleculares a salud pública y ambiental. Ejemplos de investigación y propuestas científicas en México*. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.
- EcoSanRes. (2007). *Sweden-China Erdos Eco-Town Project. Dongsheng Inner Mongolia*. (EcoSanRes Factsheet 11), Stockholm Environment Institute. http://www.ecosanres.org/pdf_files/ESR-factsheet-11.pdf
- EcoSanRes. (2008a). *Closing the Loop on Phosphorus* (EcoSanRes Factsheet 4), Stockholm Environment Institute. http://www.ecosanres.org/pdf_files/ESR-factsheet-04.pdf
- EcoSanRes. (2008b). *Guidelines on the Use of Urine and Faeces in Crop Production* (EcoSanRes Factsheet 6), Stockholm Environment Institute. http://www.ecosanres.org/pdf_files/ESR-factsheet-06.pdf

- El Universal. (2018). *Estos son los 100 compromisos que AMLO dijo en el Zócalo*. <https://www.eluniversal.com.mx/nacion/politica/estos-son-los-100-compromisos-que-amlo-dijo-en-el-zocalo>
- Grageda, O. A., Díaz, A., Peña, J. J. y Vera, J. A. (2012). Impacto de los biofertilizantes en la agricultura. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 3(6), 1261-1274. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342012000600015
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2020). *Censo de Población y Vivienda 2020*. <https://cuentame.inegi.org.mx/poblacion/habitantes.aspx>
- International Fertilizer Association (2022). <https://www.ifastat.org/databases/>
- Johansson, M. (2000). *Urine Separation – Closing the Nutrient Cycle* (Final Report on the R&D Project Source-Separated Human Urine –A Future Source of Fertilizer for Agriculture in the Stockholm Region). Stockholm Vatten, Stockholmshem & HSB National Federation.
- Macías, A. y Sevilla, Y. L. (2021). Desarrollo agroindustrial y degradación ambiental en México (1941-2021). *Observatorio medioambiental*, (24), 195-228. <https://revistas.ucm.es/index.php/OBMD/article/view/79522/4564456559470>
- Martínez, M. (29 de marzo de 2022). Agricultores denuncian incremento de 300 % en precios de fertilizantes. *El Economista*. <https://www.economista.com.mx/empresas/Agricultores-denuncian-incremento-de-300-en-precios-de-fertilizantes-20220329-0063.html>
- Morgan, P. (2007). *Toilets that Make Compost: Low-cost, sanitary toilets that produce valuable compost for crops in an African context*. Stockholm Environment Institute. EcoSanRes Programme. http://www.ecosanres.org/toilets_that_make_compost.htm
- Morgan, P. y Shangwa, A. (2010). *Teaching Ecological Sanitation in Schools*. Stockholm Environment Institute. EcoSanRes Programme http://www.ecosanres.org/pdf_files/Teaching_Ecosan_in_Schools/Teaching_Ecological_Sanitation_in_Schools_Morgan_&_Shangwa_%20SEI_2010.pdf
- National Environmental Services Center (2012). Minimizing Nitrogen Discharges from Onsite Wastewater Systems. *Pipeline*, 23 (1). <https://inspecclopedia.com/septic/Nitrogen-in-Septic-Systems-NESC-Pipelines.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación y Asociación Internacional de la Industria de los Fertilizantes. (2002). *Los fertilizantes y su uso*. FAO, IFA. <http://www.fao.org/3/x4781s/X4781S.pdf>

- Phosphorus Futures. (2019). *The phosphorus challenge*. Global Phosphorus Research Initiative. <http://phosphorusfutures.net/the-phosphorus-challenge/>
- Reta, G., Dong, X., Li, Z., Su, B., Hu, X., Bo, H., Yu, D., Wan, H., Liu, J., Li, Y., Xu, G., Wang, K. y Xu, S. (2018). Environmental impact of phosphate mining and beneficiation: review. *International Journal of Hydrology*, 2(4), 424-431. DOI: 10.15406/ijh.2018.02.00106
- Steinfeld, C. (2004). *Liquid Gold. The Lore and Logic of using Urine to grow Plants*. Green Frigate Books.
- Sustainable Sanitation Alliance. (2009). Sanitation, renewable energies and climate change (factsheet version 3, 03/2009). SuSanA.
- Tarragona, R. (25 de febrero de 2022). Suben fertilizantes por conflicto Rusia Ucrania. *Reforma*. https://www.reforma.com/aplicacioneslibre/preacceso/articulo/default.aspx?__rval=1&urlredirect=/suben-fertilizantes-por-conflicto-rusia-ucrania/ar2356372
- Wald, C. (2022). How recycling urine could help to save the world. *Nature*, 602, 202-206.
- World Health Organization. (2006). *WHO Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater. Volume IV. Excreta and Greywater Use in Agriculture*. World Health Organization. <https://www.who.int/publications/i/item/9241546859>
- Yang, Y. Y., Wu, H. N., Shen, S. L., Horpibulsuk, S., Xu, Y. S. y Zhou, Q. H. (2014). Environmental impacts caused by phosphate mining and ecological restoration: a case history in Kunming, China. *Natural hazards*, 74(2), 755-770. <https://doi.org/10.1007/s11069-014-1212-6>
- Zhou, L., Li, J., Yu, C. y Wang, Y. (2007). *Erdos Eco-Town Project of Inner Mongolia. Economic Evaluation of the Ecosan System*. Environmental Science & Engineering Department of Tsinghua University, Stockholm Environment Institute. http://www.ecosanres.org/pdf_files/Erdos/ZhouLuetal.2007EconomicEvaluationoftheEcosanSystem102p.pdf

CAPÍTULO 7

Un contexto general de la energía geotérmica en México (desafíos y áreas de oportunidad)

Efraín Gómez Arias¹

Resumen

En la actualidad, México posee un gran potencial de recursos naturales tipificados como energías renovables, los cuales son aprovechados principalmente para la generación de energía eléctrica. En particular, el recurso geotérmico (sistemas hidrotermales) tiene una capacidad instalada de producción de energía de 957 MW (ubicando a nuestro país en el sexto lugar en el mundo en cuanto al uso del recurso geotérmico), lo que representa el ~1.5 % de la generación de energía eléctrica. La energía geotérmica ofrece a largo plazo alcanzar una mayor contribución en la generación de energía eléctrica, para ello la geotermia de-

¹ Conacyt- Centro de Investigación Científica y de Educación Superior. Correo: gomezar@cicese.mx

berá considerar el uso de ciclos binarios integrados a las plantas actualmente en producción, aprovechar el calor disponible de los yacimientos de mediana y baja entalpía (temperatura) para usos directos (bombas de calor geotérmicos) y establecer nuevas estrategias para aprovechar los recursos disponibles de los sistemas geotérmicos mejorados (EGS) y de los sistemas geotérmicos marinos, ya que estos sistemas poseen mayor potencial energético que los sistemas hidrotermales convencionales.

Palabras clave: Energía geotérmica; campos geotérmicos en México; exploración geotérmica; contexto ambiental y social.

Abstract

Currently, Mexico has great potential for natural resources typified as renewable energies, which are used mainly for electrical energy generation. In particular, the geothermal resource (hydrothermal systems) has an installed energy production capacity of 957 MW (placing our country in sixth place in the world in terms of the use of geothermal resources), representing ~1.5 % of the generation of electrical energy. Geothermal energy offers long-term to achieve a more outstanding contribution to the generation of electrical energy, for this geothermal should consider the use of Binary Cycles integrated into the plants currently in production and take advantage of the heat available from the deposits of medium and low enthalpy (temperature) for direct uses (geothermal heat pumps) and establish new strategies to take advantage of the resources available from Enhanced Geothermal Systems (EGS) and marine geothermal systems since these systems have greater energy potential than conventional hydrothermal systems.

Keywords: Geothermal energy; geothermal fields in Mexico; geothermal exploration; environmental and social context.

Introducción

En la actualidad se ha hecho más evidente en el mundo una aceleración en el proceso de extracción de los recursos de hidrocarburos (petróleo) con efectos negativos, tanto en su alto costo de producción como en el agotamiento de sus reservas (Goodstein, 2005). Además, en países en desarrollo como México la generación de electricidad depende en gran medida de los combustibles fósiles

(yacimientos de gas y petróleo, tipificados como energía convencional no renovable) y, en la actualidad, su uso ha causado deterioro al ambiente debido a la emisión continua de contaminantes (gases efecto invernadero, agotamiento de la capa de ozono estratosférico y smog debido a las emisiones de gases residuales del transporte y la industria), con consecuencias muy graves al planeta y a la salud humana (Abbasi y Abbasi, 2000).

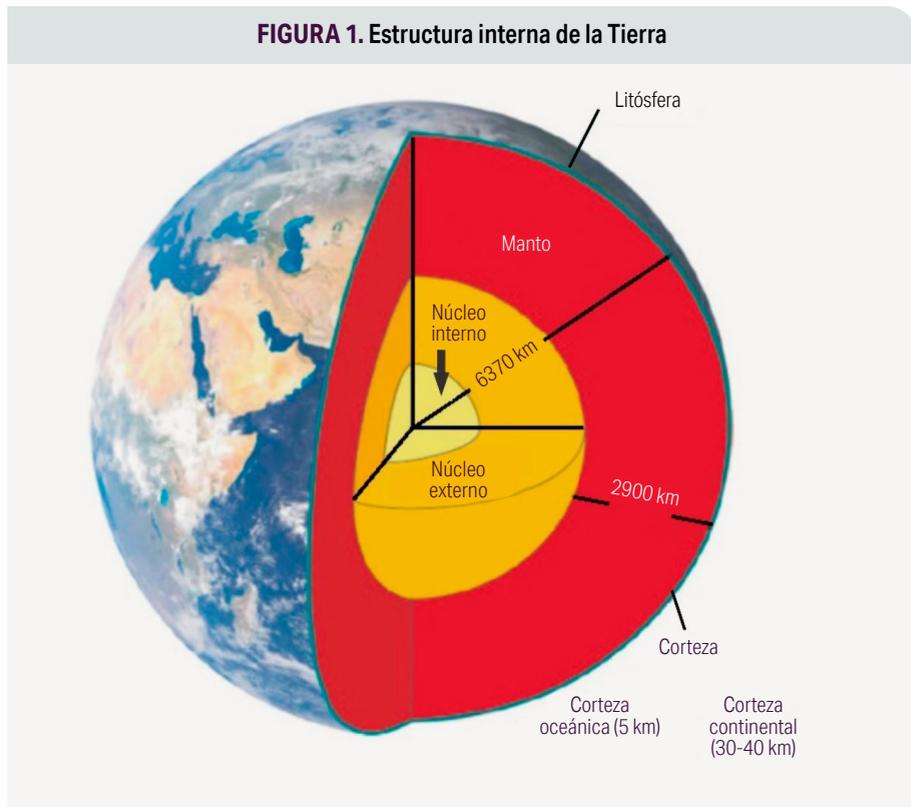
Aunado a esto, el acelerado aumento demográfico y su consecuente demanda energética en el mundo han propiciado gran interés por el diagnóstico, evaluación y disponibilidad actual de fuentes renovables de energía, dentro de las cuales se encuentra la energía geotérmica, que es renovable, prácticamente inagotable, con una madurez tecnológica sólida limpia (bajo impacto al medio ambiente; Bromley et al., 2010; Fridleifsson et al., 2008), versátil y útil para generar electricidad, entre otras múltiples aplicaciones (usos directos de la energía geotérmica) como lo son las bombas de calor, balneología, calefacción, invernaderos, acuacultura y usos industriales (Santoyo y Barragán, 2010).

En cuanto a su etimología, la geotermia es una palabra de origen griego, “geo —Tierra—” y “thermos —calor—”, por lo tanto, coloquialmente se denomina como “*el calor de la Tierra*” (Stober y Bucher, 2013). Esta fuente de energía es natural y renovable, la cual se localiza en la corteza terrestre (continental y oceánica) en forma de calor (Stober y Bucher, 2013; Dickson y Fanelli, 2003). El mayor potencial de la energía geotérmica (anomalías térmicas) está confinada principalmente en zonas con presencia de volcanes, manantiales hidrotermales, géiseres y fumarolas (presentes tanto en tierra como en fondo marino). De acuerdo a la literatura, el calor total disponible en la Tierra es del orden de 1.26×10^{31} J (energía calorífica que se propaga desde el núcleo hacia la superficie de la Tierra) y en la corteza terrestre se ha estimado un calor disponible del orden de 5.4×10^{27} J, de los cuales el potencial geotérmico que puede ser aprovechado por la humanidad es de 4.2×10^{12} J (Gómez-Arias y González-Fernández, 2017; Stober y Bucher, 2013; Santoyo-Gutiérrez y Torres-Alvarado, 2010; Massachusetts Institute of Technology [MIT], 2006; Dickson y Fanelli, 2003).

Una forma de evaluar el calor geotérmico disponible es a través de la medición del *flujo de calor* (W/m^2 o J/m^2s), el cual tiene dos contribuciones: el calor generado principalmente por los isótopos radiactivos uranio (^{238}U , ^{235}U), torio (^{232}Th) y potasio (^{40}K) presentes en la corteza y, el flujo de calor que proviene desde el núcleo y el manto hacia la superficie (Figura 1) (Stober y Bucher, 2013). El valor promedio del flujo de calor en la corteza continental es de 65 mW/m^2

y en suelo marino de 101 mW/m^2 (Gómez-Arias y González-Fernández, 2017; Stober y Bucher, 2013; Santoyo-Gutiérrez y Torres-Alvarado, 2010).

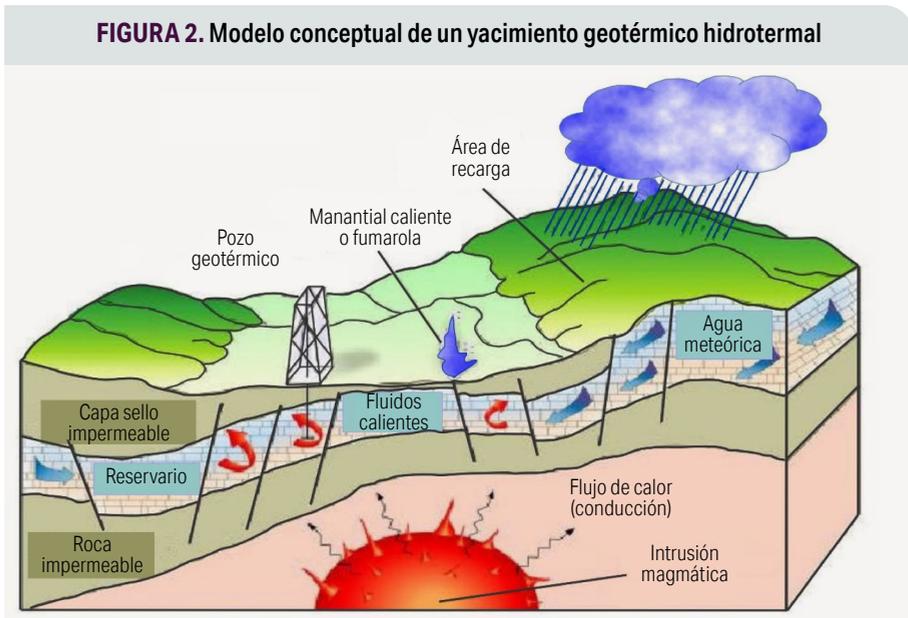
La producción de energía eléctrica a partir de sistemas hidrotermales convencionales (yacimientos geotérmicos) inició en 1911 con la construcción de la primera central geotérmica en el mundo en Larderello, Italia. Sin embargo, 100 años después de comenzar la producción de energía comercial, actualmente apenas el 0.7 % (15 406 MW) de la energía eléctrica mundial es obtenida a través de la energía geotérmica (REN21, 2020).



FUENTE: Gómez-Arias y González-Fernández, 2017; Stober y Bucher, 2013.

Un modelo conceptual de un yacimiento geotérmico hidrotermal (Figura 2) incluye una fuente de calor asociada en la mayoría de los sistemas geotérmicos a una cámara magmática (emplazada a profundidades entre 5 y 7 kiló-

metros) precursora de la presencia de alta temperatura en estos sistemas (>200 °C), una capa de roca sello (roca impermeable) y una capa de roca permeable o también conocida como roca almacén, donde se encuentra confinado el fluido geotérmico (Gómez-Arias y González-Fernández, 2017; Stober y Bucher, 2013). El aprovechamiento de la energía geotérmica disponible en estos sistemas se realiza a través de pozos (similares a los petroleros) los cuales extraen el fluido geotérmico (energía térmica en forma de calor) hacia grandes turbinas para finalmente generar energía eléctrica.



FUENTE: Tomado y modificado de Dickson y Fanelli, 2003.

El uso de la energía geotérmica en las etapas de explotación y generación de energía eléctrica tiene un bajo impacto ambiental comparado con las energías no renovables o convencionales (hidrocarburo y gas) (Martín-Gamboa et al., 2015; Bromley et al., 2010; Fridleifsson et al., 2008). En la actualidad, a pesar de que la energía geotérmica es amigable con el medio ambiente, sigue presentando diversos retos tecnológicos, científicos y económicos (Gómez-Arias y González-Fernández, 2017). En particular, uno de los grandes retos que enfrenta la industria geotérmica es el alto costo de perforación de pozos, ya sean de exploración (del

orden de 0.5-1.0 km de profundidad) o de producción (mayor a 2.0 km de profundidad), lo que puede llegar a representar entre el 40 y 60 % del costo de un proyecto geotermoeléctrico (Gómez-Arias y González-Fernández, 2017; Yost et al., 2015), lo que indudablemente es uno de los factores de ingeniería que en la actualidad ha mermado la expansión de los campos geotérmicos en México (y en el mundo). Este reto puede verse como un gran detonante o un área de oportunidad para aprovechar los recursos de baja y mediana entalpía (<150 °C) disponibles en el país para usos directos o la cogeneración de energía eléctrica.

El objetivo de este capítulo es dar a conocer una breve descripción del panorama actual de la energía geotérmica en México con un énfasis en la descripción de los campos geotérmicos en operación, los principales métodos de exploración usados comúnmente durante las etapas de exploración y caracterización de un yacimiento, la disponibilidad de nuevos recursos en el país (que representan áreas de oportunidad, los cuales pueden ser aprovechados en el mediano o largo plazo) y, finalmente se aborda un contexto ambiental y social, que hoy en día debe ser considerado como un eje transversal en el desarrollo de nuevos proyectos geoenergéticos.

Campos geotérmicos

La exploración geotermia en México inició a mediados del siglo XX y en 1959 se instaló la primera planta geotérmica en Pathé, Hidalgo, convirtiendo al país en pionero en la explotación de esta energía renovable en América. En la actualidad, en México operan cinco campos geotérmicos, cuatro por la Comisión Federal de Electricidad (CFE; Generación VI): Cerro Prieto, Baja California (570 MW); Los Azufres, Michoacán (270.5 MW); Los Humeros, Puebla (119.8 MW); y Las Tres Vírgenes, Baja California Sur (10 MW) (Tabla 1 y Figura 3). El quinto campo geotérmico se localiza en San Pedro Lagunillas, Nayarit, conocido como Domo San Pedro, el cual es operado por la empresa privada Grupo Dragón (35.5 MW) (Tabla 1 y Figura 3). La capacidad total instalada de producción de energía geotérmica es de 1005.8 MW (947.8 en operación), lo que representa el ~1.5 % de la generación de energía eléctrica en México (Romo-Jones et al., 2020; Gutiérrez-Negrín, 2019), ubicando a nuestro país en el sexto lugar en el mundo después de Estados Unidos (3653 MW), Indonesia (1948 MW), Filipinas (1868 MW), Turquía (1347 MW) y Nueva Zelanda (1037 MW) (Ranking de Think Geoenergy, 2022).

FIGURA 3. Mapa de localización de los campos geotérmicos en México y datos de la capacidad de operación actual



FUENTE: Cortesía del grupo de investigación geotérmica División de Ciencias de la Tierra, CICESE.

Contexto geológico y características de yacimiento

El Cinturón Volcánico Transmexicano (CVT) es una zona volcánicamente activa, que atraviesa el país de este a oeste, en la que se aloja la mayoría de las anomalías termales conocidas en México. La segunda zona en importancia es el noroccidente de México, en donde las anomalías geotermales de esta región se alojan en gran parte en rocas de la Sierra Madre Occidental (SMO) y en las Bajas Californias (Valencia-Cabrera, 2021; Garduño-Monroy et al., 1993; González-Ruiz et al., 2015). En este contexto, la procedencia del calor de los yacimientos geotérmicos está principalmente ligada a fuentes magmáticas (cámaras magmáticas de volcanes), por ende, la fuente de calor es natural y el impacto ambiental debido al desarrollo geoenergético puede ser relativamente bajo (Valencia-Cabrera, 2021; Bromley et al., 2010; Fridleifsson et al., 2008). Por lo tanto, los campos geotérmicos se encuentran en una amplia variedad de ambientes geológicos. Cada ambiente constituye diferentes tipos de yacimientos geotérmi-

cos con características distintas, y en particular, en los yacimientos hidrotermales es de gran interés identificar y estudiar el origen y la química de los fluidos geotérmicos (Tello, 2005). Actualmente se ha caracterizado a los yacimientos hidrotermales como el modelo convencional y predominante en campos geotérmicos en explotación, además de ser comercialmente más rentable, debido a la relativa facilidad para obtener el recurso. Una breve síntesis del marco geológico de los campos geotérmicos en México se describe a continuación.

El campo geotérmico Cerro Prieto (CGCP) se caracteriza por ser de líquido dominante, localizado en la parte noroeste de México, en Baja California, alojado en areniscas terciarias. Es el campo en producción más grande dentro del país, con 570 MW de capacidad instalada, compuesto de cuatro unidades de flash de condensación de 110 MW, una unidad de condensación de baja presión de 30 MW y cuatro unidades de condensación de 25 MW cada una. Su capacidad operativa, al igual que la instalada es de 570 MW. A la fecha 142 pozos de producción y 28 pozos de inyección operan en este campo (Tabla 1) (Reyna-Avilez, 2022; Valencia-Cabrera, 2021; Romo-Jones et al., 2020; Barragán et al., 2007).

El campo geotérmico Los Azufres (CGLA) se localiza en el estado de Michoacán, a 90 km al noreste de la ciudad de Morelia y a 30 km al nornoroeste de Ciudad Hidalgo, alojado en andesita del Mioceno-Plioceno, con 270.5 MW de capacidad instalada, explotando comercialmente un área de ~ 35 km², compuesta de siete unidades de flasheo de condensación (dos de 50 MW y cinco de 26.5 MW cada una), siete unidades de contrapresión de 5 MW cada una (cuatro fuera de operación) y dos unidades de ciclo binario de 1.5 MW cada una (actualmente fuera de operación) y su capacidad operativa es de 247.5 MW. El campo se encuentra dividido en dos zonas: Maritaro (zona norte), líquido dominante, y Tejamaniles (zona sur), vapor dominante. Actualmente 44 pozos de producción y seis pozos de inyección operan en este campo (Tabla 1) (Valencia-Cabrera, 2021; Romo-Jones et al., 2020; Verma y Gómez-Arias, 2013a; Barragán et al., 2007; Barragán 2010).

El campo geotérmico Los Humeros (CGLH) se localiza en la porción oriental del CVT, entre los estados de Puebla y Veracruz. Su basamento se constituye de andesitas terciarias y tiene una capacidad instalada de 119.8 MW. En la parte más somera, el yacimiento es de líquido dominante. Se compone de tres unidades de condensación flash de 26.6 MW cada una y ocho unidades de contrapresión de 5 MW cada una. La capacidad operativa es de 94.8 MW, ya que cinco de las unidades de contrapresión actualmente están fuera de servicio.

Actualmente en el campo operan 23 pozos de producción y tres de inyección (Tabla 1) (Reyna-Avilez, 2022; Valencia-Cabrera, 2021; Romo-Jones et al., 2020; Verma y Gómez-Arias, 2013b; Verma et al., 2011; Barragán et al., 2010; Izquierdo et al., 2008).

El campo geotérmico Las Tres Vírgenes (CGLTV) se ubica en Baja California Sur, a 34 km de la ciudad de Santa Rosalía. El yacimiento es de líquido dominante, alojado en granodioritas. Actualmente cuenta con una capacidad total instalada y operativa de 10 MW, con dos unidades turbogeneradoras a condensación de 5 MW cada una. En el CGLTV tres pozos de producción y dos pozos de inyección se encuentran en operación (Tabla 1) (Reyna-Avilez, 2022; Valencia-Cabrera, 2021; Casallas-Moreno et al., 2021; Sena-Lozoya et al., 2020; Romo-Jones et al., 2020; Barragán et al., 2010; Tello, 2005; Tello et al., 2005).

El campo geotérmico Domo San Pedro (CGDSP) se localiza en la porción sur del estado de Nayarit, en el sector más occidental del CVT. El magmatismo en esta parte corresponde al Mioceno Tardío al Cuaternario. Es el campo más reciente en México con una capacidad instalada de 35.5 MW, compuesta por una unidad de flash de condensación de 25.5 y dos unidades de contrapresión de 5 MW cada una (actualmente fuera de operación). Su capacidad operativa es de 25.5 MW. Durante el 2017, hubo cuatro pozos de producción y tres pozos de inyección funcionando (Tabla 1) (Reyna-Avilez, 2022; Romo-Jones et al., 2020; Petrone et al., 2006).

TABLA 4. Capacidad instalada en campos geotérmicos de México

Campo geotérmico	Capacidad (MW)		Propietario/ operador	Pozos en operación	
	Instalada	En operación		Productores	Inyectores
Cerro Prieto, B. C.	570	570	CFE (Generación VI)	142	28
Los Azufres, Michoacán	270.5	247.5		44	6
Los Humeros, Puebla	119.8	94.8		23	3
Las Tres Vírgenes, B. C. S.	10	10	Grupo Dragón	3	2
Domo San Pedro, Nayarit	35.5	25.5		4	3
Total	1005.8	947.8		216	42

FUENTE: Reyna-Avilez, 2022; Romo-Jones et al., 2018

Exploración geotérmica (3G)

Un proyecto geotérmico requiere implementar lo que se conoce como las 3G (Tabla 2), es decir, realizar estudios de exploración geológicos, geofísicos y geoquímicos antes de la fase de perforación de un pozo de gradiente de temperatura (para estimar flujos de calor conductivo; estos pozos proporcionan información adicional del subsuelo, de la temperatura a profundidad y del potencial del yacimiento) y de la fase de perforación de pozos de extracción y de reinyección (Stober y Bucher, 2013).

Los métodos geológicos y geofísicos (Tabla 2) permiten identificar áreas de mayor oportunidad en el subsuelo en zonas con potencial geotérmico y caracterizar un yacimiento geotérmico, es decir, identificar las principales estructuras geológicas a profundidad (como fallas y fracturas), la fuente de calor (en la mayoría de los campos geotérmicos está asociada a cámaras magmáticas), tipos de fluidos geotérmicos, permeabilidad del yacimiento y la energía disponible en el reservorio (calor, entalpía o temperatura). Desde el punto de vista geoquímico, la implementación de diversos métodos durante las etapas de exploración (también estos métodos son utilizados en la etapa de producción para monitorear cambios en la composición química de los fluidos geotérmicos) de un yacimiento se realiza con el objetivo de conocer el origen y composición química de los fluidos, identificar los procesos de recarga de fluido al yacimiento (para establecer modelos hidrológicos), así como estimar la temperatura del sistema geotérmico. Finalmente, cuando se integra la información geoquímica con los modelos geológicos y geofísicos, se logra el desarrollo del modelo conceptual del yacimiento geotérmico (Zenteno-González, 2022; Valencia-Cabrera, 2021; Gómez-Arias y González-Fernández, 2017; Stober y Bucher, 2013; Fridleifsson et al., 2008). La Tabla 2 muestra algunos ejemplos de los métodos de exploración utilizados con frecuencia en la etapa de exploración.

Ahora bien, desde el punto de vista científico y tecnológico, aprovechar el recurso geotérmico para la generación de energía eléctrica requiere: (i) de una colaboración disciplinaria (investigación multidisciplinaria; Paolio-Bolio, 2019; Henao-Villa et al., 2017), pues durante las etapas de exploración (para identificación y caracterizar un yacimiento), explotación y producción requiere de la participación de varias disciplinas como la geología, geoquímica, geofísica, vulcanología, sismología, geociencias ambientales y social, y las ingenierías (p. ej. química, industrial, mecánica, eléctrica, civil); y (ii) para lograr pasar de una

visión compleja de la forma de aprovechar este recurso a la construcción de una visión más simple o accesible, no solo se requiere de la colaboración disciplinaria, es necesario analizar la geotermia como una sola ciencia, en donde la interdisciplina (participación de diversas disciplinas; Paolio, 2019; Henao et al., 2017) debe establecer una sola metodología para identificar, extraer y aprovechar este recurso a través del desarrollo de un modelo conceptual del campo geotérmico. Por lo tanto, la interdisciplina requiere de la participación de grupos de investigación, tales como ciencias de la tierra, geociencias ambientales y sociales e ingeniería geotérmica.

TABLA 2. Métodos de exploración (3G) usados con frecuencia en la etapa de exploración de recursos geotérmicos

Métodos geológicos	Métodos geofísicos	Métodos geoquímicos*
Mapeo de geología superficial (SIG; Sistemas de Información Geográfica)	Gravimetría	Colección de muestras de fluidos en superficie
Geológica estructural	Magnetometría	pH y conductividad eléctrica
Identificación de manifestaciones hidrotermales	Resistividad eléctrica	Tasa de flujo y temperatura de los fluidos de descarga en superficie
	Magnetotelúricos	Muestreo de suelo y flujo de gas
	Sísmica pasiva y activa (reflexión, refracción, MASW)	
	Flujo de calor y gradiente geotérmico	

FUENTE: Stober y Bucher, 2013. *Manifestaciones hidrotermales.

Desafíos de la energía geotérmica

En México, la energía geotérmica persigue cuatro grandes objetivos: (i) mejorar las técnicas de exploración y caracterización de los recursos geotérmicos; (ii) implementar nuevas tecnologías y reducir los costos de perforación de pozos geotérmicos; (iii) promover el aprovechamiento de los recursos de baja y mediana entalpía (incluyendo el uso del calor residual de fluidos geotérmicos, proceso conocido como uso en cascada); y (iv) explorar y aprovechar los recursos geotérmicos de roca seca caliente (conocidos también como sistemas geotérmicos mejorados) y los sistemas geotérmicos submarinos (Peña-Domínguez et al., 2022; Romo-Jones et al., 2020, Romo-Jones et al., 2018; Gómez-Arias y González-Fernández, 2017; Gutiérrez-Negrín et al., 2015; Suárez-Arriaga et al.,

2014). Además, desde el punto de vista de impacto ambiental (emisión de gases de efecto invernadero a la atmósfera), el aprovechamiento de los recursos geotérmicos representa un ahorro de 206 millones de barriles de petróleo al año, lo que evita la emisión de ~100 millones de toneladas de CO₂ derivado de plantas de combustóleo y de ~116 millones de toneladas de CO₂ procedentes de las plantas de carbón (Santoyo-Gutiérrez y Torres-Alvarado, 2010; Bromley et al., 2010; Fridleifsson et al., 2008). Por lo tanto, las plantas de generación de energía geotérmica emiten concentraciones de CO₂ menores a las producidas por plantas convencionales de combustibles fósiles (Tabla 3).

TABLA 3. Emisiones de CO₂ de plantas de generación de energía eléctrica

Plantas de generación eléctrica	Emisiones de CO ₂ (g/kWh)
Hidrocarburos	906
Gas natural	453
<i>Geotermoeléctricas:</i>	
Wairakei, Nueva Zelanda	13
Los Geysers, EE. UU.	33
Krafla, Islandia	96
Cerro Prieto, México	175
Tiwi, Filipinas	272
Larderello, Italia	380

FUENTE: Murphy y Niitsuma, 1999; Fridleifsson et al., 2008; Santoyo-Gutiérrez y Torres-Alvarado, 2010.

En el territorio nacional se han identificado 19 zonas hidrotermales con potencial geotérmico (Tabla 4), 14 con temperaturas de fondo de pozo (BHT, *Bottom-Hole Temperature* por sus siglas en inglés) ≥ 180 °C, que pueden ser explotadas instalando plantas de ciclo condensado, y cinco zonas con temperaturas entre 150 y 190 °C, que pueden ser explotadas instalando plantas de ciclo binario, por lo que el potencial geotérmico de estas zonas hidrotermales podría alcanzar los 1000 MW (Valencia-Cabrera, 2021; Gutiérrez-Negrín et al., 2015; Gutiérrez-Negrín, 2012); y cerca de 2300 manifestaciones hidrotermales distribuidas en 27 estados (Figura 4), de las cuales en la mayoría el recurso geotérmico se encuentra con temperaturas del orden de los 40 °C y solo 276 manifestaciones hidrotermales presentan temperaturas entre 60 °C y 180 °C (Gómez-Arias y González-Fernández, 2017; González-Ruiz et al., 2015; Santoyo-Gutiérrez y Torres-Alvarado, 2010; Iglesias y Torres, 2003).

TABLA 4. Estimación de recursos geotérmicos en zonas hidrotermales

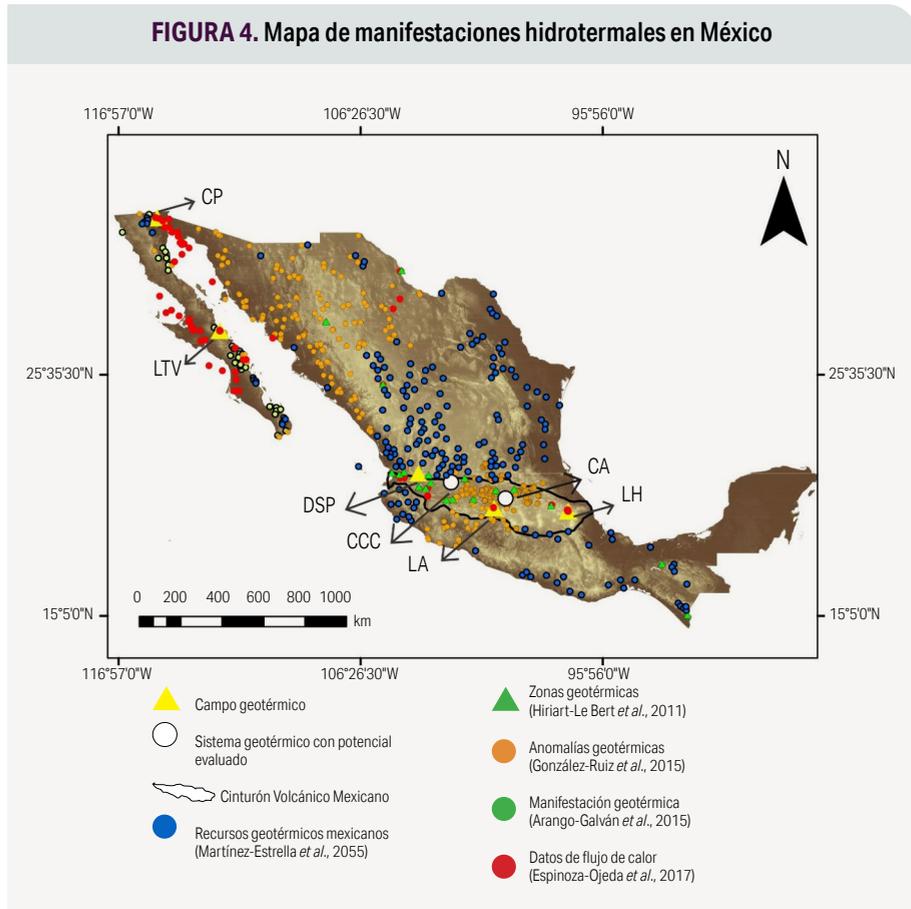
Zonas con temperaturas >180 °C	Potencial evaluado (MW)
Graben de Compostela, Nayarit	110
Las Planillas, Jalisco	80
Volcán Ceboruco, Nayarit	65
Volcán Tacaná, Chiapas	60
La Soledad, Jalisco	50
Volcán Chichonal, Chiapas	45
Hervores de la Vega, Jalisco	45
Pathé, Hidalgo	40
Lago Cuitzeo, Michoacán	25
Los Hervores-El Molote, Nayarit	25
Los Negritos, Michoacán	20
Ixtlán de los Hervores, Michoacán	15
El Orito-Los Borbollones, Jalisco	10
Santa Cruz de Atistique, Jalisco	10
Zonas con temperatura entre 150 y 180 °C	
San Antonio El Bravo, Chihuahua	30
Puruándiro, Michoacán	10
San Bartolomé de los Baños, Guanajuato	10
Santiago Papasquiaro, Durango	4
Mahuarichic, Chihuahua	1

FUENTE: Datos reportados por Gutiérrez-Negrín (2012) y Valencia-Cabrera (2021).

En cuanto a los recursos geotérmicos marinos, en los años 80 en el Golfo de California (GC) se identificó un potencial de hasta 500 veces la energía geotérmica del Campo Geotérmico de Cerro Prieto (Suárez-Arriaga, 2004). Actualmente, en la península de Baja California se han identificado recursos someros cerca de la plataforma continental entre 20 y 50 m de profundidad (Punta Banda, San Quintín, Puertecitos, San Felipe, Tres Vírgenes, Bahía Concepción, Comondú, La Paz y Los Cabos) y recursos profundos entre 100 y 2000 m (cuencas Wagner, Consag y Guaymas) (Peña-Domínguez et al., 2022; Arango-Galván et al., 2015; Suárez-Arriaga et al., 2014; Suárez-Arriaga, 2004). Por citar un ejemplo, en la cuenca Wagner (al norte del GC) los sistemas hidrotermales submarinos se localizan a profundidades cercanas a los 200 m, donde se ha reportado valores de flujos de calor mayor a 2 W/m² los cuales se encuentran por arriba

del promedio en campos geotérmicos (0.5 a 1.0 W/m^2) (Neumann et al., 2017; Prol-Ledesma et al., 2013). Por lo tanto, las zonas geotérmicas localizadas en las costas de la península de Baja California y en el GC son accesibles a la explotación de este recurso instalando plataformas costa afuera (*offshore*), similares a las usadas por la industria petrolera (Suárez-Arriaga et al., 2014).

FIGURA 4. Mapa de manifestaciones hidrotermales en México



SIMBOLOGÍA: CP-Cerro Prieto (BC), LTV-Las Tres Vírgenes (BCS), LA-Los Azufres (Mich.), LH-Los Hornos (Pue.) y DSP-Domo San Pedro (Nay). Sistemas identificados con potencial geotérmico: CCC-Campo Cerritos Colorados (Jal.) y CA-Campo Acoculco (Pue.) (Modificado y actualizado de Gómez-Arias y González-Fernández, 2017).

Contexto ambiental y social

Los proyectos geotérmicos en las etapas de explotación y producción (posterior a la exploración y evaluación del recurso) deben integrar una evaluación del impacto ambiental y social. Así, los proyectos geoenergéticos se benefician al contar con información respecto a los cambios sociales, culturales, políticos y económicos que pudieran ocurrir antes, durante y después de la implementación del proyecto (Zenteno-González, 2022; Phillips, 2010; González-Acevedo, 2017; Henao-Villa et al., 2017). Frecuentemente las definiciones “sostenible” y “renovable” se confunden. De acuerdo con la literatura, la definición original de la sustentabilidad se remonta a la Comisión Mundial de Brundtland de 1987, que dice “satisfacer las necesidades de la generación presente sin comprometer las necesidades de las generaciones futuras” (World Commission on Environment and Development, 1987; González, 2017); y la definición de renovable, desde el punto de vista energético, hace referencia al “recurso natural disponible el cual se puede renovar por procesos naturales a una tasa igual o mayor a la del consumo humano” (REN21, 2020). Por lo tanto, respecto a la energía geotérmica, la sostenibilidad significa la capacidad del sistema geotérmico de producir vapor, agua o mezcla vapor-salmuera (fluido bifásico) suficiente para mantener los niveles de la capacidad de producción para generación de energía eléctrica.

Ahora bien, desde el punto de vista ambiental, los proyectos geotérmicos requieren de un modelo para evaluar la Matriz de Evaluación Rápida de Impacto para determinar el nivel y la naturaleza del desarrollo sostenible de una central eléctrica en la zona de estudio (Zenteno-González, 2022; Phillips, 2010; González-Acevedo, 2017). Este modelo debe describir la naturaleza de la relación entre el medio ambiente y los seres humanos que constituye el desarrollo sostenible y las condiciones para que esto ocurra, tales como: garantizar que el crecimiento económico no provoque contaminación ambiental; examinar el ciclo de vida de todo el proceso de generación de energía geotérmica; tener suficiente información sobre las regulaciones ambientales, plan de inversión y la innovación de tecnologías limpias, entre otras. Además, debe tomarse en cuenta los efectos ambientales que son temporales o irreversibles en la industria geotérmica (González-Acevedo, 2017) como: (i) la subsidencia del terreno y sismicidad debido a los procesos de extracción de fluidos (Barbier, 2002); (ii) el ruido generado durante la construcción, las emisiones de vapor y las operaciones de perforación (Brophy, 1997); (iii) emisiones a la atmósfera de gases (CO_2 , H_2S ,

NH₃, CH₄, N₂ y H₂), trazas de mercurio, vapor con concentraciones de boro y el radón, lo que puede causar la contaminación del suelo y de la vegetación (Phillips, 2010); (iv) la contaminación de aguas superficiales y subterráneas (Barbier, 2002); (v) cambios en el paisaje y el uso del suelo debido a la erosión del suelo en las zonas de alta precipitación; y (vi) ecología, con todos los efectos mencionados. Es fácil concluir que los impactos sobre los hábitats terrestres, acuáticos y ribereños pueden verse afectados de manera significativa, sobre todo en lugares donde las especies en peligro de extinción están presentes (p. ej., el caso de la caldera El Aguajito, localizada en las cercanías del campo geotérmico Las Tres Vírgenes, que es una reserva natural y una zona protegida por la Unesco; Zenteno-González, 2022).

En cuanto a la evaluación del impacto social de un proyecto geotérmico, el objetivo es identificar nuevas formas de aprovechamiento del recurso mediante métodos y técnicas adecuadas para el beneficio de la población local con una visión sustentable (en función de la entalpía o las temperaturas estimadas del yacimiento geotérmico). Por lo que, el impacto asociado a la explotación del campo geotérmico o por las actividades recreativas en la comunidad a mediano y largo plazo debe permitir a sus habitantes mejorar el bienestar en su calidad de vida y reducir la pobreza (p. ej. balneología, zonas termales o spa como el caso de los campos geotérmicos Los Azufres y Los Humeros), que pudieran ser un atractivo ecoturístico. O bien, la explotación del campo geotérmico generaría ingresos económicos por la comercialización de los excedentes de energía que pudieran aumentar la seguridad energética en las comunidades.

Conclusiones

México continúa siendo un país con una fuerte dependencia de las energías convencionales no renovables (hidrocarburo y gas) como fuente de energía primaria. La Ley de Transición Energética (publicada en el Diario Oficial de la Federación en el 2015) pone de manifiesto como objetivo principal el aprovechamiento sustentable de las energías limpias y la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. Esta ley considera la geotermia, eólica, solar, hidroeléctrica, oceánica y los bioenergéticos como energías renovables (limpias), estableciendo que para el 2040 el 35 % de la generación de energía eléctrica deberá provenir de las energías limpias. Desde este contexto, la geotermia juega un rol importante tanto para la generación de energía eléctrica como para usos

directos, sin dejar de lado que la geotermia ofrece ser un aliado en la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero.

Finalmente, el futuro de la energía geotérmica debe considerar acoplar los sistemas de ciclo binario a las plantas actualmente en producción (lo que se traduce en un incremento en la generación de energía eléctrica), hacer uso de la tecnología disponible para aprovechar el calor de los fluidos de yacimientos de mediana y baja entalpía (temperatura) para usos directos (principalmente bombas de calor geotérmico para calefacción o refrigeración), y continuar con la exploración, evaluación y estimación del recurso disponible de los sistemas geotérmicos mejorados (EGS) y de los sistemas geotérmicos marinos.

Agradecimientos

A los proyectos 2074 Investigadores por México (Campaña intensiva de exploración geotérmica del Golfo de California), P03 del CeMIE-Geo (Campaña intensiva de exploración geotérmica de las cuencas Wagner, Consag, Delfín, Guaymas y Alarcón del sistema de rifts del Golfo de California) y PN2016-2188 Proyectos de desarrollo científico para atender problemas nacionales-Conacyt (Estimación y evaluación del potencial geotérmico de sistemas de baja y mediana entalpía para usos directos y generación de energía eléctrica con tecnología de ciclo binario: el caso de las calderas La Reforma y El Aguajito del complejo volcánico Las Tres Vírgenes, Baja California Sur). A los revisores anónimos por sus comentarios y observaciones para mejorar y enriquecer el contenido del presente capítulo de libro.

Referencias

- Abbasi, S. A. y Abbasi, N. (2000). The likely adverse environmental impacts of renewable energy sources. *Applied Energy*, 65, 121-144. [https://doi.org/10.1016/S0306-2619\(99\)00077-X](https://doi.org/10.1016/S0306-2619(99)00077-X)
- Arango-Galván, C., Prol-Ledesma, R. M. y Torres-Vera, M. A. (2015). Geothermal prospects in the Baja California Peninsula. *Geothermics*, 55, 39-57. <https://doi.org/10.1016/j.geothermics.2015.01.005>
- Arango-Galván, C., Prol-Ledesma, R. M., Flores-Márquez, E. L., Canet, C. y Villanueva-Estrada, R. E. (2011). Shallow submarine and subaerial, low-enthalpy hydrothermal manifestations in Punta Banda, Baja California,

- Mexico: Geophysical and geochemical characterization. *Geothermics*, 40, 102-111. <https://doi.org/10.1016/j.geothermics.2011.03.002>
- Barbier, E. (2002). Geothermal energy technology and current status: an overview. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 6, 3-65. [https://doi.org/10.1016/S1364-0321\(02\)00002-3](https://doi.org/10.1016/S1364-0321(02)00002-3)
- Barragán, R. M., Arellano-Gómez, V. M., Portugal-Marín, E., Pérez-Hernández, A., Rodríguez-Rodríguez, M. H. y De León-Vivar, J. (2007). Preliminary interpretation of gas composition in the CP IV sector wells, Cerro Prieto geothermal field, Mexico. *Revista Mexicana de Geoenergía*, 20(2), 46-54. <https://biblat.unam.mx/hevila/Geotermia/2007/vol20/no2/5.pdf>
- Barragán, R. M., Iglesias, E., Arellano, V. M. y Ramírez, M. (2010). Fluid-Mineral equilibrium at Las Tres Vírgenes B. C. S. (México). *Geothermal Reservoir. Geothermal Resources Transactions*, 34, 1-5. <https://publications.mygeoenergynow.org/grc/1028719.pdf>
- Bromley, C. J., Mongillo, M., Hiriart, G., Goldstein, B., Bertani, R., Huenges, E., Ragnarsson, A., Tester, J., Muraoka, H. y Zui, V. (2010). Contribution of Geothermal Energy to Climate Change Mitigation: the IPCC Renewable Energy Report. *Proceedings World Geothermal Congress, Bali, Indonesia*, 25-29. <https://www.geothermal-energy.org/pdf/IGAstandard/WGC/2010/0225.pdf>
- Brophy, P. (1997). Environmental advantages to the utilization of geothermal energy. *Renewable Energy*, 10, 367-77. [https://doi.org/10.1016/0960-1481\(96\)00094-8](https://doi.org/10.1016/0960-1481(96)00094-8)
- Casallas-Moreno, K. L., González-Escobar, M., Gómez-Arias, E., Mastache-Román, E. A., Gallegos-Castillo, C. A. y González-Fernández, A. (2021). Analysis of subsurface structures based on seismic and gravimetric exploration methods in the Las Tres Vírgenes volcanic complex and geothermal field, Baja California Sur, Mexico. *Geothermics*, 92, 102026. <https://doi.org/10.1016/j.geothermics.2020.102026>
- Diario Oficial de la Federación. (2015). *Decreto por el que se expide la Ley de Transición Energética*.
- Dickson, M. H. y Fanelli, M. (2003). *Geothermal energy, utilization and technology*. Primera Edición. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315065786>
- Espinoza-Ojeda, O. M., Prol-Ledesma, R. M., Iglesias, E. R. y Figueroa-Soto, A. (2017). Update and review of heat flow measurements in México, *Energy*, 121, 466-479. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.01.045>

- Fridleifsson, I. B., Bertani, R., Huenges, E., Lund, J. W., Ragnarsson, A. y Rybach, L. (2008). The possible role and contribution of geothermal energy to the mitigation of climate change. *In: IPCC Scoping Meeting on Renewable Energy Sources, Proceedings, Alemania*, 59-80. <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/05/proc-renewables-lubeck.pdf>
- Garduño-Monroy, V. H., Vargas-Ledezma, H. y Campos-Enriquez, J. O. (1993). Preliminary geologic studies of Sierra El Aguajito (Baja California, Mexico): a resurgent-type caldera. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 59, 47-58. [https://doi.org/10.1016/0377-0273\(93\)90077-5](https://doi.org/10.1016/0377-0273(93)90077-5)
- González-Ruiz, L. E., González-Partida, E., Garduño-Monroy, V. H., Pironon, J., Díaz-Carreño, E. H., Yáñez-Dávila, D., Romero-Rojas, W. y Romero-Rojas, M. C. (2015). Distribución de anomalías geotérmicas en México: una guía útil en la prospección geotérmica. *Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica*, 1-31. https://riiit.com.mx/apps/site/files/anomalias_geotrnicas_v1.pdf
- González-Acevedo, Z. I. (2017). La sustentabilidad de la energía geotérmica y sus impactos ambientales. *Innovación y Desarrollo Tecnológico Revista Digital*, 9(3), 137-141. https://iydt.files.wordpress.com/2018/02/3-1_la-sustentabilidad-de-la-energ3ada-geotc3a9rmica-y-sus-impactos-ambientales.pdf
- Goodstein, D. (2005). *Out of gas: The end of the age of oil*. W. W. Norton & Company.
- Gutiérrez-Negrín, L. C. A. (2012). Update of the geothermal electric potential in Mexico. *Geothermal Resources Council Transactions*, 36, 671-677. <https://publications.mygeoenergynow.org/grc/1030299.pdf>
- Gutiérrez-Negrín, L. C. A. (2019). Current status of geothermal-electric production in Mexico. *IOP Conference Series: Earth Environmental Science*, 249, 12. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/249/1/012017>
- Gutiérrez-Negrín, L. C. A., Canchola, I. F., Romo, J. M. y Quijano, J. L. (2015). Geothermal energy in Mexico: update and perspectives. *Proceedings World Geothermal Congress, Reykjavik, Iceland*, 1-14.
- Gómez-Arias, E. y González-Fernández, A. (2017). La geotermia como energía renovable y sustentable en México. En Cabal H., Gómez E. y Rodríguez, A. (Eds.), *Serie de ponencias: perspectivas de sustentabilidad en México*. Editorial Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas. <http://www2.ciicap.uaem.mx/rs/archivos/libros/LIBRO1.pdf>
- Henao-Villa, C. F., García-Arango, D. A., Aguirre-Mesa, E. D., García, A. G., Aconcha, R. B., Solorzano-Movilla, J. G. y Arboleda-López, A. P. (2017).

- Multidisciplinariedad, interdisciplinariedad y transdisciplinariedad en la formación para la investigación en ingeniería. *Revista Lasallista de Investigación*, 14(1), 179-197. <https://www.redalyc.org/pdf/695/69551301017.pdf>
- Hiriart-Le Bert, G., Gutiérrez-Negrín, L. C. A., Quijano-León, J. L., Ornelas-Celis, A., Espíndola, S. y Hernández, I. (2011). Evaluación de la energía geotérmica en México, informe para el Banco Interamericano de Desarrollo y la Comisión Regulatoria de Energía, México. <https://www.cre.gob.mx/documento/2026.pdf>
- Iglesias, E. R. y Torres, R. J. (2003). Low- to medium-temperature geothermal reserves in Mexico: A first assessment. *Geothermics*, 32, 711-719. <https://doi.org/10.1016/j.geothermics.2003.07.002>
- Izquierdo, G., Arellano, V. M. y Aragón, A. (2008). Características mineralógicas y microtermométricas del yacimiento geotérmico de Los Humeros, Pue., México. *Revista Mexicana de Geoenergía*, 21(2), 2-10. <https://biblat.unam.mx/hevila/Geotermia/2008/vol21/no2/1.pdf>
- Martín-Gamboa, M., Iribarren, D. y Dufour, J. (2015). On the environmental suitability of high- and low-enthalpy geothermal systems. *Geothermics*, 53, 27-37. <https://doi.org/10.1016/j.geothermics.2014.03.012>
- Martínez-Estrella, I., Torres, R. J. e Iglesias, E. R. (2005). A GIS-based information system for moderate-to low- temperature Mexican Geothermal Resources. *Proceedings World Geothermal Congress 2005*, Antalya, Turkey. <https://www.geothermal-energy.org/pdf/IGAstandard/WGC/2005/1725.pdf>
- Massachusetts Institute of Technology. (2006). *The Future of Geothermal Energy: Impact of Enhanced Geothermal Systems (EGS) on the United States in the 21st Century*. MIT, USA, 372 pp. https://www1.eere.energy.gov/geothermal/pdfs/future_geo_energy.pdf
- Murphy, H. y Niitsuma, H. (1999). Strategies for compensating for higher costs of geothermal electricity with environmental benefits. *Geothermics*, 28, 693-711. [https://doi.org/10.1016/S0375-6505\(99\)00018-8](https://doi.org/10.1016/S0375-6505(99)00018-8)
- Neumann, F., Negrete-Aranda, R., Harris, R. N., Contreras, J., Sclater, J. G. y González-Fernández, A. (2017). Systematic heat flow measurements across the Wagner Basin, northern Gulf of California. *Earth and Planetary Science Letters*, 479, 340-353. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2017.09.037>
- Paolio-Bolio, F. J. (2019). Multi, inter y transdisciplinariedad. *Problema anuario de filosofía y teoría del derecho*, 13, 347-357. <http://dx.doi.org/10.22201/ij.24487937e.2019.13>

- Peña-Domínguez, J. G., Negrete-Aranda, R., Neumann, F., Contreras, J., Spelz, R. M., Vega-Ramírez, L. A. y González-Fernández, A. (2022). Heat flow and 2D multichannel seismic reflection survey of the Devil's Hole geothermal reservoir in the Wagner basin, northern Gulf of California. *Geothermics*, 103, 102415. <https://doi.org/10.1016/j.geothermics.2022.102415>
- Petrone, C. M., Francalanci, L., Ferrari, L., Schaaf, P. y Conticelli, S. (2006). *The San Pedro–Cerro Grande volcanic complex (Nayarit, México): Inferences on volcanology and magma evolution*. In Siebe, C., Macías, J. L. y Aguirre, G. J. (Eds.), *Neogene-Quaternary continental margin volcanism: A perspective from México: Geological Society of America, Special Paper 402, Penrose Conference Series*, 65-98. [https://doi.org/10.1130/2006.2402\(03\)](https://doi.org/10.1130/2006.2402(03))
- Phillips, J. (2010). Evaluating the level and nature of sustainable development for a geothermal power plant. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14, 2414-2425. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.05.009>
- Prol-Ledesma, R. M., Torres-Vera, M. A., Rodolfo-Metalpa, R., Ángeles, C., Lechuga-Devez, C. H., Villanueva-Estrada, R. T., Shumilin, E. y Robinson, C. (2013). High heat flow and ocean acidification at a nascent rift in the northern Gulf of California. *Nature Communication*, 4(1388), 1-7. <https://doi.org/10.1038/ncomms2390>
- Ranking de Think Geoenery, (2022). <https://www.thinkgeoenery.com/global-geothermal-capacity-reaches-14900-mw-new-top10-ranking/>
- REN21. (2020). *Renewables 2020 Global status report*, París: REN21. 92-98. https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/gsr_2020_full_report_en.pdf
- Reyna-Avilez, A. (2022). *Determinación del estado de equilibrio químico fluido-roca del yacimiento geotérmico Cerro Prieto (CP-I), Baja California, a partir de la geotermometría de solutos*. [Tesis de maestría en Ciencias]. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California.
- Romo-Jones, J. M., Gutiérrez-Negrín, L. C. y Canchola-Félix, I. (2020). Mexico Country Report. *IEA Geothermal*. <https://iea-gia.org/about-us/members/mexico/>
- Romo-Jones, J. M., Gutiérrez-Negrín, L. C., Sánchez, C. C., González, A. N. y García, G. A. (2018). 2017 Mexico Country Report. *IEA Geothermal*. <https://iea-gia.org/about-us/members/mexico/>

- Santoyo, E. y Barragán, R. (2010). Energía Geotérmica. *Ciencia*, 42, 150-172. https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/61_2/PDF/EnergiaGeotermica.pdf
- Santoyo-Gutiérrez, E. y Torres-Alvarado, I. S. (2010). Escenario futuro de explotación de la energía geotérmica: hacia un desarrollo sustentable. *Revista Digital Universitaria*, 11(10), 26. <https://www.revista.unam.mx/vol.11/num10/art95/>
- Sena-Lozoya, E. B., González-Escobar, M., Gómez-Arias, E., González-Fernández, A. y Gómez-Ávila, M. (2020). Seismic exploration survey northeast of the Tres Vírgenes Geothermal Field, Baja California Sur, Mexico: a new geothermal prospect. *Geothermics*, 84, 101743. <https://doi.org/10.1016/j.geothermics.2019.101743>
- Stober, I. y Bucher, K. (2013). *Geothermal energy from theoretical models to exploration and development*. Springer. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-71685-1>
- Suárez-Arriaga, M. C. (2004). Evaluación del potencial, biogénesis y características esenciales de los sistemas geotérmicos submarinos en México - Norte de la Costa Mexicana del Océano Pacífico y Golfo de California. *Revista Mexicana de Geoenergía*, 17(1), 31-43. <https://www.geotermia.org.mx/app/assets/media/2017/11/Geotermia-Vol17-1.pdf>
- Suárez-Arriaga, M. C., Bundschuh, J. y Samaniego, F. (2014). Assessment of submarine geothermal resources and development of tools to quantify their energy potentials for environmentally sustainable development. *Journal of Cleaner Production*, 83, 21-32. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.07.040>
- Tello, H. E. (2005). *Estado de equilibrio soluto-mineral saturación de minerales de alteración en fluidos geotérmicos de alta temperatura de México* [Tesis doctoral]. UNAM.
- Tello, H. E., Verma, M. P. y González P. E. (2005). Geochemical Characteristics of Reservoir Fluids in the Las Tres Vírgenes, BCS, Mexico. *Proceedings World Geothermal Congress, Antalya, Turkey*. <https://www.geothermal-energy.org/pdf/IGAstandard/WGC/2005/0807.pdf>
- Valencia-Cabrera, D. (2021). *Determinación del estado de equilibrio químico fluido-roca del yacimiento geotérmico Las Tres Vírgenes (BCS) a partir de la geotermometría de solutos y de SiO₂* [Tesis de maestría en Ciencias]. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California.

- Verma, S. P. y Gómez-Arias, E. (2013a). Three-dimensional thermal sensitivity analysis of cooling of a magma chamber in the Los Azufres geothermal field, Michoacán, Mexico. *Geothermal Energy*, 1(5), 1-14. <https://doi.org/10.1186/2195-9706-1-5>
- Verma, S. P. y Gómez-Arias, E. (2013b). Three-dimensional temperature field simulation of magma chamber in the Los Humeros geothermal field, Puebla, Mexico. *Applied Thermal Engineering*, 52, 512-515. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2012.12.018>
- Verma, S. P., Gómez-Arias, E. y Andaverde, J. (2011). Thermal sensitivity analysis of the emplacement of magma chamber in Los Humeros caldera, Puebla, Mexico. *International Geology Review*, 53, 905-925. <https://doi.org/10.1080/00206810903234296>
- World Commission on Environment and Development. (1987). *Our Common Future*. Oxford University Press, Oxford. <https://sustainabledevelopment.un.org/milestones/wced>
- Yost, K., Valentin, A. y Einstein, H. H. (2015). Estimating cost and time of wellbore drilling for Engineered Geothermal Systems (EGS) – Considering uncertainties. *Geothermics*, 53, 85-99. <https://doi.org/10.1016/j.geothermics.2014.04.005>
- Zenteno-González, K. M. (2022). *Origen y evolución de los fluidos hidrotermales localizados en la caldera El Aguajito, Baja California Sur, México* [Tesis de Maestría en Ciencias]. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California.

CAPÍTULO 8

Sinergia ambiente-sociedad hacia la descarbonización

Rosenberg Javier Romero Domínguez¹
e Isaac Pilatowsky Figueroa²

Resumen

En este ensayo, los autores hacen una presentación de una interrelación entre los saberes y el fenómeno de la descarbonización. Inicia el documento con una breve discusión de la motivación actual sobre el tema de las emisiones y también del conocimiento sistemático o formal universitario para plantear cuáles son las capacidades que tiene la población mexicana, con base en los datos oficiales. A partir de ese diagnóstico parcial se identifican los efectos

¹ Centro de Investigación en Ingeniería y Ciencias Aplicadas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

Correo: rosenberg@uaem.mx

² Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

Correo: pilatowsky140372@gmail.com

de emisiones de los procesos cotidianos y se describen algunos indicadores para poder establecer una relación entre el ambiente, energía y persona, para determinar qué elementos entre factores sociales, culturales, físicos y biológicos interactúan en los procesos. El ensayo tiene una parte de reflexión llamada Oportunidades hacia la descarbonización, en donde se hace un diagnóstico regional de Norteamérica para entender y atender los factores que afectan actualmente el modo en que generamos nuestros productos (o satisfactores) y su transporte hasta los consumidores.

Palabras clave: Educación formal en México; ambiente; procesos; emisiones; energía; interrelación energía y emisiones.

Abstract

In this essay, the authors make a presentation of an interrelation between knowledge and the phenomenon of decarbonization. The document begins with a brief discussion of the current motivation on the issue of emissions and also of systematic or formal university knowledge to raise the capabilities of the Mexican population, based on official data. From this partial diagnosis, the effects of emissions from everyday processes are identified and some indicators are described to establish a relationship between the environment, energy, and people, to establish which elements between social, cultural, physical, and biological factors interact in the processes. The essay has a reflection part called: Opportunities for decarbonize. In this part, a regional diagnosis of North America is made to understand the factors that currently affect how we generate our products (or satisfiers) and their transportation to consumers.

Keywords: Mexican education; environment; process; emissions; energy; energy–emission connection.

Introducción

Motivación

No es evidente que los estudios del ambiente y la sociedad tengan especialistas para cada campo, ya que en términos amplios el ambiente y la sociedad forman parte de un sistema simbiote, un par de elementos que están vinculados. En este aspecto, el autor considera que las ciencias naturales abarcan a

ambos elementos: el ambiente que rodea a la sociedad, y la sociedad que afecta al ambiente. Esto sí puede resultar fácilmente reconocible en los estudios de las ciencias sociales que han disertado sobre la crisis de la razón y del pensamiento (Aliste, 2010), donde se concluye una fragmentada relación de la sociedad con la naturaleza. Por otro lado, algunos autores como Márquez (2010) consideran que no existe una fragmentación, y que lo que existe es una indisoluble ligadura entre sociedad y ambiente. Antes de la pandemia se reflexionaba en los foros internacionales si el concepto de “medio ambiente” debería llamarse así (Méndez, 2007) pero que, sin duda, coincidiendo con ese texto, lo verdaderamente relevante es “facilitar su comprensión y hacer público reconocimiento de que los asuntos del medio ambiente encontrarán solución solo cuando muchos se animen a participar en el conocimiento y en las acciones correspondientes para vivir en un ambiente sano y vigoroso” (Méndez, 2007, p. 7).

No es suficiente saber qué partes forman el problema, la observación de la naturaleza permite el entendimiento de esta, pero la intervención de los sujetos en la naturaleza la afectan positiva o negativamente. Ahí es donde interviene el conocimiento que citan todos los autores. Por ello, uno de los factores que determinan la interpretación y la afectación de nuestras acciones en el planeta es el saber de los participantes. La sociedad está formada por participantes expertos e inexpertos en el manejo de lo que forma la naturaleza, somos una humanidad con diversidad en el entendimiento de una parte de la naturaleza. Por lo que, el enfoque desde una disciplina estará limitado a un aspecto de las intervenciones, siendo necesario ampliarlo hacia la multidisciplinariedad.

Con base en lo anterior, el objetivo del presente ensayo es cuantificar la capacidad técnica como número de profesionistas en áreas que se relacionan con procesos tecnológicos, así como identificar las variables que generan las mayores emisiones para en un futuro proponer acciones para su disminución.

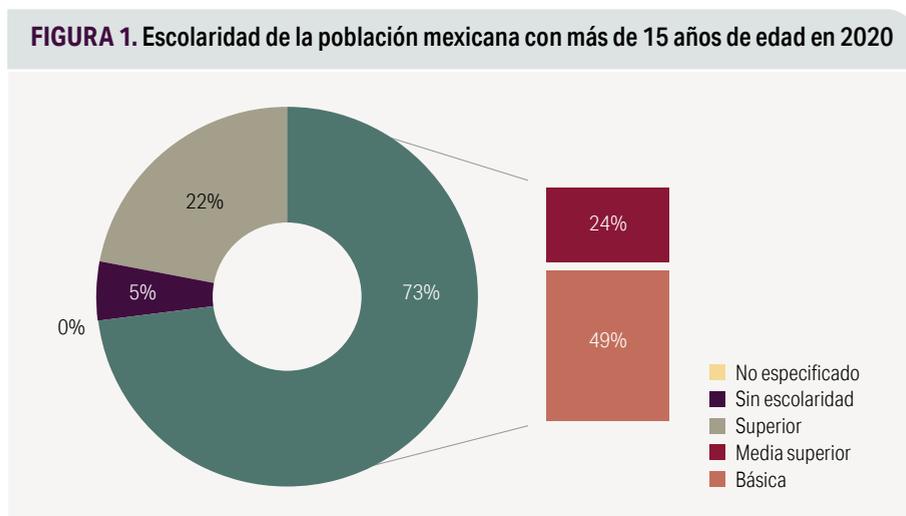
Diagnóstico parcial de la educación (en México)

Por experiencias documentadas podemos conocer cuál es el perfil de educación del ciudadano en el mundo y en México. Para nadie resulta asombroso que existan diferencias en las prioridades en la educación y la dependencia de la riqueza de la región (Unesco, 2021) o del país analizado.

Si bien la escolaridad no es un requisito para el cuidado de la persona o de su entorno, Martell (1994) relaciona la sustentabilidad con los requerimien-

tos técnicos, el uso de la energía y la producción de los bienes. Esta idea la actualiza Oltra (2005) incluyendo la modernización ecológica. A juicio del autor, si bien la escolaridad no determina el deseo genuino de cuidar el entorno, el desconocimiento de las técnicas y las relaciones entre la energía y los procesos limitan el éxito del cuidado del ambiente.

La premisa que cita: “lo que no se puede medir no se puede mejorar” (atribuida al profesor de negocios Peter F. Drucker), implica que para relacionar dos eventos debe existir alguna forma de medirlos. En el escenario mexicano, el Inegi se encarga de suministrar información estadística del país. Con base en sus datos del año 2020, se pueden observar las características educativas del país. En la Figura 1 se puede ver que la mayoría de la población en México (73 %) cuenta con escolaridad básica (primaria y secundaria) o media superior (preparatoria, bachillerato).



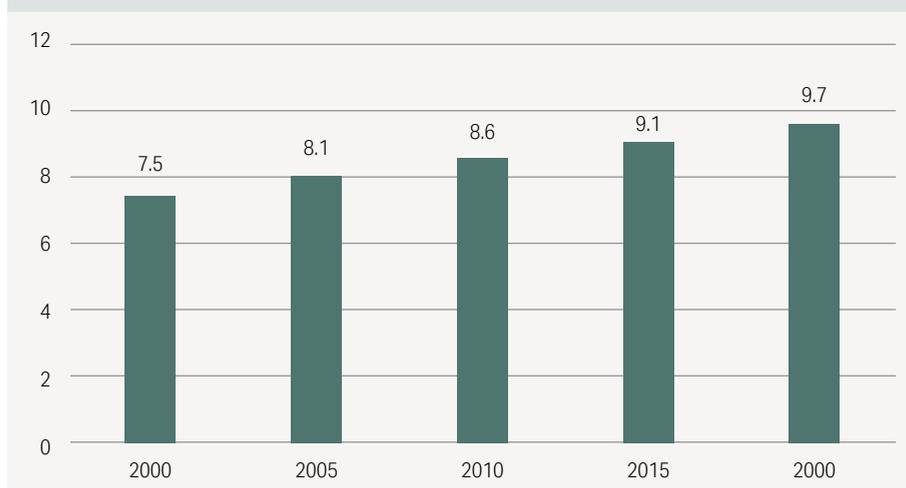
FUENTE: Elaboración propia con datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi, 2022).

La escolaridad que tiene la mayoría de la población en México no alcanza los 10 años, según datos del censo 2020 en México (Inegi, 2022), por lo que los saberes que pueden transmitirse para intervenir en el ambiente deberían haberse comunicado en los primeros 10 años de asistencia escolar.

Peza y Rosa (2020) concluyen en su publicación que los temas relacionados con la educación ambiental son tratados en la educación básica de forma

esporádica, aunque existe una preocupación en las comunidades por abordar los temas. Hay una falta de apoyo institucional y ausencia en los registros oficiales de las iniciativas en el tema. Esto coincide con literatura relativa a la educación ambiental en el Programa de Desarrollo Educativo, en el sexenio 1994-2000, el posterior Plan Nacional de Desarrollo 2000-2006 y la reforma integral de 2006-2012, en la que la educación ambiental se ha incluido en los niveles básicos incipientemente (Amigón, 2009).

FIGURA 2. Años de escolaridad promedio en México durante el periodo 2000-2020



FUENTE: Elaboración propia con datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi, 2022).

Si partimos de este diagnóstico (parcial) del grado de escolaridad en México, implica que existe un potencial esfuerzo para abordar temas ambientales en la sociedad.

Capacidades identificadas

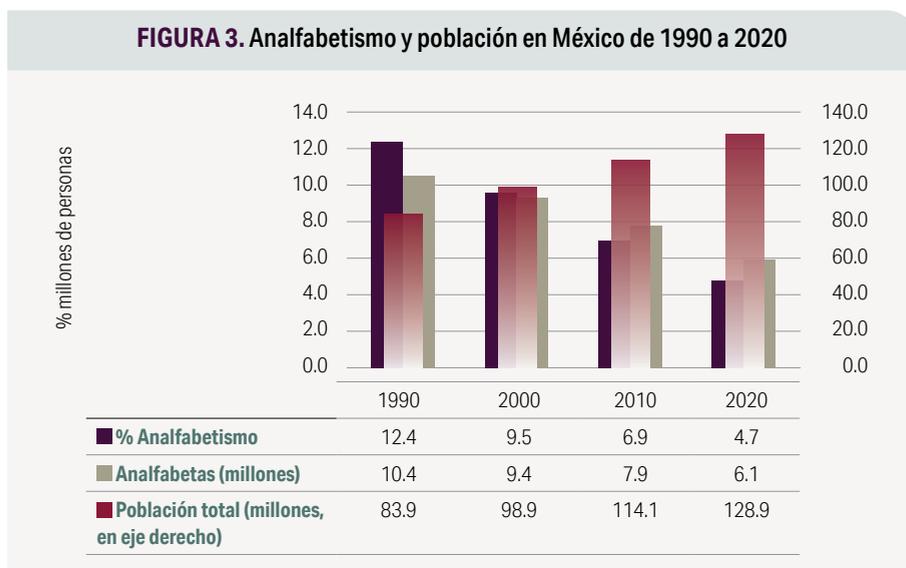
Partiendo de un incipiente diagnóstico con datos oficiales, el siguiente paso para incidir en la relación ambiente-sociedad será identificar con lo que se cuenta para realizar una metodología de acercamiento e intervención.

El primer punto positivo es la gran capacidad de lectura que se tiene. Los autores Narro y Moctezuma (2013) indican que el analfabetismo es una deuda

social, ya que existen millones de mexicanos sin saber leer, prefiero considerar que hay millones que en este momento sí se están educando y pueden contribuir en las comunidades donde aún existe ese rezago y podrían apoyar a todos los integrantes educados o analfabetas en conjunto.

Con base en los censos realizados (Inegi, 2022) puede verse además una disminución en el porcentaje de analfabetismo en personas mayores a 15 años (en el momento del censo) en los últimos 30 años, del 12 % al 4.7 %, que en números absolutos significa que, aunque la población aumentó 45 millones de mexicanos en 30 años, el número de analfabetas disminuyó 4.3 millones, para finalmente tener en el presente 122.8 millones de mexicanos que saben leer. El reto será facilitar lecturas de los temas ambientales y diseñados para su escolaridad.

FIGURA 3. Analfabetismo y población en México de 1990 a 2020



FUENTE: Elaboración propia con datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi, 2020).

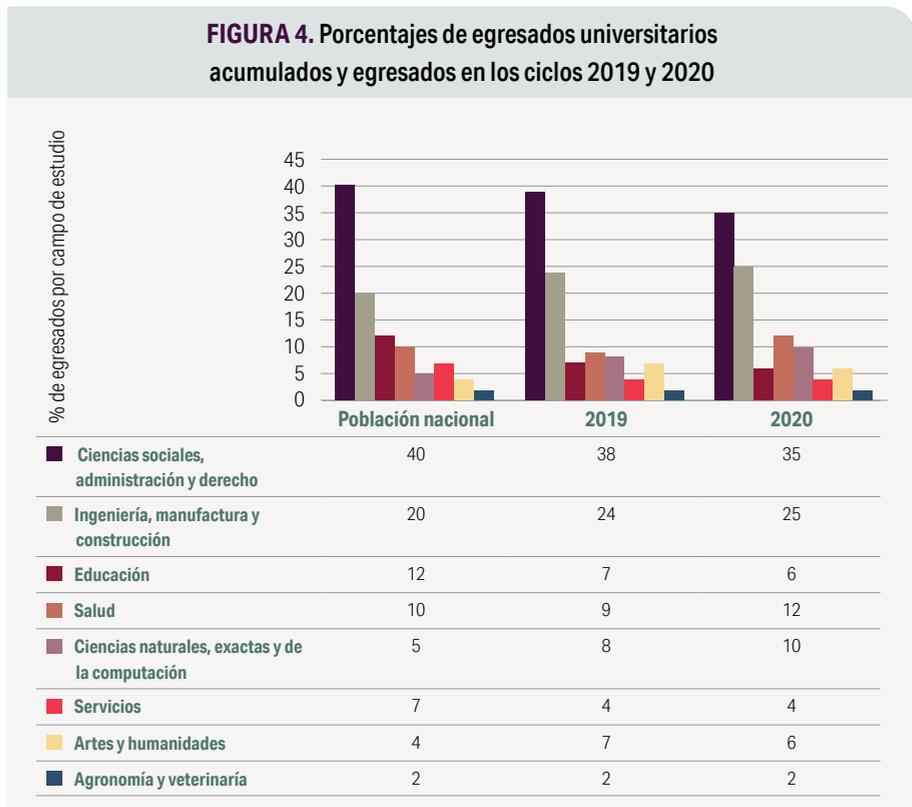
Por otro lado, el reto mayúsculo es ¿quién generará los contenidos? La respuesta no es obvia, si bien el nivel superior puede ser el lector-traductor de ciencia hacia prácticas e intervenciones sociales para la ciudadanía, la actividad no ocurrirá de forma espontánea y sin recursos.

Podemos considerar que 21.6 % de la población total en México (128.9 millones en 2020) que posee un grado universitario podría participar. Sin embargo, esos 27.8 millones de universitarios no están especializados en ciencias

naturales o educación. Solamente 1.4 millones de universitarios son egresados del campo de estudio en ciencias naturales, ciencias exactas y ciencias de la computación (5 %), según datos de la Encuesta Nacional de Egresados de 2019 y 2020 (UVM, 2019; UVM, 2020). Adicionalmente, se contaría con 3.3 millones del área de educación (12 %), reportados en el mismo estudio y que se muestran junto con los demás campos de estudio en la Figura 4.

Faltará identificar el recurso económico para aprovechar esta capacidad existente para generar contenidos, implementarlos en planes de estudio y generar un seguimiento (con evaluación) del proceso enseñanza-aprendizaje en temas asociados al ambiente.

FIGURA 4. Porcentajes de egresados universitarios acumulados y egresados en los ciclos 2019 y 2020



FUENTE: Elaboración propia con datos de la publicación de la Universidad del Valle de México (UVM, 2019; UVM, 2020)

La relación ambiente-sociedad

El ambiente

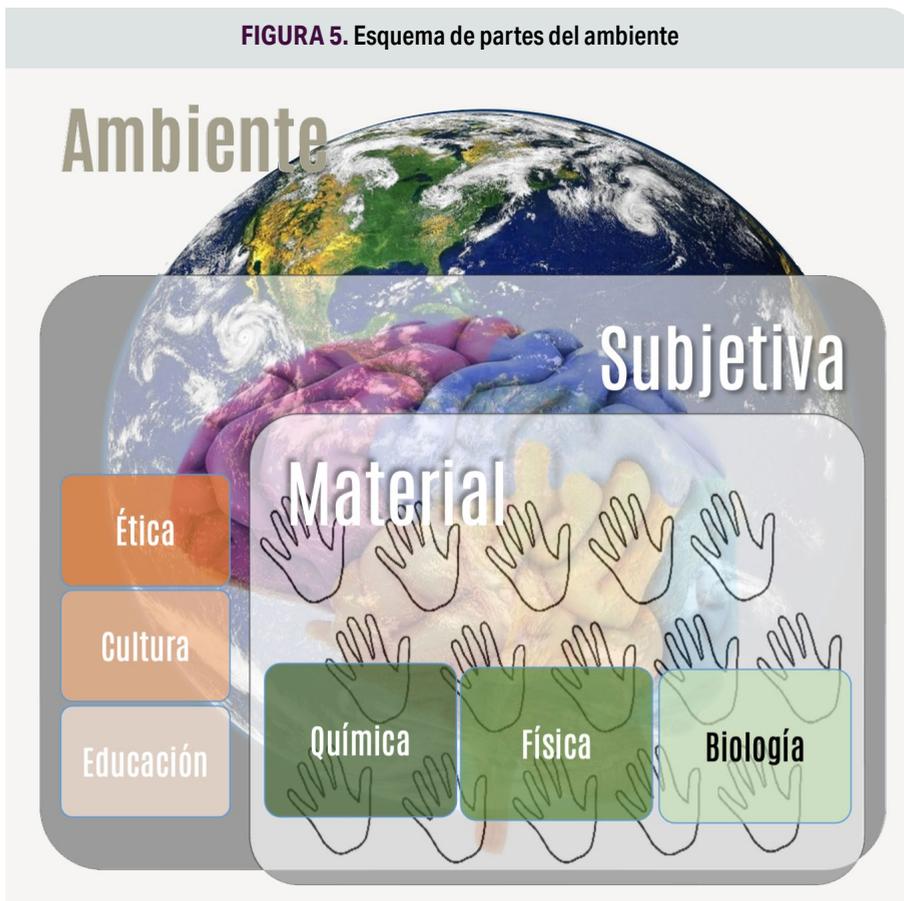
Aunque para todos los ciudadanos existe conceptualización de lo que significa la naturaleza, el término ambiente supone, dependiendo del enfoque, varias representaciones sociales (Calixto, 2008):

- a) Naturalistas
- b) Globalizantes
- c) Antropocéntricas
 - Culturales
 - Utilitarias
 - Pactadas

Lo anterior implica procesos mentales orientados a diferentes conceptos. Mientras para los naturalistas el agua es el centro y permite a los educandos explicar problemas, para los globalizantes el planeta está en el centro y no plantea una racionalidad productiva. Finalmente, para los antropocentristas la educación, los seres y la contaminación son el centro de sus representaciones respectivas. Un análisis del mismo autor en 2013, realizado con profesores de Brasil y México (Calixto, 2013), indica que en los profesores estudiados predominan las representaciones antropocéntricas y naturalistas, para concluir que “el medio ambiente es un producto social que refleja el sentido que las personas le proporcionan en un momento específico” (p. 16).

En el caso de las ingenierías y ciencias exactas, el ambiente es un sinónimo de la naturaleza y por lo tanto es un objeto de estudio transversal, que abarca las ciencias naturales y ciencias sociales y para relacionarlas existen los estudios de los procesos (sociales, materiales). Sin embargo, la definición del ambiente para partir de un “caso base” no se contrapone ya que en todo caso el ambiente también contiene al investigador, por lo que el estudio de un ente mayor, afectado por el estudioso, terminará afectándolo también.

FIGURA 5. Esquema de partes del ambiente



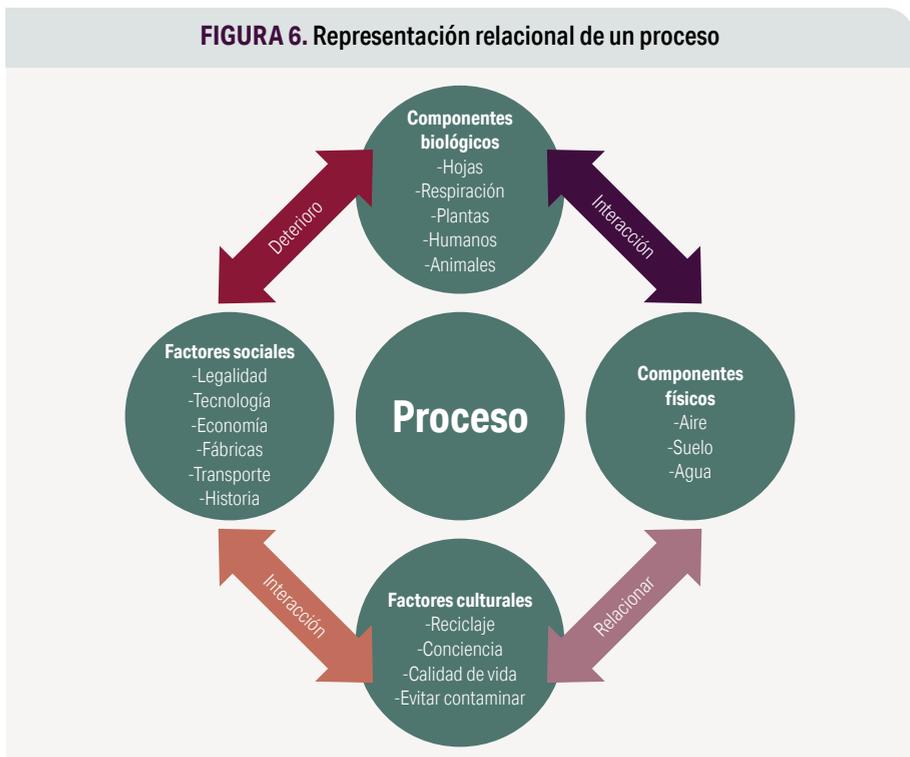
FUENTE: Elaboración propia.

Entre la parte subjetiva y la parte material se encuentran los procesos, y cada proceso requiere de energía y personas. Ahí es donde se une la sociedad con el ambiente y se hace evidente la necesidad de implementar políticas y prácticas que fomenten la descarbonización de la economía y promuevan el uso responsable de los recursos. La educación ambiental desempeña un papel fundamental en este proceso, ya que empodera a las personas con el conocimiento necesario para tomar decisiones informadas y adoptar prácticas sostenibles en su vida diaria.

Efectos sociales

De acuerdo con Fernández y Bocco (2003), al inicio del siglo XXI en México la participación social se incluye bajo la organización de instancias gubernamentales. Por su parte, la Organización de las Naciones Unidas lanzó en 2015 el programa Objetivos de Desarrollo Sostenible (ONU, 2015), donde concluye que la visión colectiva debe tener metas medibles: “erradicar la pobreza, mejorar las condiciones de vida de la población y lograr la rápida transición a una economía baja en emisiones de carbono y resiliente al cambio climático”.

Los participantes en los procesos que generan los satisfactores cotidianos somos los propios beneficiados. Una forma esquemática de estos procesos la ha representado Villalba (2022) de una manera práctica para un caso de estudio en Latinoamérica. En la Figura 6 se puede ver la representación relacional de un proceso en general.



FUENTE: Elaboración propia.

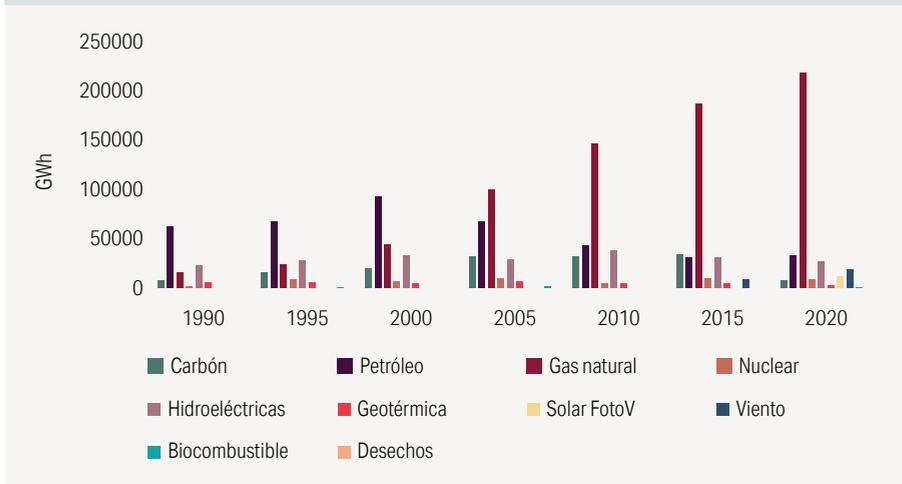
Procesos emisores y su probable descarbonización

A cada transformación de un objeto de la naturaleza, que interviene una persona, se le denomina proceso. Y todos los procesos tienen ingreso y salida de materia y energía. Inclusive en un proceso social, existe en un tiempo T_{inicial} un ingreso de personas, y en un tiempo posterior T_{final} un egreso de personas. Entre el T_{final} y el T_{inicial} ocurre una transferencia de energía necesariamente si algo ha sido modificado. Si algo (una roca) no es modificado en un intervalo de tiempo no requiere energía. Si algo (de la naturaleza) es modificado en un intervalo de tiempo sí requiere energía.

De esta forma podemos establecer el concepto de energía como un modificador de la naturaleza. La rapidez con la que la modifica se le conoce como potencia. Una modificación en menor tiempo significa una mayor potencia, por lo que se entiende que esta última es la aplicación de energía entre un periodo de tiempo, eso es un cociente: energía entre tiempo. Tiempos mayores para un mismo proceso implica menos potencia.

En el caso mexicano, podemos analizar de dónde se obtiene la energía con los reportes oficiales del Balance Nacional de Energía (Sener, 2021), y de manera internacional, se presentan y comparan los datos con otros países por la Agencia Internacional de Energía (IEA, 2022). En la Figura 7 puede verse cómo se ha transformado la energía en México desde 1990 hasta 2020. La mayor parte de esta se obtiene por quema de gas natural, aproximadamente 217 823 GWh anualmente.

FIGURA 7. Generación de energía en México por tipo de fuente



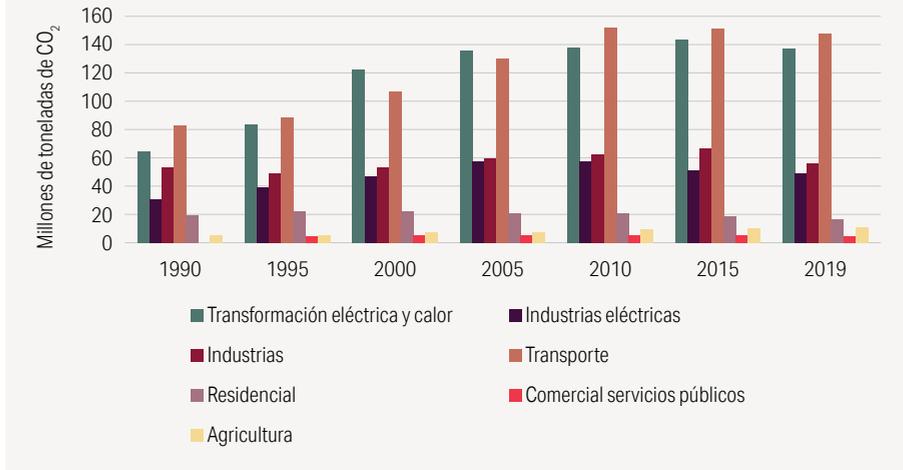
FUENTE: Elaboración propia con datos de la Agencia Internacional de Energía (IEA, 2022).

La forma de transformar la energía implica que una materia (por ejemplo el gas natural) cambia en otra materia (CO_2) y transfiere calor (que se usa para mover transformadores eléctricos). En este capítulo se usará el CO_2 como indicador de afectación al ambiente, ya que su presencia es proporcional a la transformación de la materia.

El uso de la energía permite generar productos (alimentos por ejemplo) y servicios (transporte de alimentos como ejemplo asociado) para el uso de las personas. Incluso la cocción de alimentos cotidianos implica ingreso de materia (carnes, verduras, sales, leña) y salida de productos (calor, alimento cocinado, cenizas, emisiones).

Lamentablemente no hay forma de realizar una transformación sin la emisión de contaminantes de los procesos que generan los satisfactores sociales. En el caso mexicano, con datos de la misma fuente (IEA, 2022) se puede identificar a los mayores emisores de CO_2 por la transformación de la energía necesaria para proveer de satisfactores a los habitantes en México (Figura 8).

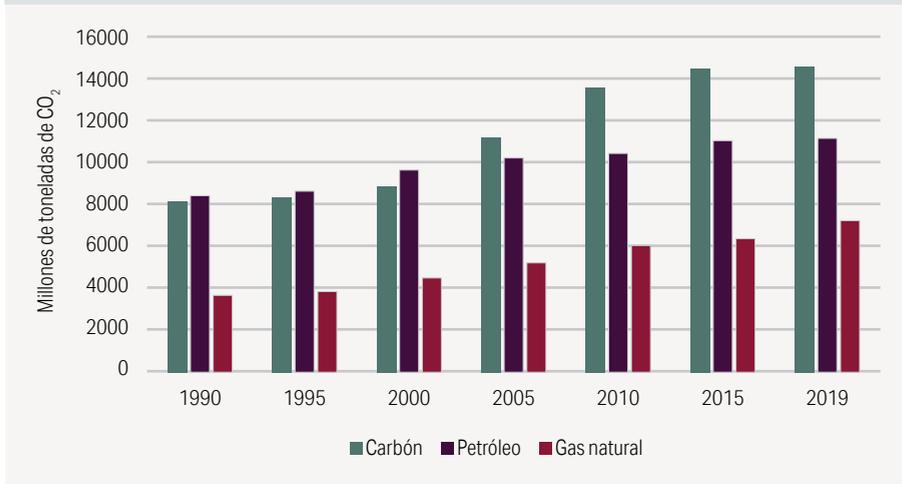
FIGURA 8. Emisiones de CO₂ en millones de toneladas anuales en México



FUENTE: Elaboración propia con datos de la Agencia Internacional de Energía (IEA, 2022).

Resulta evidente que el transporte y el suministro eléctrico son los mayores emisores de CO₂ en México. A la reducción de emisiones de dióxido de carbono se le conoce como descarbonización, usado el término desde el principio del siglo XXI como reto para transformar la energía con fuentes que no sean de origen fósil (Ausubel, 2003). Este reto es global, ya que si analizamos las emisiones de los combustibles fósiles se nota un incremento anual, donde la quema de carbón mineral para transformarlo en electricidad emitió en 2019 más de 14 000 millones de toneladas de dióxido de carbono. Este dato puede observarse con datos globales desde 1990 en la Figura 9.

FIGURA 9. Emisiones mundiales de CO₂ por fuente de combustible



FUENTE: Elaboración propia con datos de la Agencia Internacional de Energía (IEA, 2022)

Algo deseable, y planteado desde finales del siglo XX, ha sido la descarbonización en los sectores.

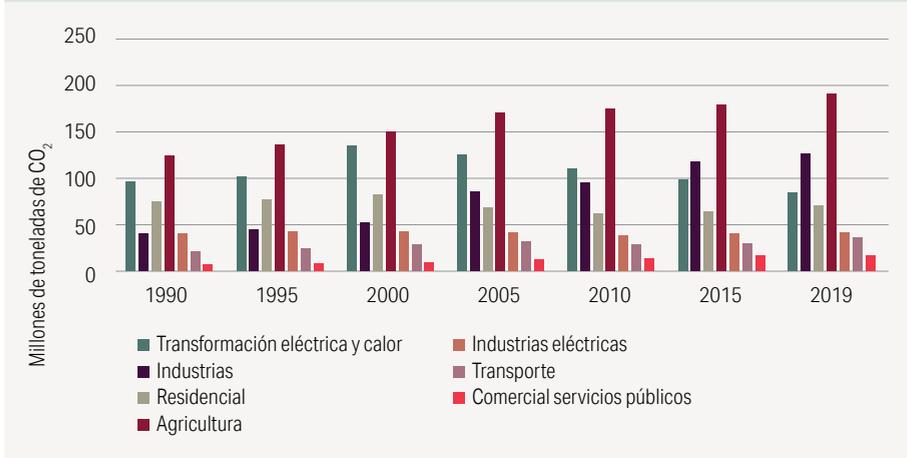
Indicadores de interés

Indicadores ambientales

Cuando deseamos realizar una comparación entre países o regiones, existe un reto ya que no tienen idéntico número de personas y sus actividades son diferentes. Si se desea comparar a México con sus dos principales socios comerciales, Estados Unidos de América y Canadá, se pueden observar cantidades diferentes de emisiones en sus sectores.

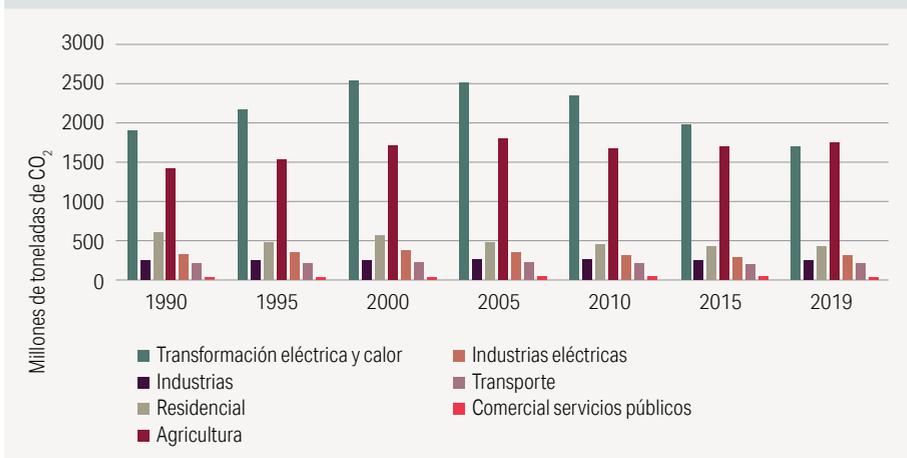
En la Figura 10 se observa para Canadá que el mayor contribuyente de emisiones de CO₂ es el transporte, seguido de la generación de electricidad. De forma similar, en la Figura 11 se observa para Estados Unidos de América al sector transporte y al sector de transformación eléctrica como los mayores emisores.

FIGURA 10. Emisiones de CO₂ en millones de toneladas anuales en Canadá



FUENTE: Elaboración propia con datos de la Agencia Internacional de Energía (IEA, 2022).

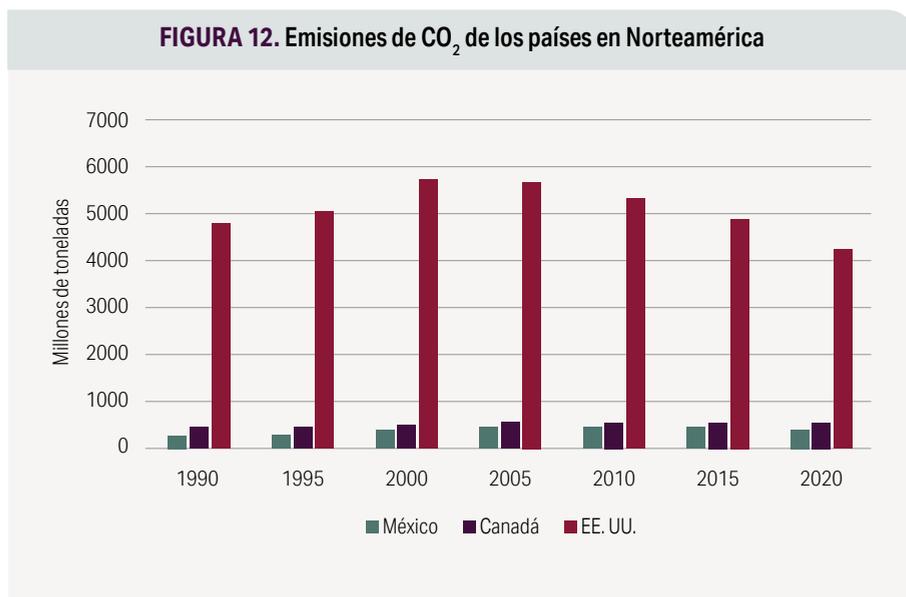
FIGURA 11. Emisiones de CO₂ en millones de toneladas anuales en Estados Unidos de América



FUENTE: Elaboración propia con datos de la Agencia Internacional de Energía (IEA, 2022).

Si es claro con los datos que los sectores más emisores de CO₂ son el transporte y la transformación eléctrica, también es claro que los usuarios son la sociedad en su conjunto. Sin embargo, cuando cuantificamos el total de emisiones

por país, encontramos diferencias significativas. En la Figura 12 se muestran las emisiones de CO₂ de los tres países de Norteamérica de 1990 al año 2020. Aunque es clara la disminución de emisiones de Estados Unidos de América del año 2000 a la fecha, sigue siendo un orden de magnitud mayor que las emisiones de sus vecinos.



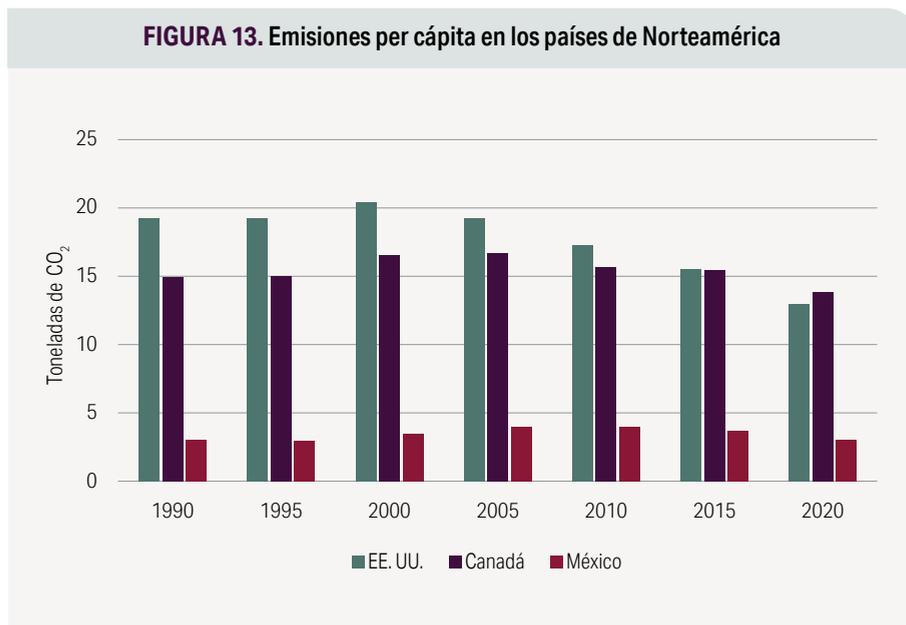
FUENTE: Elaboración propia con datos de la Agencia Internacional de Energía (IEA, 2022).

En este sentido, resulta esencial abordar la eficiencia energética como un factor determinante para la reducción de emisiones. El desarrollo tecnológico ha permitido la creación de alternativas más limpias en la generación de energía, como el ciclo combinado. Aunque esta tecnología ha demostrado ser más eficiente, aún es necesario continuar avanzando hacia fuentes de energía más sostenibles que minimicen el uso de combustibles fósiles y, por ende, las emisiones asociadas.

Indicadores sociales

Cuando recordamos que las emisiones son generadas por la población, la idea de usar un cociente de emisiones entre el número de personas aparece como un

indicador natural de las actividades energéticas y emisiones de los países. En la Figura 13 podemos observar que en México las emisiones de CO₂ por cada persona son inferiores a las cuatro toneladas anuales.



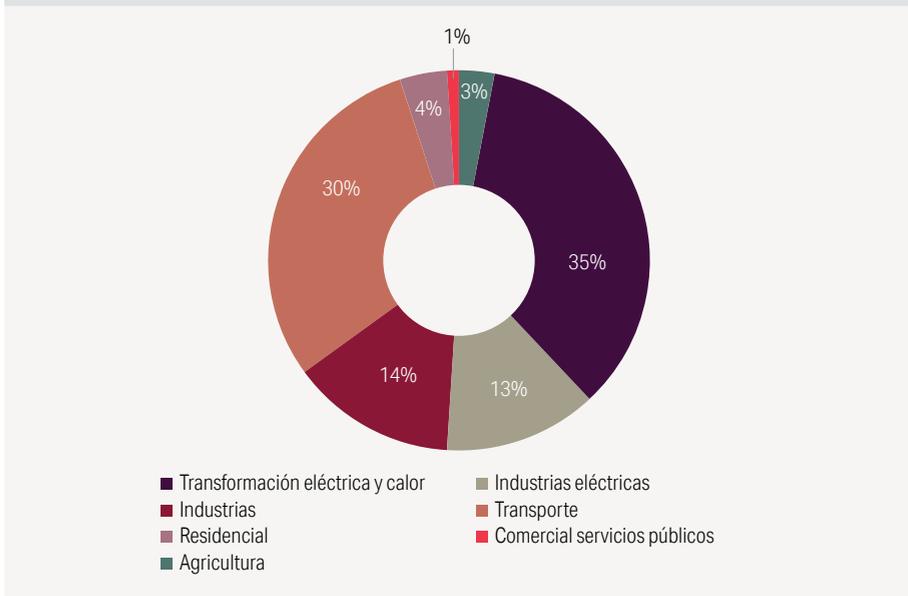
FUENTE: Elaboración propia con datos de la Agencia Internacional de Energía (IEA, 2022).

Oportunidades hacia la descarbonización

Diagnóstico macro

A partir de los datos mostrados, será claro para el lector que existen oportunidades para disminuir las emisiones de carbón asociadas a la producción de satisfactores o productos. Podemos recuperar de la Figura 8 el valor de emisiones generadas por la agricultura en el último año reportado (3 %) y representarlo relativamente en la Figura 14. Este valor tiene una gran relevancia en términos de la alimentación, ya que el sector no representa un riesgo para la seguridad alimentaria. Sin embargo, resaltan el 30 % del sector transporte y el 35 % del sector de la transformación eléctrica.

FIGURA 14. Emisiones de CO₂ relativas por sector en México 2020



FUENTE: Elaboración propia con datos de la Agencia Internacional de Energía (IEA, 2022).

Factores a entender

Después de identificar las fuentes de mayores emisiones relativas y que evidentemente son utilizadas por toda la población, vale la pena preguntarse: ¿qué experiencias exitosas se han reportado para lograr una descarbonización?

Desde el inicio del siglo XXI varios académicos señalaron que en el transporte podría crecer la compra de vehículos, independientemente del conocimiento y saberes asociados a la contaminación emitida, relacionada con el transporte de personas y productos por aire, mar y tierra (Colville et al., 2001). Sin embargo, aun sabiendo el impacto no se ha dejado de enviar materia de un lugar a otro. Entre esa materia hay alimentos, medicamentos, materiales de construcción, publicaciones y personal de diferentes profesiones (agricultores, médicos, ministros de culto, educadores, servidores públicos, servidores sociales y los propios transportistas).

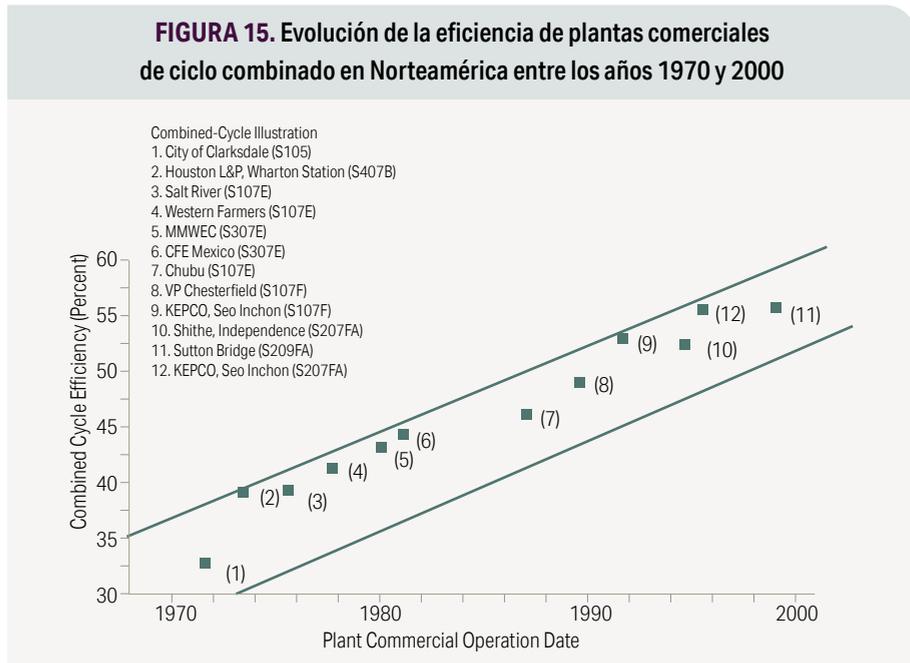
El siguiente elemento de atención es la generación eléctrica, que presenta una lamentable independencia del usuario final en México. El usuario final,

al conectarse (a un contacto doméstico), no puede elegir la fuente de donde la proveedora de electricidad le envía la corriente eléctrica.

Decisiones nacionales basadas en capital humano

La tecnología, producto de los esfuerzos sociales y específicamente de pensadores brillantes, ha contribuido a generar ideas que incrementan la eficiencia de la transformación de la energía. Es decir, la tecnología ha aumentado la cantidad de energía que se transforma a partir del calor que se genera por combustión de una materia. En particular, en estos días la que presenta la mayor eficiencia es el ciclo combinado y desde el inicio del siglo XXI se ha utilizado para suministrar la energía que demanda la sociedad. Sin embargo, aunque es la que presenta mayor eficiencia, aún depende de combustible fósil, utiliza gas natural y en el caso mexicano es cercana al 45 % (Chase, 2001). En la Figura 15 se puede observar que la eficiencia se ha incrementado con el paso del tiempo, iniciando en la década de los 70 cercana a 30 % y reportando en el año 2000 valores cercanos a 55 %.

FIGURA 15. Evolución de la eficiencia de plantas comerciales de ciclo combinado en Norteamérica entre los años 1970 y 2000

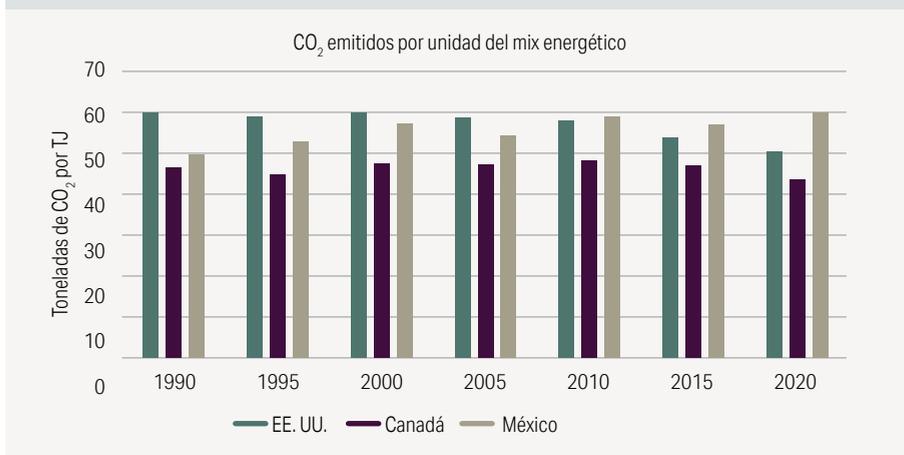


FUENTE: Tomado de la literatura especializada (Chase, 2001).

Este avance de la tecnología beneficia a todos los países, ya que presenta un beneficio, en este caso en la generación de energía con mayor eficiencia, como puede observarse cuando se emplea en otros países. En este sentido, la Figura 16 muestra que comparativamente se emiten entre 40 y 60 toneladas de CO₂ por cada terajoule³ que provee el sector energético en los países de Norteamérica. Esto se traduce a la sociedad con la siguiente expresión: “la forma en que se transforma la energía en Norteamérica tiene eficiencias similares”. En esta figura se puede observar en la barra que corresponde a Estados Unidos de América que pasó de 1990 a 2020 de una intensidad energética de 60 unidades a 50, representando una reducción de 16 % en sus procesos de generación de energía. Sin embargo, en 1990 había en EE. UU. 249 millones de ciudadanos, mientras que en 2020 fueron 329 millones (World Bank, 2022).

3 Nota del autor: un terajoule equivale a 277 777 kWh o 1851 servicios básicos de la CFE. Un kWh es la unidad de servicio medido en México, donde el consumo de 0 a 150 kWh corresponde a una tarifa bimestral de servicio básico y tiene un costo en el centro del país de \$0.877 MXN por cada kWh (131 pesos por 150 kWh). Para consumos superiores, desde 151 hasta 280 kWh, la tarifa bimestral tiene el concepto de servicio intermedio que corresponde a una tarifa bimestral de servicio básico y tiene un costo en el centro del país de \$0.877 MXN por cada kWh (131 pesos por 150 kWh). Para consumos superiores desde 151 hasta 280 kWh, la tarifa bimestral tiene el concepto de servicio intermedio con costo de \$1.067 MXN (138.71 pesos por 130 kWh adicionales al servicio básico). Consumos superiores a 280 kWh corresponden a tarifas bimestrales en concepto excedente con costo de \$3.115 MXN por cada kWh.

FIGURA 16. Intensidad de emisión de CO₂ para los países de Norteamérica de 1990 a 2020



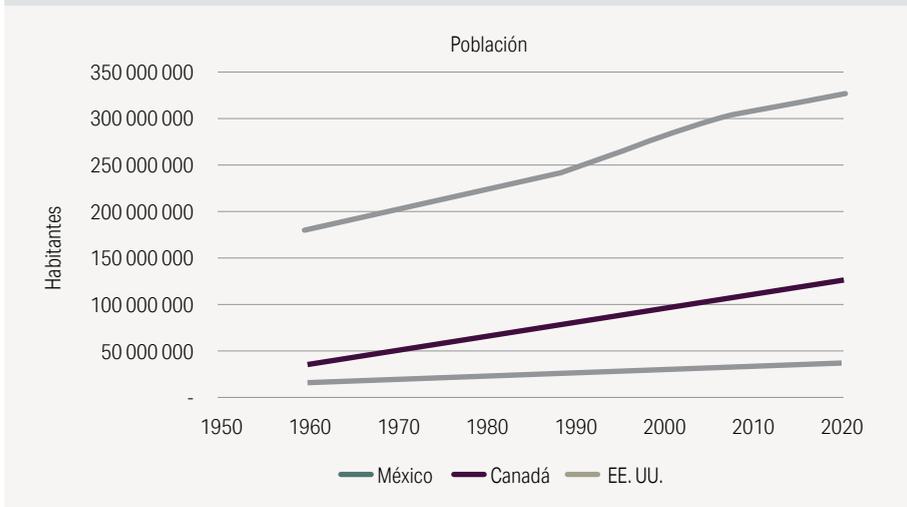
FUENTE: Elaboración propia con datos de la Agencia Internacional de Energía (IEA, 2022).

La tecnología sin duda avanza y genera los productos que demanda la sociedad con menores emisiones conforme avanzan los años (ver Figura 12). Aunque la tecnología en los tres países genera emisiones similares, las personas y actividades en Estados Unidos de América emiten mayor cantidad de CO₂.

Afectaciones temporales

El crecimiento de la población y las actividades demuestran ser la variable que afecta al ambiente. En el caso de los países de Norteamérica se notan diferentes variaciones (tasa o pendiente) del incremento de población anual, graficados en la Figura 16. Los incrementos de habitantes anuales promedio para Estados Unidos de América fueron de 2 535 453, para México de 1 535 071 y para Canadá de 327 899.

FIGURA 17. Población de los países de Norteamérica de 1950 a 2020



FUENTE: Elaboración propia con datos del Banco Mundial (World Bank, 2022).

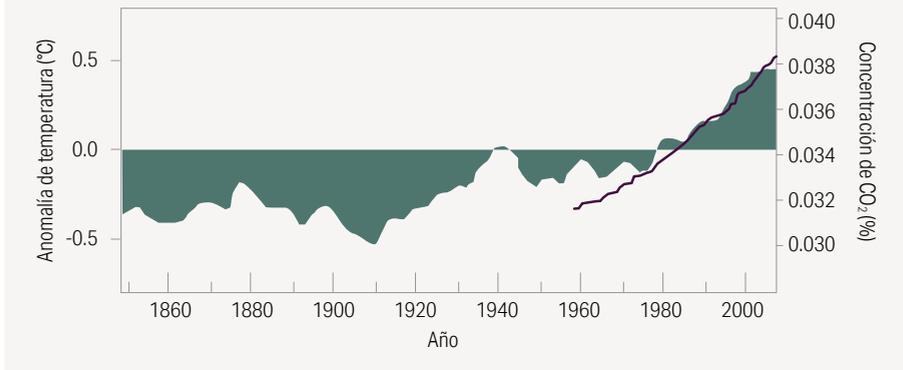
El aumento de la población requiere mayores satisfactores, por lo que se han generado instalaciones para cubrir esas demandas de productos y servicios. La transformación de productos implica emisiones que se vierten al planeta y que no solo afectan localmente (Diallo et al., 2017).

Se nota la importancia de considerar el crecimiento poblacional al abordar las emisiones de CO_2 . A medida que la población aumenta, también lo hacen las necesidades y demandas de productos y servicios, lo que impacta directamente en la generación de emisiones. La eficiencia tecnológica, por lo tanto, debe ir acompañada de estrategias que promuevan el consumo responsable y la toma de decisiones conscientes para minimizar la huella de carbono per cápita.

El uso de indicadores per cápita es esencial para comprender el verdadero impacto individual en las emisiones de CO_2 . Aunque México presenta emisiones per cápita relativamente bajas, se debe tener en cuenta que todas las acciones individuales contribuyen a la carga total de CO_2 en la atmósfera.

Se ha correlacionado la concentración de CO_2 con la anomalía (aumento) de la temperatura global promedio desde que se definió el concepto de calentamiento global, notando que los datos de 1980 a 2021 presentan concentraciones superiores a 0.03 %, equivalentes a 300 partes por millón (ppm), como puede verse en la Figura 18.

FIGURA 18. Anomalía de temperatura en centígrados de 1860 a 2000 y concentración de CO₂ de 1961 a 2000



FUENTE: Tomado de la literatura especializada (Caballero y Ortega, 2007).

Conclusiones

El ambiente es un espacio físico donde conviven seres que pueden comunicarse y generar convivencias que les permiten coexistir. Los satisfactores que se requieren en las comunidades no necesariamente son locales y obligan a que exista el transporte de los mismos. Esta acción de dependencia de satisfactores de distancias mayores a las que puede recorrer a pie un ciudadano obliga a la emisión de contaminantes. La fabricación de los elementos que forman parte de un medio de transporte genera emisiones de CO₂ necesariamente en los procesos de manufactura. La manufactura requiere de energía para lograr generar los satisfactores que la sociedad requiere y la forma en que los produce demanda de empresas transformadoras de electricidad para su operación.

La generación de productos produce empleos, los empleos otorgan riqueza local, la riqueza local promueve el consumo, el consumo a su vez vuelve a generar riqueza por el incremento de ventas y la nueva necesidad de productos, por lo que se regresa al inicio con la creación de productos. De esta forma, los productos que se adquieren han emitido CO₂, por lo que mientras exista la generación de estos la cantidad de CO₂ por persona ha aumentado de 1990 con un valor de 3.88 toneladas por persona por año, a 2019 con un valor de 4.39 toneladas anuales. Sin embargo, en esta variación que podría parecer solo el

13 %, las emisiones de 1990 correspondieron a 5263 millones de personas, pero las emisiones en 2019 corresponden a 7770 millones de personas.

En términos absolutos, en 1990 emitimos 20 511 millones de toneladas de CO₂ y en 2019 fueron 33 621 millones de toneladas de CO₂, que significa 63.9 % más emisiones. Este incremento es causado por el crecimiento poblacional y las actividades que generan todos sus satisfactores.

Los datos hacen evidente la interdependencia entre el ambiente y la sociedad: El texto reconoce la relación simbiótica entre el ambiente y la sociedad, donde ambos elementos se influyen mutuamente. Esta comprensión favorece una visión integrada para abordar la descarbonización.

Potencial de lectura y educación: La mayoría de la población en México tiene la capacidad de leer, lo que representa una oportunidad para transmitir conocimientos y conciencia sobre temas ambientales. La educación puede ser una herramienta clave para promover prácticas sostenibles hacia la descarbonización en México.

Reconocimiento de la importancia de la educación ambiental: Aunque hay retos en el sistema educativo en México, se valora la relevancia de incluir la educación ambiental en la enseñanza. Esto abre oportunidades para mejorar la comprensión y participación ciudadana en temas ambientales y de sostenibilidad.

Potencial de profesionales y especialistas: México cuenta con una cantidad considerable de profesionales con formación universitaria que podrían contribuir a la descarbonización. Aunque no todos están especializados en ciencias naturales o educación, su participación puede ser valiosa en el desarrollo de soluciones sostenibles.

Aunque México tiene una gran dependencia de fuentes de energía fósil —como el gas natural— para la generación de energía y el consumo en el transporte, representan un desafío significativo en la descarbonización del país. La falta de una transición rápida hacia fuentes de energía renovable limita los esfuerzos para reducir las emisiones de carbono sin un cambio de la infraestructura existente.

En conclusión, el análisis de las emisiones de CO₂ y su relación con la sociedad y el ambiente en Norteamérica resalta la importancia de abordar el problema desde múltiples perspectivas. La eficiencia tecnológica, la educación ambiental y la adopción de prácticas sostenibles son elementos esenciales para enfrentar el desafío de reducir las emisiones y promover un futuro más limpio y sostenible para las generaciones venideras.

Referencias

- Aliste, E. y Urquiza, A. (2010). *Medio ambiente y sociedad: conceptos, metodologías y experiencias de las ciencias sociales y humanas*. RIL editores.
- Amigón, E. T. y Gaudiano, É. G. (2009). Representación y medio ambiente en la educación básica en México. *Trayectorias*, 11(28), 58-81.
- Ausubel, J. H. (2003). Decarbonization: The next 100 years. *Alvin M. Weinberg Lecture*. Oak Ridge National Laboratory.
- Caballero, M., Lozano, S. y Ortega, B. (2007). Efecto invernadero, calentamiento global y cambio climático: una perspectiva desde las ciencias de la tierra. *Revista digital universitaria*, 8(10), 1-12.
- Calixto, R. (2008). Representaciones sociales del medio ambiente. *Perfiles educativos*, 30(120), 33-62.
- Calixto, R. (2013). Investigaciones de las representaciones sociales del medio ambiente en Brasil y México. *Actualidades investigativas en Educación*, 13(1), 292-312.
- Chase, D. L. (2001). Combined-cycle development evolution and future. *GE Power Systems, GER-4206*, 5-6.
- Colville, R. N., Hutchinson, E. J., Mindell, J. S. y Warren, R. F. (2001). The transport sector as a source of air pollution. *Atmospheric environment*, 35(9), 1537-1565.
- Diallo, M., Legras, B., Ray, E., Engel, A. y Añel, J. A. (2017). Global distribution of CO₂ in the upper troposphere and stratosphere. *Atmospheric chemistry and physics*, 17(6), 3861-3878.
- Fernández, G. N. y Bocco, G. (2003). El ordenamiento ecológico comunitario: una alternativa de planeación participativa en el contexto de la política ambiental de México. *Gaceta ecológica*, (68), 9-22.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2022). *Analfabetismo*. <https://cuentame.inegi.org.mx/poblacion/analfabeta.aspx>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2022). *Años de escolaridad (promedio)*. <https://www.inegi.org.mx/app/indicadores/?ind=6207046243&tm=8>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2022). *Características educativas de la población*. https://www.inegi.org.mx/temas/educacion/#Informacion_general

- International Energy Agency. (2022). *Data and statistics, Data tools*. <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-browser?country=MEXICO&fuel=Energy%20supply&indicator=ElecGenByFuel>
- Martell, L. (1994). *Ecology and Society*. An introduction. Polity Press.
- Márquez, M. A. (2010). El post estructuralismo como punto de intersección entre medio ambiente y sociedad. *Civilizar: Ciencias Sociales y Humanas*, 10(19), 15-22.
- Méndez Francisco, L. (2007). Globalización y medio ambiente. *Revista Inafo-cam*, 1(enero), 23-41.
- Narro, J. y Moctezuma, D. (2013). Analfabetismo en México: una deuda social. *Realidad, Datos, y Espacio: Revista Internacional de Estadística y Geografía*, 3, 5-17.
- Oltra, C. (2005). Modernización ecológica y sociedad del riesgo: hacia un análisis de las relaciones entre ciencia, medio ambiente y sociedad. *Papers: revista de sociología*, 133-149.
- Organización de las Naciones Unidas. (2015), *Memoria del Secretario General sobre la labor de la Organización*. UN Official documents.
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2021). *Informe de Seguimiento de la Educación en el Mundo 2021/2022. Los actores no estatales: ¿Quién elige? ¿Quién pierde?* Unesco.
- Peza, G. y Rosa. N. (2020). Capítulo “Las creencias y actitudes de educación ambiental en los alumnos de secundaria, elementos para la reflexión”, del libro *Educación para un Nuevo Mundo*, 2021. REDIPE.
- Secretaría de Energía. (2021). *Balance Nacional de Energía 2020*. Sener.
- Universidad del Valle de México. (2019). *Encuesta Nacional de Egresados: un estudio para contribuir a la mejora de la Educación Superior en México*. Universidad del Valle de México.
- Universidad del Valle de México. (2020). *Encuesta Nacional de Egresados: un estudio para contribuir a la mejora de la Educación Superior en México*. Universidad del Valle de México.
- Villalba, J. S. R. (2022). Representaciones y modelos del ambiente en relación al efecto socio ambiental de las curtiembres en San Benito. *Bio-grafía*, 15(28).
- World Bank (2022), *Population, total-United States*. <https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.TOTL?locations=US>

PARTE III

APROXIMACIONES A GRUPOS SOCIALES DESDE LA ACADEMIA

CAPÍTULO 9

Proyectos de intervención comunitaria con enfoque ambiental. Una aproximación al análisis del trabajo de campo

Celina Alvarado Gamiño¹

Resumen

Este documento contiene la revisión general de las etapas más representativas del proceso de realización de un proyecto de intervención comunitaria, por parte de las organizaciones de la sociedad civil, en particular de las medianas y pequeñas; de los problemas a los que se enfrentan en cada una de estas etapas, desde que se inicia la planeación de cualquier trabajo comunitario, pasando por los momentos en que se lleva a cabo la recolección de la información necesaria, la implementación del proyecto y el trabajo de campo, hasta la evaluación de resultados. Tam-

¹ Aqua 21. Correo: celina.alvarado.aqua21@gmail.com

bién se describen los problemas habituales de falta de recursos financieros, los apoyos frecuentes y el trabajo voluntario. Además, se detallan algunas de las dificultades usuales que se presentan con los promotores voluntarios, así como con los beneficiarios de algún proyecto, al trabajar comunitariamente, y las particularidades cuando se trata de proyectos ambientales. Finalmente, se hace un breve recuento de los retos y las conclusiones derivadas del contenido del texto, así como de la experiencia académica y de trabajo comunitario.

Palabras clave: Proyectos de intervención comunitaria; organizaciones de la sociedad civil; trabajo comunitario; proyectos ambientales.

Abstract

This document contains a general review of the most representative stages of the process of carrying out a community intervention project, by civil society organizations, particularly medium and small ones; of the problems they face in each of these stages, from the beginning of the planning of any community work, passing through the moments in which the necessary information is collected, the implementation of the project, the work field, until, at the end, the evaluation of results is carried out. Common problems such as lack of financial resources are described, as well as frequent supports, such as volunteer work. Some of the common difficulties that arise with volunteer promoters, as well as with the beneficiaries of some project, when working in a community, and the particularities when it comes to environmental projects are detailed. Finally, a brief account is made of the challenges and conclusions derived from the content of the text, as well as from the academic and community work experience.

Keywords: Community intervention projects; civil society organizations; community work; environmental projects.

Introducción

Hablar de intervención comunitaria, de proyectos comunitarios y del trabajo en zonas de escasos recursos en Ciudad Juárez, en estos tiempos, es hablar de un número considerable de organizaciones de la sociedad civil (OSC), del trabajo de diferentes instancias gubernamentales e instituciones educativas, además de un significativo sector de la población que es potencialmente beneficiaria, tanto directa como indirectamente de todo este trabajo y, junto con estos recursos

humanos, materiales e intelectuales, estamos hablando también de una gran cantidad de recursos económicos provenientes de fuentes diferentes.

Por todos los elementos que están involucrados, es importante analizar desde diferentes ángulos o perspectivas lo que se ha realizado hasta ahora. Tratar de identificar aciertos y desaciertos, con el objetivo de acrecentar los unos y minimizar los otros, y ser más eficientes en la solución de los problemas diversos con los que nos enfrentamos cotidianamente quienes, de alguna manera, participamos en el desarrollo de estos procesos.

Para este propósito, es necesario precisar qué es un *proyecto comunitario*, un concepto relevante para esta revisión, definido como un conjunto de actividades interrelacionadas para alcanzar objetivos, en un tiempo y espacio determinado, combinando trabajo organizado, aprovechamiento de recursos y coordinación de esfuerzos, de modo que sus efectos permanezcan en el tiempo y modifiquen una situación que afecta negativamente la vida de un grupo de personas, produciendo cambios favorables para su desarrollo (Crespo, 2013).

A esta noción habría que agregar la de proyectos *de intervención comunitaria*, que son similares a los llamados *proyectos comunitarios*, en cuanto a que requieren la participación de la comunidad para llevarse a cabo. Su diferencia estriba en que los *de intervención* no surgen directamente de una comunidad, sino que provienen de alguna institución u organización. Estos últimos, son los realizados más comúnmente en Ciudad Juárez.

De acuerdo con estas conceptualizaciones, podríamos preguntarnos si, con las actividades que se están realizando, se está logrando el objetivo general que motiva todo este trabajo; si se está dando una verdadera coordinación de esfuerzos entre organizaciones, instituciones gubernamentales y la comunidad; si las modificaciones que se realizan están permaneciendo en el tiempo, por lo menos a mediano plazo; en fin, si realmente se están produciendo cambios favorables para el desarrollo de la población objetivo de estos proyectos. De no ser así, ¿en qué se está fallando?, ¿cuál es el momento del proceso de la intervención en donde se encuentran las fallas?, ¿qué partes del proceso se requiere reforzar?, ¿la planeación?, ¿la recolección de datos?, ¿la implementación?...

El objetivo de este ensayo es llevar a cabo una revisión, un primer acercamiento al análisis, principalmente, de la labor de las OSC. Se trata de hacer una observación de las limitantes, así como de las ventajas con que cuentan estas organizaciones en su actividad cotidiana, desde la planeación de un proyecto,

la recolección de información y la implementación, hasta la evaluación de los resultados obtenidos durante todo el proceso.

Esta revisión se realiza a partir de dos elementos. Por una parte, la propia experiencia de más de diez años de trabajo en OSC implementando proyectos sobre salud y formación ambiental en zonas de escasos recursos del norponiente y del suroriente de Ciudad Juárez, Chihuahua. La actividad principal ha sido desarrollada como integrante de la organización ambientalista Aqua 21, A. C., en la cual se implementaron de uno a dos proyectos por año. Por tratarse de una organización pequeña, fue indispensable participar en todas las etapas del desarrollo de cada proyecto, desde el diseño hasta la evaluación y redacción del informe final, pasando por el establecimiento de los primeros contactos con la comunidad, el acercamiento con representantes de las instituciones pertinentes en cada caso, la realización de entrevistas, el levantamiento de encuestas y el monitoreo de todas las actividades.

Además de la experiencia mencionada, este documento también está basado en los datos recabados para la investigación *Factores que inciden en la participación en proyectos de intervención comunitaria en la colonia Juanita Luna, en Ciudad Juárez, Chihuahua: 2002-2012* (Alvarado, 2014), elaborada para la obtención de grado en El Colegio de la Frontera Norte. Para esta tesis se efectuó una encuesta entre los beneficiarios de los proyectos, titulada Encuesta a pobladores de la colonia Juanita Luna (Alvarado, 2014), así como entrevistas con actores sociales como otros implementadores, algunas promotoras y beneficiarios. Aquí se incluyen y se comentan algunos de estos resultados.

En Ciudad Juárez existe una considerable actividad organizacional a la par de los proyectos de intervención de diferentes instituciones gubernamentales y educativas. Para ilustrar con algunos datos concretos, se puede mencionar que, de acuerdo con el *Informe Anual de Resultados, 2018*, ese año se registraron en Ciudad Juárez 306 organizaciones de la sociedad civil activas y certificadas por Fortalessa² (2018b).

2 Asociación civil, originalmente llamada Centro de atención y servicio para las organizaciones de la sociedad civil de Ciudad Juárez, que surge de una alianza entre la Fundación del Empresariado Chihuahuense y el Tecnológico de Monterrey en el año 2003, con el objetivo de auxiliar a las organizaciones de la sociedad civil a realizar acciones planeadas, estructuradas y eficientes, actualmente Fortalessa, Construyendo Capacidades en las Organizaciones de la Sociedad Civil, A. C. <http://fortalessa.org.mx/nosotros/antecedentes/>

De acuerdo con la información ofrecida por esta organización, respecto a la cantidad de la población beneficiaria directa e indirectamente, las OSC de Ciudad Juárez atendieron, durante el 2016, a un total de 3 842 496 personas (Fortaleza, 2018a). Cabe aclarar aquí, que esta cantidad de beneficiarios se debe a que una cantidad menor de personas fue favorecida, en promedio, por nueve o 10 proyectos distintos, es decir, realmente el total de personas atendidas fue de entre 400 000 y 500 000, solo que, al participar cada una de ellas en nueve o 10 proyectos, la cantidad de beneficiarios aumentó significativamente. Este último dato muestra también la gran concentración de proyectos que existe en determinadas zonas de la ciudad, lo que implica, por necesidad, que otras zonas de la ciudad prácticamente no son atendidas.

Como ejemplo de esta concentración se puede comentar el caso de la colonia Juanita Luna, ubicada al norponiente de Ciudad Juárez. En el 2010, esta zona contaba con un total de 2345 habitantes. Esta población, aunque para ese año estaba catalogada con un grado de marginación alto, ya contaba con los servicios de infraestructura básicos (no obstante que surgió en 2002). De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi, 2010), en el 99.6 % de las viviendas particulares habitadas ya se contaba con luz eléctrica, en el 96.8 % con agua entubada en la vivienda y el 95.7 % ya tenían servicio de drenaje.

En los resultados de la encuesta realizada (Alvarado, 2014) se observa que la población menciona 53 diferentes programas o proyectos de los que fueron beneficiarios entre el 2002 y el 2012. Estos proyectos, impulsados por distintas organizaciones o instituciones, van desde los programas asistencialistas que no les requirieron de ninguna condición para ser beneficiarios, hasta los formativos condicionados que pretendieron crear o fortalecer los lazos comunitarios (que son los menos). Como se puede observar, es una población pequeña y recibió en esos diez años numerosas intervenciones variadas.

Si se hace referencia a los recursos humanos, es decir, la cantidad de personas involucradas trabajando en actividades comunitarias, los datos encontrados indican que hubo 15 446 voluntarios, lo que corresponde, aproximadamente, al 84 % del trabajo realizado por las OSC; 3137 personas como empleados formales y 6212 con empleos indirectos, lo cual, sumado, representa el 5.9 % del total de personas ocupadas en Ciudad Juárez en 2016³.

3 Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas, s. f. Citado en *El aporte de las Organizaciones de la Sociedad Civil (OSC). La dimensión del sector filantrópico del estado de Chihuahua* (2018). Fortaleza.

Tenemos entonces, que estamos hablando de recursos materiales e intelectuales, además de una gran cantidad de recursos económicos provenientes de diferentes fuentes. Estas pueden ser fundaciones nacionales o internacionales, donaciones de particulares, tanto empresariales como individuales, ingresos propios de las mismas asociaciones, ya sea a través de las cuotas provenientes de los consejos o de recuperaciones por los servicios realizados. Asimismo, están los recursos provenientes del sector público que, de acuerdo con los datos de Fortalecía (2018b), por cada \$10.00 de los ingresos que tienen las OSC de Ciudad Juárez, \$1.48 provienen del sector público.

Para tratar de identificar los diferentes problemas que se presentan a través del proceso de realización del trabajo comunitario, es conveniente hacer una revisión examinando cada una de sus fases.

Planeación

Durante cada una de las etapas del trabajo de las organizaciones, estas se enfrentan a diferentes tipos de problemas. Antes de iniciar cualquier proyecto, las principales dificultades están relacionadas con la disponibilidad de recursos económicos y de información suficiente para la planeación de cualquier intervención. Para llevar a cabo un proyecto, se requiere de algunos recursos indispensables para el logro del objetivo general propuesto. Ander-Egg y Aguilar (2005) mencionan como insumos necesarios cuatro tipos de recursos: humanos, materiales, técnicos y financieros. Si en una organización ya se cuenta con instalaciones, con equipo y preparación técnica y, además, se tiene apoyo de voluntariado (lo cual es común en muchas organizaciones), sigue faltando el recurso financiero.

Los recursos económicos son un problema usual para organizaciones pequeñas y medianas, ya que no se cuenta con ingresos suficientes para gastos fijos ni para honorarios. Cabe mencionar que, desde hace algunos años, el Gobierno estatal de Chihuahua, a través del Programa Fortalecimiento a las Organizaciones de la Sociedad Civil, ha estado otorgando recursos para gasto operativo que, aunque es un apoyo para las OSC, no es suficiente. En 2021 el recurso total otorgado fue de \$5 860 000 (cinco millones ochocientos sesenta mil pesos) distribuidos entre 142 organizaciones de diferentes localidades del estado. Este apoyo no es suficiente, ni se puede otorgar a todas, pues es necesario cumplir con determinados requisitos y someterse a la evaluación de un comité dictaminador (Junta de Asistencia Social Privada del Estado de Chihuahua, 2022).

Como ya se mostró anteriormente, gran parte del trabajo realizado es de voluntariado, lo cual es una ventaja económicamente significativa, aunque como consecuencia de la falta de recursos económicos no se puede realizar una planeación precisa (qué proyectos realizar, dónde llevarlos a cabo, por cuánto tiempo trabajar en determinado problema), pues cada proyecto depende de las convocatorias emitidas por diferentes fundaciones o instituciones y, claro está, de las condicionantes que incluyan. Esto determina, casi inevitablemente, lo que puede realizarse ya que en estas convocatorias, generalmente, ya vienen explícitas las áreas temáticas, los tiempos para las actividades, la utilización de los recursos y, en ocasiones, hasta las áreas físicas, es decir, la zona en la que se deberá trabajar.

Como se mencionó antes, otro problema frecuente durante la planeación es respecto a la información disponible para realizarla. Regularmente se cuenta con los datos generados por instituciones nacionales como el Inegi, pero para la planeación se requiere de información más precisa, específica, actualizada, sobre diversas circunstancias de ciertas zonas en particular (la calidad del agua en determinada colonia, por ejemplo), es decir, no se puede contar con los datos suficientes para lograr una planeación óptima.

Otra información faltante es, por ejemplo, cuando una OSC tiene la posibilidad de realizar un proyecto en una zona donde alguna institución gubernamental ha trabajado previamente y se desea conocer los resultados del trabajo anterior para realizar una intervención más eficaz en la misma zona, no es posible contar con dicha información ya que no existe ningún banco de datos sobre estas intervenciones y sus resultados. No se cuenta con los resultados que se hayan obtenido, los obstáculos a los que se hayan enfrentado, las fortalezas que se hayan identificado en esa área. Esta información podría servir para dar continuidad al trabajo ya realizado o para evitar que se comenten errores que pudieran haberse identificado, antes de realizar la intervención.

No existe una sistematización colectiva de las experiencias ya que cada organización realiza y entrega sus informes para quien le otorgó los recursos y en los términos que se le solicitan. Estos se efectúan de acuerdo con los objetivos de la convocatoria atendida y de la organización o fundación otorgante. Algunas fundaciones realizan informes públicos de sus resultados de manera que, cuando llegan a ser públicos, estos se encuentran diseminados entre asociaciones y fundaciones.

Ejecución-implementación-trabajo de campo

Al implementar un proyecto, una vez iniciada la fase del trabajo de campo surgen otras dificultades. Durante el proceso de ejecución de un proyecto puede surgir información novedosa o pueden modificarse las circunstancias, lo que ameritaría una reorientación del proyecto. En ocasiones se requiere de especialistas tanto del área social (sociólogos, psicólogos, comunicólogos, abogados) como de apoyos técnicos en determinadas áreas como ingenieros civiles, agrónomos, biólogos o veterinarios, por mencionar algunos. Sin embargo, una organización o asociación —sobre todo una pequeña— debe ajustarse a los recursos con los que cuenta. Es decir, aunque se requiera de un apoyo técnico para la ejecución de un trabajo, por ejemplo, un proyecto sobre los riesgos del uso de plaguicidas, lo más que puede hacerse, en ocasiones, es acudir por alguna asesoría con algún ingeniero químico, mas no es posible, aunque sea muy necesario, contratarlo para que se incorpore al equipo. Conformar equipos multidisciplinarios es algo que muy pocas veces se puede lograr.

Los recursos ya están etiquetados, tienen un destino muy específico, los tiempos están previamente determinados. En ocasiones, hasta las áreas están predeterminadas, esto puede redundar en un trabajo poco adecuado para las necesidades reales, pues se continúa el proyecto como fue determinado, aunque se observe que las actividades programadas no sean las más adecuadas para las circunstancias existentes.

Al iniciar el trabajo de campo, sobre todo en organizaciones medianas y especialmente en las pequeñas, se requiere del apoyo de integrantes de la comunidad en la que se va a realizar la intervención. Esto es, en parte por necesidad de personal (insuficiencia de recursos económicos), pero en gran medida también por método, ya que tanto la experiencia (algo casi lógico) como la literatura al respecto indican que hay más posibilidades de ingresar a una comunidad a través de quienes forman parte de esta misma.

Desde las últimas décadas del siglo pasado las organizaciones de la sociedad civil que realizan trabajo en zonas populares, en particular en proyectos relacionados con la formación de adultos o la adquisición de prácticas saludables, han adoptado algunas recomendaciones de las teorías sobre educación e investigación participativa propuestas por autores como Anton de Schutter (1983), en las cuales se recomienda acudir a los habitantes de la comunidad antes de realizar cualquier intervención.

De hecho, ha habido etapas en la historia reciente de México en que se ha promovido, desde el gobierno mismo, que se invite a participar y se tome en cuenta la opinión de los integrantes de las organizaciones comunitarias para el diagnóstico, la implementación o la evaluación de los proyectos (Sedesol e Indesol, 2015). Así que, regularmente, se acude a los líderes naturales o formales de una colectividad. Puede llegarse a ellos por recomendación de quienes conocen la zona o con el apoyo de alguna otra organización que haya trabajado antes o esté realizando alguna labor en ese momento. También se puede acudir a las instancias comunitarias tradicionales, como pueden ser los templos, las escuelas o los centros comunitarios.

En este punto, se invita a quienes deseen colaborar, algunas veces mediante un modesto apoyo económico y, muchas veces, solo como voluntarios, ofreciéndoles únicamente lo que pueden ser los estímulos propios del proyecto (algún refrigerio durante las capacitaciones, dinero para gasolina, los productos o materiales que se entregan a todos los participantes, etc.). Esto implica que, en algunas ocasiones, se puede contar con personas con cierta preparación académica, con experiencia en trabajo comunitario, con habilidad nata para el aprendizaje y realización de estas actividades, pero, la gran mayoría de las ocasiones no es así. Y, de cualquier modo, se tiene que tratar de realizar el trabajo de la mejor manera, contando con quien desea y puede apoyar. Es lógico que, en estas condiciones, con frecuencia los recursos humanos disponibles no conformen los equipos de trabajo profesionales y expertos, óptimos para la intervención comunitaria.

Un problema que se identificó como frecuente durante la investigación es lo que sucede con quienes ya han participado en diferentes organizaciones, realizando, por ejemplo, una encuesta. Eventualmente, ocurren hechos como el llenado de cuestionarios por el mismo encuestador, sin realizar el trabajo en campo, una práctica mencionada como frecuente por los participantes en la encuesta y las entrevistas realizadas. Obviamente, los resultados generados con estas formas de obtención de datos podrían no tener la más mínima cercanía con la realidad. Ante este problema, se puede optar por el monitoreo realizado al azar, que puede ser una táctica eficiente para minimizar su incidencia.

De acuerdo con los comentarios y quejas usuales recibidas a lo largo de estos años de trabajo comunitario (la experiencia), así como los comentarios recogidos para la investigación, otro problema común que suele presentarse con bastante frecuencia es que, quienes están a cargo de realizar, por ejemplo, un padrón de beneficiarios para otorgarles determinado apoyo, incluyan a sus fa-

miliares, a sus allegados, sea por amistad o pertenencia al mismo grupo político y que excluyan, por consecuencia, a sus adversarios o a quienes no son cercanos a ellos. Esto con independencia de quienes sí requieran el apoyo y califiquen para recibirlo y quienes no, lo que va directamente en detrimento de la eficiencia del proyecto.

Dejando de lado los problemas antes mencionados, que están relacionados con quienes fungen como promotores comunitarios de un proyecto y serán el apoyo para el trabajo con los beneficiarios, hay que enfrentarse a las dificultades que nacen de la misma comunidad. Una plática informativa, una capacitación, una entrega de cualquier apoyo que implique alguna explicación, se dificulta por diversas razones. En ocasiones, la falta de tiempo de las personas visitadas; otras veces puede ser la falta de disposición, los prejuicios y temores acerca de quienes realizan este tipo de actividades. Incluso, conflictos particulares que puedan tener con anterioridad algunos integrantes de la comunidad con los promotores del proyecto o que la aceptación de incorporarse solo sea para recibir algún pago o regalo de cualquier tipo.

El interés por participar es reducido cuando el beneficio potencial es el conocimiento, la información, el aprendizaje, una mejoría de la comunidad. Estas conclusiones se desprenden de los comentarios vertidos por los participantes en la encuesta. Este hecho pareciera confirmar las teorías de Olson (Guissarri, 2004) respecto a que el interés de los individuos depende del beneficio-bien personal que puedan recibir por sus participaciones. Cabe resaltar la importancia de que ese bien sea tangible e inmediato.

Este hecho se puede confirmar al examinar otras observaciones. Es común que, entre implementadores de distintas organizaciones, en reuniones de diversa índole, se compartan las experiencias y las dificultades que se enfrentan cotidianamente en el trabajo comunitario. Del intercambio de experiencias personales, entre promotores de proyectos, se deduce que este desinterés es observado con frecuencia. Esto se convierte en una dificultad para una implementación favorable de determinados proyectos, cuyo objetivo principal es educativo o formativo. Se observa que esta actitud es compartida por muchos beneficiarios y podría decirse que es generalizada, especialmente en determinadas áreas de la ciudad (zonas de escasos recursos) en las que se ha realizado una gran cantidad de actividades por parte de diferentes instituciones u organizaciones; se convierte, por decirlo de esta manera, en un *modus operandi* de la comunidad ante las organizaciones o instituciones que trabajan en la zona.

Esta es una situación de la que los mismos beneficiarios tienen consciencia, como se puede observar en estos datos sobre la colonia Juanita Luna, ubicada al norponiente de Ciudad Juárez. El 33 % opina que a la gente de esa comunidad no le gusta participar, califican a sus vecinos de “avariciosos”, “convenencieros”, “quieren todo gratis”. Señalan a la gente de la colonia como interesada, que accede a participar siempre y cuando se le otorgue algún tipo de donativo. Ellos mismos aseveran que las donaciones eran más frecuentes y variadas y han disminuido, como consecuencia de la ambición y los pleitos protagonizados por muchos de los beneficiarios. El 51 % de los participantes en la encuesta menciona que al realizarse los repartos se dan estos problemas entre la población. Otros más hablan también de la avaricia de los beneficiarios, incluso señalan el mal uso de los recursos obtenidos (Alvarado, 2014, p. 72).

Evaluación

La evaluación de un proyecto cumple una función importante para la identificación de fallas y aciertos durante el proceso. Por esa razón, sería de gran utilidad contar con los resultados de las evaluaciones generales de proyectos previos. Con las evaluaciones se pueden identificar los beneficios reales obtenidos, los aspectos a mejorar en proyectos futuros y los requerimientos. Se puede realizar un mejor control de resultados y tomar mejores decisiones (Semarnat, 2004). En tanto se desconocen los resultados obtenidos por las diferentes organizaciones e instituciones en los proyectos comunitarios realizados, no es posible una sistematización de estas experiencias, lo cual es indispensable para cualificar la intervención comunitaria. De ser posible la sistematización, como menciona Jara (1994), se posibilitaría “tener una comprensión más profunda de las experiencias que realizamos, con el fin de mejorar nuestra propia práctica” (p. 30).

Respecto a las evaluaciones, es pertinente hacer algunas puntualizaciones. Es necesario hacer una diferenciación entre los tipos de intervenciones que pueden realizarse. Por un lado, existen muchos proyectos que son netamente coyunturales, no son duraderos ni requieren de profundas evaluaciones posteriores en la comunidad porque, desde su origen, son creados para cubrir necesidades circunstanciales muy específicas, pero, la mayoría no son así. Estos pueden ser los que se llevan a cabo como respuesta ante una contingencia o un problema circunstancial o una situación coyuntural. En estos casos, la evaluación consiste, generalmente, en una relación del material o recurso distribuido,

la zona en donde se trabajó, comentarios de beneficiarios y cantidad de personas atendidas, entre otros datos.

Ahora bien, si se realizó una intervención de tipo educativa, en la evaluación del proyecto se pueden ofrecer, además de los datos ya mencionados, evaluaciones pre y post sobre adquisición y/o aumento de conocimientos, cambio de percepciones, distribución de materiales educativos y otras similares. En estos casos se requeriría también evaluar a mediano y a largo plazo. El problema estriba en que no hay evaluaciones de seguimiento o de impacto posteriores a mediano, mucho menos, a largo plazo, lo cual impide que se pueda conocer si el cambio de conocimientos o de percepción observado, al finalizar un taller o la intervención completa, se convirtió en un cambio de actitud y de comportamiento respecto al tema en cuestión. Esto es porque, normalmente, no se otorgan recursos para la realización de evaluaciones de impacto y, como las organizaciones no cuentan con estos, el trabajo se queda sin esta información.

Este tipo de evaluaciones, las de impacto, son indispensables para la cualificación de la metodología del trabajo comunitario, como menciona Torgerson (1992), a los implementadores estas revisiones nos podrían dar a conocer intereses y necesidades desconocidas o no manifestadas con anterioridad por los beneficiarios, lo cual ayudaría a modificar las intervenciones con el fin de lograr impactos más significativos.

Una evaluación general completa tendría que incluir tanto los resultados inmediatos como el impacto generado a la comunidad para mejorar una planeación posterior y poder valorar los cambios en diferentes aspectos de la realidad de esa población, en lo social, lo institucional, lo económico, lo político y lo ambiental (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, INTA, 2010).

Proyectos sobre ambiente

Los proyectos o intervenciones comunitarias en las cuales se enfatiza la importancia de la relación ambiente-sociedad tienen altas posibilidades de ser eficientes. Si se logra transmitir a una comunidad no solo el hecho de que la sociedad es una unidad con el ambiente que la rodea, sino también se consigue ejemplificar las formas, en ocasiones bastante sencillas, en que se puede proteger ese ambiente, existen más probabilidades de que se tome conciencia y de que se lleven a cabo cambios en las prácticas cotidianas de las personas de esa comunidad.

Los temas o problemas concernientes al ambiente están directamente relacionados con la toma de conciencia y con el cambio de determinados hábitos. En la implementación de un proyecto sobre los riesgos para la salud por el uso de plaguicidas, se incluye, por su estrecha relación, un apartado sobre el daño que estos causan al ambiente. Lo mismo ocurre con una intervención cuyo objetivo principal es mostrar las formas de desinfección del agua. De esta forma, los participantes que modifican prácticas por su salud, por ejemplo, utilizando productos alternativos en lugar de plaguicidas, también están contribuyendo al cuidado y protección del ambiente.

Cabe mencionar asimismo que, temas como el cuidado del agua, el reciclado y el cambio climático, cuentan con sus propias ventajas y desventajas: una ventaja es que, al ser temas tan mencionados en la actualidad por fundaciones internacionales, por instancias gubernamentales a través de los medios de comunicación o por promotores independientes, cuentan con cierta familiaridad en la población.

Esto es un gran apoyo para las organizaciones ambientalistas, pues al no ser ajenos a los participantes, hay más posibilidades de encontrar eco a las recomendaciones y, algunas veces también, ya existen inquietudes entre ellos que sirven para reforzar la labor realizada durante el proyecto.

La desventaja es que la información puede ocupar ya un espacio en la conciencia de la gente, por ser tan escuchada, mas no llegar a cambiar nada en sus actividades o actitudes cotidianas. Tener conciencia de que se requiere cambiar algo es condición necesaria mas no suficiente porque las personas podemos ser conscientes de los problemas y poseer determinada madurez mental y conocimientos teóricos, incluso mostrar habilidad discursiva al respecto, sin embargo, nuestros comportamientos van, generalmente, rezagados respecto a esa madurez teórica (Fromm, 1974).

El ambiente ya es un tema posicionado entre la población como asunto importante, pero hace falta lograr el compromiso de agentes activos permanentes para el cambio.

Retos y conclusiones

Por lo aquí planteado se puede deducir que son varios los retos que hay que enfrentar para el logro de proyectos de intervención exitosos. La falta de recursos financieros ha tenido un cambio que, aunque es pequeño, es importante para

las organizaciones. El hecho de que se otorguen recursos para gasto operativo es significativo, pues hasta hace pocos años esto no sucedía más que en forma eventual. El recurso otorgado no es suficiente para que una organización funcione, pero posibilita su continuidad. Los recursos, por lo menos los otorgados por el Gobierno del Estado, actualmente son aprobados a partir de una revisión y de la dictaminación de un comité integrado por un representante de las instancias gubernamentales, uno de la academia y uno más de las asociaciones civiles (Junta de Asistencia Social Privada del Estado de Chihuahua, 2019). Esta revisión y esta dictaminación están basadas en la información que las mismas organizaciones proporcionan. Sería conveniente realizar estas distribuciones, conociendo directamente el trabajo de cada organización, en el área en donde se desenvuelven, ya que, por ejemplo, uno de los criterios utilizados (que suma puntos a las organizaciones) es su nivel de institucionalización, la formalidad de su estructura. Algunas organizaciones pueden no contar con la formalidad requerida, ser evaluadas con puntaje bajo, por consecuencia, no alcanzar a recibir recursos y, sin embargo, hacer un muy buen trabajo. Por el contrario, otras organizaciones pueden contar con un buen nivel de institucionalización, pero realizar una labor deficiente.

Es importante mencionar también que tanto el trabajo voluntario, por falta de recursos financieros (que, como se observó, en las OSC es bastante habitual y mayoritario), como la abundancia de recursos, pueden generar como consecuencia un trabajo comunitario deficiente. En el caso del voluntariado, existe el riesgo de que quienes lo realizan, aun con entusiasmo y buena voluntad, carezcan de capacitación y desconozcan los elementos mínimos requeridos de la metodología apropiada para su realización. En el caso de organizaciones con abundancia de recursos, el problema es que quienes ahí trabajen dejen de ver a las OSC como asociaciones de apoyo comunitario y las vean como empresas, perdiendo el objetivo con el que formalmente se origina la gran mayoría de estas agrupaciones: sin fines de lucro. Habría que tratar de lograr un equilibrio entre estas dos condiciones.

Las evaluaciones de impacto, como se puede observar, son indispensables. Es importante constatar si una determinada comunidad o colonia, que ha sido apoyada por diferentes organizaciones por varios años, denota algunos cambios evidentes, o si una zona, en donde ha trabajado por muchos años una organización fuerte, evidencia progresos particulares que la distinguen de otra, con características similares, en donde no haya trabajado alguna OSC con ob-

jetivos análogos. La evaluación de impacto tiene diferentes funciones, por una parte, para cualificar las actividades de las mismas organizaciones y, por la otra, por la necesidad de que quienes estén aportando los recursos para el funcionamiento de las OSC puedan verificar que los recursos que se invierten en estas están dando resultados reales, que se está invirtiendo verdaderamente en un cambio en la comunidad y que vale la pena continuar trabajando coordinados en la recuperación del tejido social en Ciudad Juárez.

Ante lo descrito, es evidente lo indispensable que resulta lograr el compromiso de agentes activos permanentes para el cambio, no solo de pequeños cambios temporales en algunas cuantas personas. No es fácil conseguir el compromiso continuo o permanente de grandes grupos de la población, pero, ante las condiciones en las que se encuentra esta ciudad, es indiscutible que se requiere de modificaciones profundas y de compromisos a largo plazo.

Es importante tratar de realizar un trabajo coordinado entre la sociedad civil organizada, las instancias gubernamentales y la academia para conseguir, desde los diferentes frentes, reforzar los cambios reales, sobre todo en la actualidad, como lo menciona Pliego (2000):

La cogestión en políticas públicas es el nivel más alto de toma de decisiones y en el ámbito societal de carácter político y sistémico... ha surgido un nuevo enfoque plural que considera fundamental la coordinación y la cooperación entre los programas gubernamentales y los propios de las organizaciones sociales independientes. (p. 257)

Al crear reglamentaciones, la población está obligada a cumplirlas y, al paso del tiempo, la población actúa en forma automática. Las instancias gubernamentales, al reglamentar, están apoyando fuertemente la labor informativa y/o educativa de las OSC, pues recordemos que la costumbre es fuente del derecho y viceversa, es decir, las reglamentaciones posibilitan los cambios de comportamiento. Se pueden mencionar, como ejemplos, el uso del cinturón de seguridad y el uso de focos ahorradores. Como recomendaciones funcionaban solo con un porcentaje pequeño de la población, pero, cuando se convierten en parte de un reglamento, se masifica su uso; ahora el cinturón de seguridad ya es utilizado por la gran mayoría de la población y se ha generalizado el uso de focos ahorradores.

En relación con los proyectos ambientales, la sensibilización social respecto a los temas concernientes ya existe, la reglamentación sería determinante para conseguir un mayor impacto de estos proyectos y, lograr también, los cambios de comportamiento respectivos. Estos son los retos para la sociedad civil organizada.

Referencias

- Alvarado, G. C. (2014). *Factores que inciden en la participación en proyectos de intervención comunitaria en la colonia Juanita Luna, en Ciudad Juárez, Chihuahua: 2002-2012* [Tesis de Maestría]. El Colegio de la Frontera Norte. Repositorio Nacional. <https://repositorionacionalcti.mx/recurso/oai:colef.repositorioinstitucional.mx:1014/367>
- Ander-Egg, E. y Aguilar I, M. J. (2005). *Cómo elaborar un proyecto. Guía para diseñar proyectos sociales y culturales*. Lumen/hvmanitas
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. (2004). *Manual comunitario del Sistema de Monitoreo y Evaluación Participativa (SIMEP)*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Crespo, A. M. A. (2013). *Guía de diseño de proyectos sociales, comunitarios, bajo el enfoque del marco lógico*. Biblioteca virtual de derecho, economía y ciencias sociales.
- De Schutter, A. (1983). *Investigación participativa: una opción metodológica para la educación de adultos* (2ª ed.). Centro Regional de Educación de Adultos y Alfabetización Funcional para América Latina (Crefal).
- Fortaleza. (2018a). *El aporte de las Organizaciones de la Sociedad Civil. La dimensión del sector filantrópico del estado de Chihuahua*. Fortaleza. https://ficomsec.org/wp-content/uploads/2020/02/el-aporte-de-las-osc_estado-de-chihuahua-2018.pdf
- Fortaleza. (2018b). *Informe anual de resultados 2018*. Fortaleza. https://fortaleza.org.mx/wp-content/uploads/2018/04/Informe-Anual-Fortaleza-2018_compressed.pdf
- Fromm, E. (1974). *El corazón del hombre* (4ª reimp.). Fondo de Cultura Económica.
- Guisarri, A. C. (2004). *Mancur Olson (1932-1998). Sus principales contribuciones*. Academia Nacional de Ciencias Económicas. Universidad del CEMA. <http://catalogo.econo.unlp.edu.ar/meran/opac-detail.pl?id1=4376#.Yr-KuEXbMLIU>

- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2010). *Censo de población y vivienda 2010*. <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2010/default.html>
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. (2010). https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_cipaf_atlas_noa.pdf
- Jara, H. (1994). *Para sistematizar experiencias*. Alforja.
- Junta de Asistencia Social Privada del Estado de Chihuahua. (2019). *Programa: Fortalecimiento a las Organizaciones de la Sociedad Civil*. Secretaría de Desarrollo Social, Chihuahua, Gobierno del Estado. <http://www.jaspchihuahua.mx/descargas/Convocatoria%20-%20PFOSC%202021.pdf>
- Junta de Asistencia Social Privada del Estado de Chihuahua (2022). *Programa: Fortalecimiento a las Organizaciones de la Sociedad Civil*. Secretaría de Desarrollo Social, Chihuahua, Gobierno del Estado. <http://www.jaspchihuahua.mx/descargas/Convocatoria%20-%20PFOSC%202021.pdf>
- Pliego, C. F. (2000). Las estrategias de participación social: un enfoque neopluralista. En *Participación comunitaria y cambio social*. Plaza y Valdés Editores.
- Secretaría de Desarrollo Social e Instituto Nacional de Desarrollo Social. (2015). *Jóvenes Emprendedores Horizonte 2000. Elaboración de Proyectos Sociales y Técnicos de Seguimiento y Evaluación. Manual del Participante*. Sedesol, Indesol. <https://es.scribd.com/document/506795784/Material-de-Apoyo-Elaboracion-de-Proyectos-Sociales-y-Tecnicas-de-Seguimiento-y-Evaluacion-Sil>
- Torgerson, D. (1992). La tercera cara: una perspectiva práctica. En Aguilar V. L. F., *El estudio de las políticas públicas*. Miguel Ángel Porrúa.

CAPÍTULO 10

Desalinización solar fotovoltaica como alternativa de solución hídrica y energética para comunidades costeras indígenas del norte de México

Germán Eduardo Dévora Isiordia¹
y Rafael Enrique Cabanillas López²

1 Líder del Cuerpo Académico ITSON-CA-036 e investigador del Instituto Tecnológico de Sonora. <https://www.itson.mx/oferta/iq/Paginas/german-devora.aspx>, 644-410-90-00 Ext. 1686. Correo: german.devora@itson.edu.mx

2 Responsable de Plataforma Solar de Hermosillo e investigador de la Universidad de Sonora. <https://investigadores.unison.mx/es/persons/re-cabanillas>, 662 259-61-00. Correo: rcabani@iq.uson.mx

Resumen

La escasez de agua en muchas zonas del mundo ha ocasionado mala calidad de vida y enfermedades. Además, la falta de energía en zonas costeras agrava la situación. En este contexto, se presenta la solución de escasez de agua mediante un sistema de desalinización por ósmosis inversa, al diseñarse, instalarse y ponerse en marcha una planta con capacidad nominal de 150 m³/d acoplada a un sistema de paneles solares fotovoltaicos que dotan de energía necesaria para desalinizar el agua, así como para la distribución a los más de 700 habitantes que viven en Punta Chueca, comunidad perteneciente a la Nación Comcaac de Sonora. Es evidente que para brindar justicia social se necesita la interacción de los tres ejes rectores de igualdad y promotor de soluciones tácitas, reales y de índole humanitario, como lo es el sector privado, gobierno y el educativo mediante investigación aplicada.

Palabras clave: Comunidades indígenas; desalinización; escasez de agua; justicia social

Abstract

Water shortages in many areas of the world have led to poor quality of life and disease. In addition, the lack of energy in coastal areas aggravates the situation. In this context, we present the solution to water scarcity through a reverse osmosis desalination system, by designing, installing and starting up a plant with a nominal capacity of 150 m³/d coupled to a system of photovoltaic solar panels that provide the necessary energy to desalinate the water, as well as for the distribution to the more than 700 inhabitants living in Punta Chueca, a community belonging to the Comcaac Nation of Sonora. It is evident that in order to provide social justice, it is necessary the interaction of the 3 guiding axes of equality and promoter of tacit, real and humanitarian solutions, such as the private sector, government and education through applied research.

Keywords: Desalination; indigenous communities; social justice; water scarcity.

Introducción

En la actualidad cerca de 4000 millones de personas en el mundo sufren de escasez de agua durante al menos un mes del año. Con el constante crecimiento poblacional y desarrollo de la actividad económica, la demanda de agua en el mundo también va en constante incremento. Algo similar pasa con la energía, ya que constantemente se requieren mayores cantidades de energéticos para satisfacer las necesidades de la sociedad moderna. Por estas razones es necesario buscar otras fuentes para abastecer las demandas de agua y energía (Toledo et al., 2020).

México recibe alrededor de 1 449 471 hm³ de agua a través de precipitación (Figura 1). El 72.15 % se evapotranspira y regresa a la atmósfera, mientras que 24.77 % escurre por ríos y arroyos. El restante se infiltra en el subsuelo y recarga los mantos acuíferos. Se prevé que el agua renovable per cápita para el año 2030 disminuya 10 % respecto a 2017 (Conagua, 2018).



FUENTE: Conagua, 2018.

La región sureste (azul) del país recibe 67 % del agua, habita el 23 % de la población y aporta 17 % del producto interno bruto (PIB) nacional. En las regiones norte, centro y noroeste, la baja disponibilidad de agua motiva su uso eficiente, conservación y reúso. El estado de Sonora, ubicado en la zona noroeste del país, tiene un déficit de precipitación de 42 % comparado con la media nacional. Se cuenta con 62 acuíferos, de los cuales 11 se consideran sobreexplotados (Conagua, 2017).

Por otra parte, en la Tabla 1 se observa la relación de población que se tiene por región, el porcentaje del PIB, número de municipios y/o delegaciones, el agua renovable anual y per cápita.

TABLA 1. Distribución de habitantes y agua por región hidrológica-administrativa

Concepto	Norte, centro y noroeste	Sureste
Población 2022	105 213 819.0	23 512 041.0
% aportación al PIB	83.2	16.7
Número de municipios y/o delegaciones	1383.0	1077.0
Agua renovable (hm ³ /año)	149 544.0	30 241.0
Agua renovable per cápita (m ³ /hab/año)	1573.0	10 611.0

FUENTE: Inegi (2020).

Debido a la disminución de la disponibilidad del agua renovable per cápita (m³/hab/año) en la región norte, centro y noroeste, la sobreexplotación de los acuíferos y la falta de recarga de los mismos, se ha producido una disminución en los niveles de agua disponible, obligando a buscar otras fuentes de abastecimiento de agua dulce, entre ellas la desalinización de agua por ósmosis inversa (Dévora et al., 2016). A pesar de los avances tecnológicos y mejora de los procesos, la desalación de agua de mar sigue siendo un proceso energético con elevados consumos de energía, la cual proviene principalmente de fuentes fósiles. El uso de fuentes de energía renovable para operar procesos de desalación ha sido de interés desde varias décadas atrás en todo el mundo tanto para disminuir costos como para mitigar los impactos ambientales del uso de estas cantidades de energía convencional (Dévora et al., 2012; Dévora et al., 2013; Toledo et al., 2020). Otro de los problemas mencionados anteriormente en ósmosis inversa (OI) es respecto a la demanda de energía del sistema; en todo el mundo se han instalado varias plantas desalinizadoras a pequeña escala debido a la creciente demanda de agua dulce, impulsadas por energías renovables (ER) de una

manera inteligente y ambientalmente sostenible (Ghaffour et al., 2015; Rodríguez et al., 2021). Las redes de corriente alterna (CA) provenientes de recursos no renovables presentan deficiencias significativas tales como mala estabilidad y alto consumo adicional de combustibles para su mantenimiento (Shulga y Putilova, 2020). Estas, como consecuencia contribuyen a impactos adversos sobre el ambiente, por lo que utilizar ER es indispensable para mitigar problemas ambientales. Es por ello que la generación de electricidad mediante un sistema fotovoltaico es muy frecuente en muchos países ya que genera electricidad de corriente directa (CD) en presencia de radiación solar (Pal et al., 2021).

El estado de Sonora colinda con el Golfo de California con una extensión de 1230 kilómetros de litoral, donde se encuentran alrededor de 613 comunidades distribuidas en 13 municipios con un total de 330 000 habitantes. De un universo de 206 comunidades con más de 18 habitantes, 30 no poseen electricidad de la red y 80 no cuentan con agua entubada. Los requerimientos de agua potable han estado incrementándose fuertemente en los últimos años, por lo que la presión sobre las fuentes tradicionales de agua ha aumentado de tal forma que la necesidad del vital líquido compite con los usos productivos y en los próximos años esta demanda será mayor. Las recargas de los acuíferos son cada vez más escasas debido a la extracción en las zonas altas y a la prolongada sequía que ha mantenido en niveles mínimos récord en mucho tiempo a las presas del estado. Por otra parte, los planes gubernamentales de incrementar los ingresos por turismo en las costas sonorenses se enfrentan con la limitante de surtir de agua potable a esta demandante actividad.

En este contexto toman mayor relevancia las propuestas no convencionales de proveer de agua para las actividades productivas y particulares que se requieren para un desarrollo social de la región, incorporando tecnologías que hagan uso de los recursos naturales y el menor impacto al ambiente, como la energía solar y la propia agua de mar.

Ubicación geográfica de Punta Chueca, comunidad seri del estado de Sonora

Gran parte del territorio mexicano presenta una escasez de agua muy severa. En el noroeste de México las épocas de calor son prolongadas y con temperaturas máximas que rebasan los 35 °C. Lo anterior antecede también a los pueblos seris, que sufren la falta de agua en el estado de Sonora. En Punta Chueca y en

El Desemboque, comunidades pertenecientes a la Nación Comcáac, la gente no tiene acceso al agua potable por falta de equipo de bombeo y electricidad. Cuentan con una planta desalinizadora que no se da abasto. Este problema es prácticamente permanente y se agrava durante el verano, afirman sus habitantes. Punta Chueca es una localidad del estado de Sonora, tiene la mayor concentración poblacional de la etnia seri y una de las dos localidades de esa comunidad en el estado, junto con El Desemboque. Punta Chueca se localiza a los 29°00 55 N 112°09 37 O, tiene una altitud de 5 msnm y se encuentra a unos 20 km al norte de la población de Bahía de Kino, siendo un puerto en el Golfo de California (Figura 2). Punta Chueca es el punto de tierra firme más cercano a la Isla Tiburón, de la que la separa únicamente el Estrecho del Infiernillo; cuenta con pequeños establecimientos comerciales, un kínder, una escuela pública primaria y una telesecundaria. El total de habitantes, de acuerdo con el Censo de Población y Vivienda de 2010 realizado por el Inegi, es de 680.

FIGURA 2. Localización geográfica de Punta Chueca



FUENTE: Acosta, 2002.

Punta Chueca cuenta con una planta desalinizadora de ósmosis inversa que no se da abasto en la temporada de intenso calor, por lo que, en promedio, solo se tiene agua una vez por semana. Aunque la planta desalinizadora está operando, sus capacidades y su baja producción por falta de mantenimiento y aplicación de reactivos químicos no son suficientes para cumplir con la necesi-

dad del pueblo (Figuras 3 y 4), pues el agua no llega a la totalidad de las viviendas. La capacidad de producción es de 60 m³/d, con calidad de agua permeada de 900 mg/L de sólidos disueltos totales, que es muy cercano a lo recomendado por la NOM-0127-SSA1-2021, que establece un límite de 1000 mg/L de sólidos disueltos totales.

FIGURA 3. Estado de la planta de ósmosis inversa de 60 m³/d al 20 de mayo de 2019



FUENTE: Fotografía propia, 2021.

FIGURA 4. Bombas dosificadoras y tuberías en mal estado, al 20 de mayo de 2019



FUENTE: Fotografía propia, 2021.

Es evidente el deterioro en las bombas con oxidación y con desperfectos en el suministro de químicos. Por otra parte, las membranas han sufrido polarización de la concentración, que es cuando se tapan completamente por deposición de sales de carbonatos (CO₃) y sulfatos (SO₄). Esta deposición de sales en la superficie de la membrana por una mala dosificación de químicos ha dañado las bombas de alta presión al tener que vencer una resistencia de paso de flujo.

En El Desemboque, pueblo perteneciente al municipio de Pitiquito y que se ubica a 257 km de este, hubo una serie de apagones que descompusieron la bomba que distribuye el agua desde un pozo hacia la comunidad, desde marzo de 2021. En ambas comunidades, la solución emergente que encontró la gente es la compra de agua en pipas particulares o con una persona que cuenta con un vehículo y viaja hacia un pozo del que extrae agua mediante una bomba sumer-

gible y la transporta en contenedores. Sin embargo, esta agua puede costar entre 150 y 160 pesos por unidad y las familias no siempre pueden comprarla. Saúl Molina, gobernador de la Nación Comcaac, sostuvo que estos problemas se repiten cada año, por lo que ha solicitado en numerosas ocasiones una solución por parte de los ayuntamientos de Hermosillo y Pitiquito, con los que está dispuesto a colaborar de la manera en que se le solicite, pero no ha habido respuesta.

Propuesta de sinergia de colaboración

Para dar respuesta a la necesidad de la escasez de agua que no logra ser abastecida con la planta anterior de ósmosis inversa en Punta Chueca, el Instituto Tecnológico de Sonora, a través del Dr. Germán Eduardo Dévora Isiordia, experto en desalación de aguas marinas y salobres, y la Universidad de Sonora a través del Dr. Rafael Enrique Cabanillas, experto en materia energética, han coadyuvado esfuerzos para lograr en conjunto con Agua de Hermosillo y la Comisión Nacional del Agua (Figura 5) la instalación de un equipo de ósmosis inversa de 150 m³/d que brinde agua de calidad para la etnia seri para finales del año 2021.

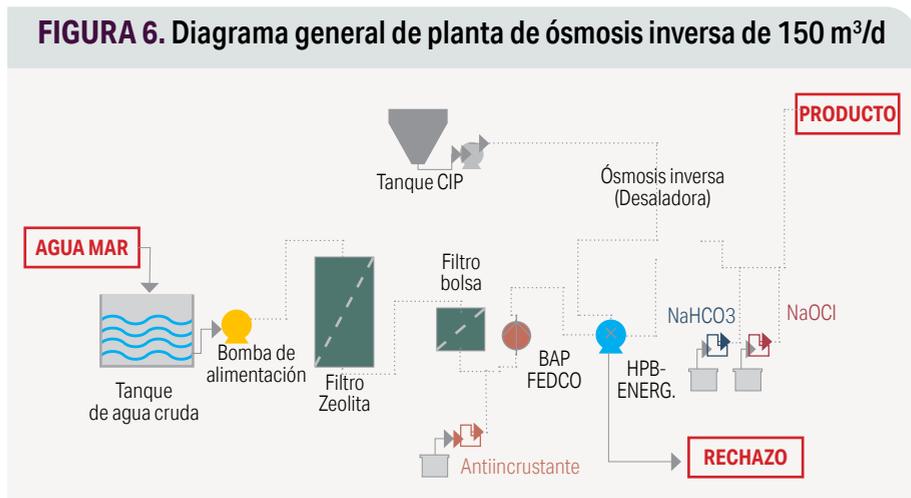
FIGURA 5. Instituciones participantes del proyecto



En particular la comunidad de Punta Chueca, que concentra la mayor cantidad de pobladores de la etnia seri, siendo esta de alrededor de 400 personas del total de su población, se encuentra ubicada geográficamente en la parte más cercana a la Isla Tiburón en las inmediaciones del Canal del Infiernillo, en el centro del Golfo de California. La comunidad de Punta Chueca cuenta actualmente con una carretera de pavimento que facilita el acceso desde Bahía de Kino, región costeña del municipio de Hermosillo. Punta Chueca carece de agua potable y de sistema de drenaje, lo que afecta directamente la calidad de vida de sus pobladores. Este proyecto pretende, desde una visión multidisciplinaria, ofrecer alternativas de solución tanto en el aspecto técnico como en el social que considere la idiosincrasia particular de la etnia para adaptar y apropiarse de estas tecnologías.

Diseño de nueva planta de ósmosis inversa

Mediante diseño hidráulico y eléctrico se bosquejó la nueva planta desalinizadora de ósmosis inversa, con la siguiente distribución en diagrama de flujo (Figura 6).



FUENTE: Dévora et al., 2022.

Los elementos de la nueva planta de ósmosis inversa se desglosan a continuación:

FIGURA 7. Sistema de pretratamiento físico y químico de planta de ósmosis inversa de 150 m³/d al 26 de noviembre de 2021



FIGURA 8. Bastidor de membranas y tablero de control con telemetría de planta de ósmosis inversa de 150 m³/d al 26 de noviembre de 2021



FIGURA 9. Sistema de dosificación química en planta de ósmosis inversa de 150 m³/d al 26 de noviembre de 2021



FIGURA 10. El presidente de la república, Lic. Andrés Manuel López Obrador, dando arranque oficial a la operación de la planta de ósmosis inversa de 150 m³/d



FUENTE: Fotografía propia, 2021.

FUENTE: Fotografía propia, 2021.

FIGURA 11. Comunidad comcáac en Punta Chueca al 26 de noviembre de 2021



FUENTE: Fotografía propia, 2021.

FIGURA 12. Bienvenida al presidente de la república Lic. Andrés Manuel López Obrador por la comunidad seri

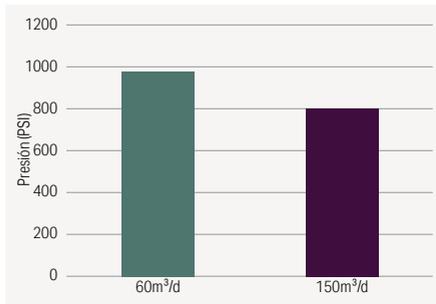


FUENTE: Fotografía propia, 2021.

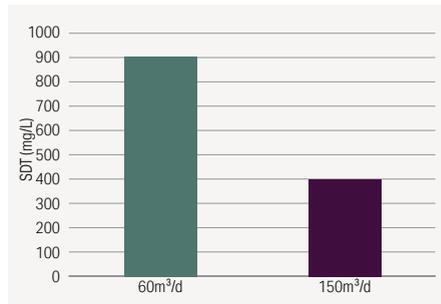
Análisis de nueva y anterior planta de ósmosis inversa

Se realizó una comparación entre la calidad del agua que se dota a la comunidad seri de Punta Chueca y a la comunidad comcáac, presentando la capacidad nominal de operación, con base en la NOM-0127-SSA1-2021 que establece los límites de calidad del agua para que sea apta para el consumo humano.

La Figura 13 muestra que la presión de operación nominal del sistema de ósmosis inversa para una capacidad de 60 m³/d es de 980 psi, sin embargo, comparado a los 800 psi para una planta de 150 m³/d, indica que las membranas están dañadas o sucias, debido a que se debe aplicar una presión mayor para lograr obtener agua permeada (Saleem y Zaidi, 2020). Este incremento en la presión también se manifiesta en el consumo específico de energía de 4.2 kWh/m³ para 60 m³/d respecto a los 3.1 kWh/m³ para 150 m³/d.

FIGURA 13. Presión de operación nominal

FUENTE: Elaboración propia, 2022.

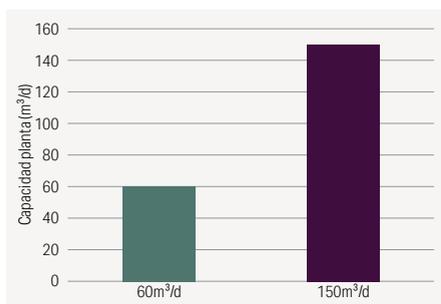
Figura 14. Salinidad del agua permeada

FUENTE: Elaboración propia, 2022.

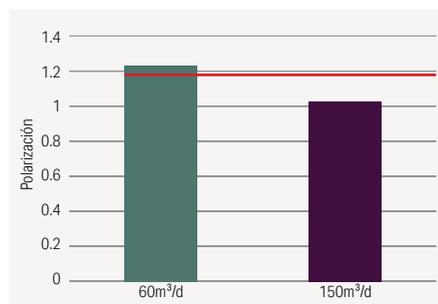
La Figura 14 muestra que la salinidad en sólidos disueltos totales (SDT) es de 900 mg/L para la capacidad de 60 m³/d, respecto a los 400 mg/L para la capacidad de 150 m³/d. Es evidente que la calidad del agua permeada es mejor en la planta de mayor capacidad. Además, la NOM-0127-SSA1-2021 marca un valor aceptable menor a los 1000 mg/L de SDT (Kucera, 2015). Sin embargo, es mejor un agua de 400 mg/L ya que se acerca más a los valores de la OMS que establece un valor máximo de 500 mg/L de SDT. De esta manera se está cuidando la calidad del agua que tomarán los habitantes, ya que también se desinfecta con hipoclorito de sodio.

La Figura 15 muestra la capacidad de producción nominal de agua permeada, una capacidad de 60 m³/d para la planta de ósmosis inversa que operó durante siete años con demasiados problemas. La planta de 150 m³/d es la adquirida en junio de 2021. Tendrá una cobertura del 100 %, que garantiza disponibilidad de agua durante los 365 días de año y en las épocas de calor se dejará de comprar o importar en pipas el agua desde Bahía de Kino. Con esta planta nueva se dotará en calidad y cantidad a la comunidad seri de Punta Chueca.

FIGURA 15. Capacidad de operación nominal **Figura 16. Polarización de membranas**



FUENTE: Elaboración propia, 2022.



FUENTE: Elaboración propia, 2022.

La Figura 16 muestra valores de polarización, que es un indicativo de que las membranas están *incrustadas* por deposiciones de sales de carbonatos y sulfatos principalmente. Es notorio que cuando no se aplica la concentración y dosificación adecuada de antiincrustantes se manifiesta en la deposición de sales en la superficie de la membrana (Delgado et al., 2020). A tres meses de estar operando el proceso de ósmosis inversa en la planta de 150 m³/d, la polarización tiene valores de 1.01, mientras que la planta anterior de 60 m³/d por falta de mantenimiento y dosificación adecuada alcanzó valores de 1.23, cuando el valor máximo permitido es de 1.2 (Kucera, 2015).

Conclusiones

La industria de la desalación ha respondido bien al aumento de la demanda y su evolución es constante, reduciendo costos y produciendo un agua de alta calidad. Para que la desalación siga siendo una opción viable en un mundo con un clima cambiante, deben utilizarse fuentes de energía renovable para alimentar al menos parte de sus necesidades energéticas. La justicia social se basa en la igualdad de oportunidades y en los derechos humanos, más allá del concepto tradicional de justicia legal. Está basada en la equidad y es imprescindible para que cada persona pueda desarrollar su máximo potencial y para una sociedad en paz, tal es el caso de la comunidad de Punta Chueca, que con tecnología de desalinización se puede brindar cobertura al 100 % de la población, proporcionando cantidad y calidad según la normativa vigente.

Referencias

- Acosta, G. (2002). *Seris de Sonora*. Proyecto Perfiles Indígenas de México, <https://www.academica.org/salomon.nahmad.sitton/74>
- Comisión Nacional del Agua. (2017). *Estadísticas del agua en México, edición 2017*. Comisión Nacional del Agua y Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Comisión Nacional del Agua. (2018). *Estadísticas del agua en México, edición 2018*. Comisión Nacional del Agua y Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Delgado, A. M., García, L. y Jiménez, M. (2020). Preliminary assessment of innovative seawater reverse osmosis (SWRO) desalination powered by a hybrid solar photovoltaic (PV) - Tidal range energy system. *Desalination, Volumen 477*, p. 114247.
- Dévora, G. E., Canales, A. G. y Chávez, R. (2022). Brackish groundwater and solar energy for desalination plants. *Sustainable Water Resources Management*, 8(1) doi:10.1007/s40899-021-00591-z
- Dévora, G. E., González, R. y Ponce, N. (2012). Técnicas para desalinizar agua de mar y su desarrollo en México. *Ra Ximhai*, 8(2), pp. 57-68.
- Dévora, G. E., González, R. y Ruiz, S. (2013). Evaluation of desalination processes and their development in Mexico. [Evaluación de procesos de desalinización y su desarrollo en México] *Tecnología y Ciencias del Agua*, 4(3), 27-46.
- Dévora, G. E., López, M. E., Fimbres, G. A., Álvarez, J. y Astorga, S. (2016). Desalación por ósmosis inversa y su aprovechamiento en agricultura en el valle del Yaqui, Sonora, México. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 7(3), 155-169.
- Ghaffour, N., Bundschuh, J., Mahmoudi, H. y Goosen, M. F. A. (2015). Renewable energy-driven desalination technologies: A comprehensive review on challenges and potential applications of integrated systems. *Desalination*, 356, 94-114. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2014.10.024>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2020). *Censo de Población y Vivienda*. <https://www.inegi.org.mx/temas/estructura/>
- Kucera, J. (2015). *Reverse Osmosis*. Second ed. Scrivener Publishing.
- Pal, P., Mukherjee, V., Kumar, P. y Elizabeth Makhatha, M. (2021). Viability analysis of direct current (DC) standalone hybrid photovoltaic (PV)/hydrogen fuel cell (HFC) energy system: A techno-economic approach.

- Materials Today: Proceedings*, 39, 1807-1812. <https://doi.org/10.1016/J.MATPR.2020.10.405>
- Rodríguez, J., Robles, A., Encinas, M. I., Correa, F. y Dévora, G. E. (2021). Assessment of Fixed, Single-Axis, and Dual-Axis Photovoltaic Systems Applied to a Reverse Osmosis Desalination Process in Northwest Mexico. *Desalination Water Treat*, 234, 399-407, doi:10.5004/dwt.2021.27614.
- Saleem, H. y Zaidi, S. J. (2020). Nanoparticles in reverse osmosis membranes for desalination: A state of the art review. *Desalination*, 475(1).
- Secretaría de Salud. (1994). *Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-2021*. Salud ambiental, agua para uso y consumo humano-Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización.
- Shulga, R. N. y Putilova, I. V. (2020). Multi-agent direct current systems using renewable energy sources and hydrogen fuel cells. *International Journal of Hydrogen Energy*, 45(11), 6982-6993. <https://doi.org/10.1016/J.IJHYDENE.2019.12.226>
- Toledo, J. A., Flores, A. y Aguilar, H. A. (2020). *Producción de agua potable con energía solar fotovoltaica*. XLII Semana Nacional de Energía Solar. Editorial ANES.

CAPÍTULO 11

Diseño metodológico para documentar las formas de vida cucapah¹ en el valle de Mexicali (1900-1954). Notas sobre las condiciones mínimas para la existencia colectiva

María Isabel Martínez Ramírez²

*“Las sociedades indígenas de hoy no son el producto
de la naturaleza, por el contrario, sus relaciones
con el ambiente son mediatizadas por la historia”.*

Anna L. Tsing

1 En la literatura y en la documentación revisada también se conocen como cocopa y cucapá. Para este texto, se tomó en cuenta las convenciones ortográficas de Sonia Moreno, profesora cucapah que ha elaborado una propuesta de escritura alterna a la estandarización alfabética propuesta por el Instituto Nacional de Lenguas Indígenas (Inali).

2 Instituto de Investigaciones Históricas, UNAM.
Correo: isabelmr@unam.mx

Resumen

El objetivo de este capítulo es describir el proyecto metodológico, de corte multidisciplinario, diseñado y ejecutado colectivamente entre 2021 y 2022 para documentar y estudiar los procesos que impactan las formas de vida cucapah a partir de los intensos cambios acontecidos en Baja California, México, y en Calexico, California, EE. UU., durante la primera mitad del siglo XX. El marco de este proyecto es un análisis más amplio sobre las implicaciones, posiblemente genocidas, de eliminar las condiciones mínimas de existencia de un pueblo. Dando seguimiento a un proyecto intelectual de largo aliento, me interesa describir los procedimientos metodológicos articulados a estas implicaciones, ¿cómo acercarnos epistemológicamente a estos problemas?, ¿qué herramientas utilizar?, ¿basta con el trabajo y la autoría individual?, como antropólogos e historiadores, ¿a qué disciplinas aliadas podemos acudir?

Palabras clave: Cucapah; metodología; historia amerindia contemporánea.

Abstract

The goal of this chapter is to describe the methodological and multidisciplinary project designed and executed collectively between 2021 and 2022, in order to document and study the impact on the ways of cucapah's life as a result of the intense changes that occurred in Baja California, Mexico, and in Calexico, California, USA, during the first half of the 20th century. The context of this project is a broader analysis of the implications, possibly genocidal, of eliminating the minimum conditions of existence of a people. Following up on a long-term intellectual project, I am interested in describing the methodological procedures articulated to these implications. How to approach these problems from an epistemologically approach? What tools can we use? Are individual work and individual authorship enough? What allied disciplines can we turn to?

Keywords: Cucapah; methodology; contemporary Amerindian history.

Introducción

El objetivo de este capítulo es describir el proyecto metodológico, de corte multidisciplinario, diseñado y ejecutado colectivamente entre 2021 y 2022 para documentar y estudiar los procesos que impactan las formas de vida cucapah a

partir de los intensos cambios acontecidos en la región que abarcó el delta del río Colorado y su cruce con el río Gila, las zonas de aridez, las montañas y las serranías del actual valle de Mexicali, en Baja California, México, y en Calexico, en California, EE. UU., durante la primera mitad del siglo XX. El marco de este proyecto es un análisis más amplio sobre las implicaciones, posiblemente genocidas, de eliminar las condiciones mínimas de existencia de un pueblo.

Pese a las tempranas exploraciones y ocupaciones de la actual península de Baja California, las poblaciones que ocuparon esta área, tales como yuma, pima, mohave, cucapah y maricopa, gestionaron bajo sus propios términos los procesos de cambio sucedidos hasta el siglo XIX. Hacia fines de esta centuria, distintos proyectos fallidos de colonización y de producción de orchilla y de cáñamo silvestre definieron esta zona y la caracterizaron, desde el punto de vista de viajeros y empresarios, como una *terra incógnita*, apenas poblada por algunos grupos seminómadas de cucapah e ideal para el desarrollo de una agricultura industrial.³ Entre 1900 y 1954, la población del Distrito Norte de Baja California aumentó de 7583 a 226 965 personas, concentrándose en el valle de Mexicali. Este período está marcado por un creciente tránsito de personas y de mercancías en la frontera entre México y Estados Unidos, por la implementación de políticas migratorias cambiantes, por la construcción del ferrocarril Southern Pacific que conectaría Yuma con la costa del Pacífico, por la instauración de la compañía colonizadora Colorado River Land Company en 1902, la canalización y el apresamiento del río Colorado, las deportaciones de miles de mexicanos, el surgimiento del agrarismo que culminaría con el reparto agrario que organiza territorialmente el valle de Mexicali, la creación de reservas de población amerindia en los EE. UU. como Yuma, Arizona, y el desarrollo de una agricultura

3 Información detallada sobre los cambios ambientales documentados hasta la década de 1940, ver Kniffen (1932), Sykes (1937). Etnografías de los cucapah durante la primera mitad del siglo XX, ver Webb Hodge (1907), Lumholtz (1912), Kroeber (1920 y 1925), Forde (1931), Gifford (1933), Kelly (1942 y 1977), Castetter y Bell (1951). Estudios dedicados a los cucapah desde una perspectiva histórica y etnográfica, consultar Álvarez de Williams (1975), Garduño (1991, 2011, 2015, 2016 y 2020), y particularmente revisar el estudio de Gómez Estrada (2000) quien suma a la narrativa histórica la voz de los cucapah. Sobre el desarrollo de las compañías colonizadoras ver Ramírez Piñera (1991, 2006), Herrera Carrillo (2002), Kerig (2001) y escritos de corte histórico producidos por historiadores y funcionarios durante la primera mitad del siglo XX como Herrera Carrillo (1958) y Martínez (2011).

intensa de riego que convirtió a Mexicali en el primer productor de algodón en México y en el mundo para la década de 1950.

Ante la proximidad temporal y el corto periodo en el que se transforman irreversiblemente las formas de vida amerindias preexistentes, este es un caso de estudio operativo para reflexionar sobre cómo la eliminación —o podríamos decir el exterminio— de *paisajes* y *diseños* constituidos durante cientos o quizá miles de años por trayectorias de existencia entre organismos humanos y no humanos, así como entre entidades vivas y no vivas, es la condición y el fundamento para instaurar formas de vida comandadas por la civilización, la urbanización, el progreso, el capitalismo, el nacionalismo y el desarrollo (Tsing, 2013). Es pertinente preguntarnos cómo, esta forma de vida urbana que crece en medio de las ruinas y de la catástrofe —por usar terminologías de Isabelle Stengers (2017) y de Anna L. Tsing (2015)— es también ecología, revelación que colapsa las distinciones entre naturaleza y cultura, entre lo vivo y lo no vivo, que apenas lograban tener un poco de sentido antes del Antropoceno (Povinelli, 2016), y antes del COVID-19. Y, finalmente, este es un caso de interés para pensar cómo, echando mano de la reflexividad y de la relacionalidad, desde las comunidades académicas podemos apostar por practicar, como ha propuesto Tsing (2013), una teoría sutil y una política de la justicia durante la descripción etnográfica. Dicho rápidamente, la reflexividad presupone que todo conocimiento es dialógico y nos obliga a develar el lugar que ocupamos durante el proceso de la investigación y de la escritura. La reflexividad impide abstraernos del problema que analizamos y reconocer que somos parte del mismo. La relacionalidad, por su parte, deja en evidencia que todo conocimiento es producto de las relaciones donde se gesta y se transmite, de ahí la relevancia de revisar microscópicamente nuestras ecologías de las prácticas sobre el terreno y en el gabinete (Martínez Ramírez et al., 2019).

Dando seguimiento a un proyecto intelectual de largo aliento, me interesa describir los procedimientos metodológicos articulados a estos planteamientos, ¿cómo acercarnos epistemológicamente a estos problemas?, ¿qué herramientas utilizar?, ¿basta con el trabajo y la autoría individual?, como antropólogos e historiadores, ¿a qué disciplinas aliadas podemos acudir? Coincido con Isabelle Stengers en la necesidad de repensar y reformular nuestras ecologías de las prácticas académicas, comenzando por el *know how* de la investigación y de las relaciones que lo sustentan. Espero que el esfuerzo colectivo reunido en este escrito inspire y resulte operativo para otros casos de estudio.

El texto está organizado en cuatro partes. En la primera, presento los antecedentes y el planteamiento mayor en el que se inserta el diseño metodológico expuesto. En la segunda parte describo los primeros pasos de esta investigación, detallo el uso de distintas fuentes y herramientas geográficas, etnográficas y demográficas para crear las bases del diseño metodológico. Finalmente, insisto en la importancia de repensar la ecología de las prácticas académicas desde la creación de las condiciones y de las relaciones de producción de conocimiento. En la tercera parte presento el diseño de la investigación mediante la descripción de dos temas: población, parentesco y movilidad, así como léxico de flora y fauna. Cierro con un comentario sobre la documentación dedicada a la transformación, por prohibición y/o prescripción, de las relaciones de los cucapah con la muerte y con los muertos.

Coproducción de conocimiento o de cómo la cosmopolítica es algo que se hace a mano

Desde hace un par de años, en el marco de un curso-seminario dedicado al tema de la cosmopolítica y la cosmohistoria, un conjunto de colegas estudiamos aquello que ha sido denominado cosmopolítica. Siguiendo el pensamiento de Isabelle Stengers, coincidimos en que la cosmopolítica es un modo de pensar, de aproximarse a algo. La cosmopolítica, decía en otro lugar, remite a un campo de debate sobre la invención, la creación y la multiplicación de la agencia y de sus efectos políticos (Martínez Ramírez, 2021). A lo que podría agregar, también es algo que se hace a mano y reside en lo profundo de la ecología de las prácticas —entre pares de trabajo, de investigación de campo o de archivo, en la escritura— que posibilita la existencia de los oficios antropológicos e históricos. Por ello, resulta imprescindible cuestionar: ¿es posible utilizar un formato de investigación clásico o ‘científico’, si estamos interesados en participar en un debate cosmopolítico, como aquellos debates a los que nos conduce el Antropoceno? ¿Es posible tomar en cuenta sofisticadas teorías y propuestas que replantean nuestra relación con la realidad y con otros mundos posibles, sustentando nuestra producción de saber en las mismas relaciones que son cuestionadas? Las respuestas a estas interrogantes, como proponíamos colectivamente hace tiempo, serán múltiples y relacionales, es decir, dependen de cada caso de investigación (Martínez Ramírez et al., 2019). Por ello, las posibilidades expuestas en este capítulo son apenas una alternativa entre otras para atender estas preguntas.

El interés por los procesos y las metodologías para construir conocimiento ha sido recurrente en mi formación y desarrollo académico, específicamente he reflexionado sobre los procesos de coproducción de conocimiento etnográfico con nuestros interlocutores amerindios, inherentes a cualquier investigación. Por tanto, he construido herramientas para —durante el diseño de la investigación, el trabajo de campo, la sistematización y los análisis de los conocimientos coproducidos— accionar una reflexividad radical que deje al descubierto mi punto de enunciación, mis intenciones y, sobre todo, las afecciones, en el sentido otorgado por Jeanne Favret-Saada (2010), que derivan de ocupar un lugar en un diálogo de saber; de ahí la importancia de escribir en primera persona, pero también en primera y en tercera persona del plural cuando sea necesario, pues la escritura también es metodología. La teoría etnográfica —entendida como una metodología y una teoría de la descripción relacional que evidencia el papel de nuestros interlocutores amerindios como agentes teóricos y epistemológicos del conocimiento estabilizado en la escritura— es una de las propuestas germinales de lo que ahora denomino procesos cocreativos de conocimiento. Esto es, procesos de investigación que son diseñados, desde la elección del tema y las preguntas, con nuestros interlocutores amerindios, y cuyos “productos” procuran atender los intereses académicos y no académicos (ver Martínez Ramírez y Pascasio Montijo, 2021; Martínez Ramírez, 2020). Hace un par de años coordino el proyecto experimental titulado “Laboratorios de historia indígena contemporánea” (PAPIIT), cuyo objetivo ha sido generar procesos de coproducción de saberes con cucapah, mazatecos y mayahablantes sobre la historia. El punto de partida de la propuesta que presento en este texto deriva y se desarrolla en el corazón de este proyecto.

En 2019, realicé una visita exploratoria sobre terreno para identificar las posibilidades de construcción de procesos de cocreación de conocimiento sobre la historia, el paisaje y la lengua con algunos cucapah que residen en Mexicali, Baja California. Con un equipo de trabajo integrado por estudiantes en educación y traductores, conformamos un taller teórico y práctico de investigación, y simultáneamente formativo; recopilamos materiales etnográficos, acervos documentales resguardados en el Archivo del Estado de Baja California, corpus lingüísticos y cartografías colaborativas elaboradas por algunas mujeres y niños cucapah. Dos resultados fueron clave para plantear e indagar históricamente las

implicaciones analíticas y metodológicas de exterminar las condiciones mínimas de existencia de un pueblo.⁴

Por una parte, registramos la diversidad y la coexistencia de distintas historias cucapah ancladas en paisajes particulares y articuladas con lazos de parentesco propios y con el uso de variantes lingüísticas diferentes. Advertimos que la geografía solo adquiere sentido al ubicarse en la historia y al ser habitada por redes parentales que atraviesan el tiempo. Por ello, al preguntar ¿dónde viven los cucapah?, nuestras interlocutoras respondían recurrentemente con preguntas sobre el ¿cuándo? Interesadas en distinguir “cómo se vivía antes” del “cómo se vive ahora”, las mujeres cucapah evidenciaron, desde nuestra lectura, los cambios socioambientales acontecidos durante la primera mitad del siglo XX en esta región. Al revisar las etnografías elaboradas durante la primera mitad del siglo XX, caracterizadas por su precisión y detalle, documentamos cómo ciertos paisajes y diseños constituidos por trayectorias de existencia entre cucapah y plantas o animales, así como entre entidades vivas y no vivas, gozaban de gran vitalidad hasta la década de 1930. Como señalé antes, durante la primera mitad del siglo XX las condiciones mínimas para la existencia de tales paisajes y diseños no solo se transformaron, sino que fueron exterminadas.

Por otra parte, durante el proceso de la investigación histórica en archivo y otras fuentes hemerográficas o testimoniales producidas durante la primera mitad del siglo XX, era recurrente la ausencia de los cucapah en los relatos históricos sobre el valle de Mexicali o bien era constante la negación de su participación en los procesos de cambio, hecho que contrastaba radicalmente con lo documentado en las etnografías elaboradas a lo largo de este mismo periodo. Por ejemplo, Alfonso Salazar Roviroso, notario público número 90 de Baja California, quien edita y publica en 1957 la historia de la península de California, no alude a ningún pueblo, nación o lengua nativa en los más de diez volúmenes que conforman su obra. Por mencionar un autor contemporáneo, en un volumen titulado *Los orígenes de las poblaciones de Baja California*, David Piñera Ramírez (2006) dedica a los cucapah las primeras páginas de su estudio sobre el valle de Mexicali, para cronológicamente continuar con el periodo colonial. Esta población no es mencionada en los relatos de los siglos XIX y XX. De acuerdo con las etnografías que usamos como fuentes históricas y los relatos recabados en trabajo de campo, los cucapah y otros pueblos y naciones yumanas

⁴ Para un desarrollo puntual de los resultados de investigaciones previas, ver Martínez y Pascacio (2021).

participaron en la construcción de los canales de riego o en otros trabajos asalariados en los campos de algodón a lo largo del siglo XX. Por último, en otros casos advertí la continuidad en las fuentes de la primera mitad del siglo XX y la literatura histórica y etnográfica de la segunda mitad del mismo siglo, del término “extinción”, lo cual resulta inquietante si consideramos que este término refiere a la muerte del último individuo de una especie.

La Convención para la Prevención y la Sanción del Delito de Genocidio de 1948 y el Estatuto de Roma de la Corte Penal Internacional (CPI) de 1998 mencionan en el inciso “c” que se entenderá por genocidio el “sometimiento intencional del grupo a condiciones de existencia que hayan de acarrear su destrucción física, total o parcial”. Como parte de un proyecto más amplio, aquello que me interesa indagar es en qué medida los procesos de cambio sucedidos en el valle de Mexicali durante la primera mitad del siglo XX podrían ser análogos a someter a un pueblo a condiciones de existencia que acarreen formas análogas de destrucción. Más aún, busco problematizar cómo dichas condiciones de existencia están profundamente vinculadas con la destrucción de la vida, en el sentido amplio del término. Para ello, una de las premisas del diseño de investigación y una de las primeras acciones de la pesquisa ha sido conformar un corpus de información capaz, en un primer momento y con el fin de practicar un modo de pensar cosmopolítico definido por la lentitud, de sustentar estos cuestionamientos.

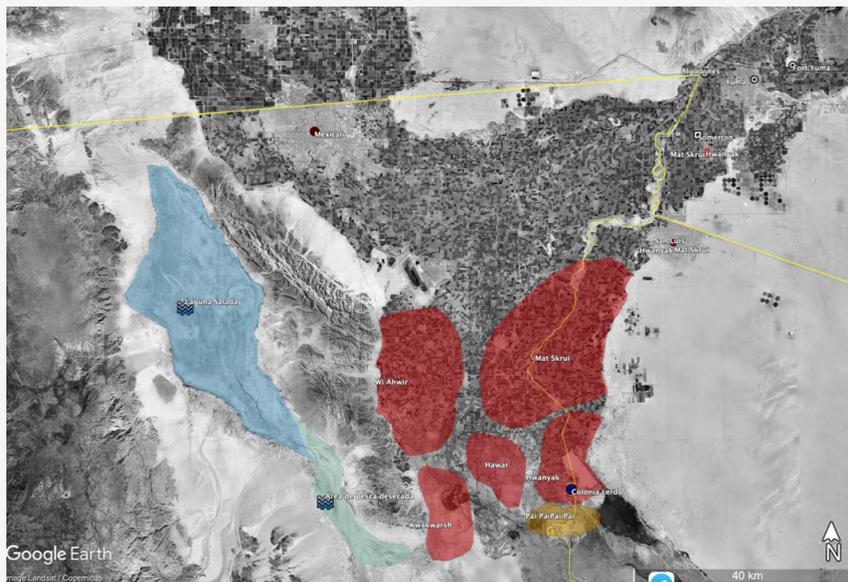
Población, mapas y parentesco

Con base en los dos resultados mencionados arriba, la pregunta “¿quiénes son los cucapah?” era clave para iniciar la investigación. Para fines de este escrito, además de ofrecer un contexto mínimo, atender este cuestionamiento deja al descubierto el mecanismo bajo el cual el diseño metodológico presentado ha derivado de las particularidades del caso de estudio. Para hablar de los cucapah en español es preciso utilizar la tercera persona del plural, pues la diversidad caracteriza su historia reciente y los define en el presente. Etnógrafos como Edward W. Gifford y William H. Kelly documentaron, entre 1900 y 1950, que los cucapah se organizaban en redes de descendencia patrilineales y exogámicas, llamadas linajes o *gens* (šimul en cucapah) y complejos sistemas de denominaciones femeninos. Ambos advirtieron que sus interlocutores evitaban hacer generalizaciones sobre los cucapah y documentaron las complicaciones para

comprender las denominaciones de estos linajes porque las personas se auto-denominaban cucapah y solo utilizaban términos como kwakwarsh cocopa, hwanyak cocopa, mat skrui y wi ahwir para referirse a otras bandas. Cada uno de estos linajes o bandas ocupaba una parte del territorio y practicaba la recolección, la pesca y la agricultura en el delta; posiblemente también hablaban una variante de la misma lengua (Martínez Ramírez y Pascasio Montijo, 2021). Además, solían ser aliados de los pai pai o enemigos de los yuma.

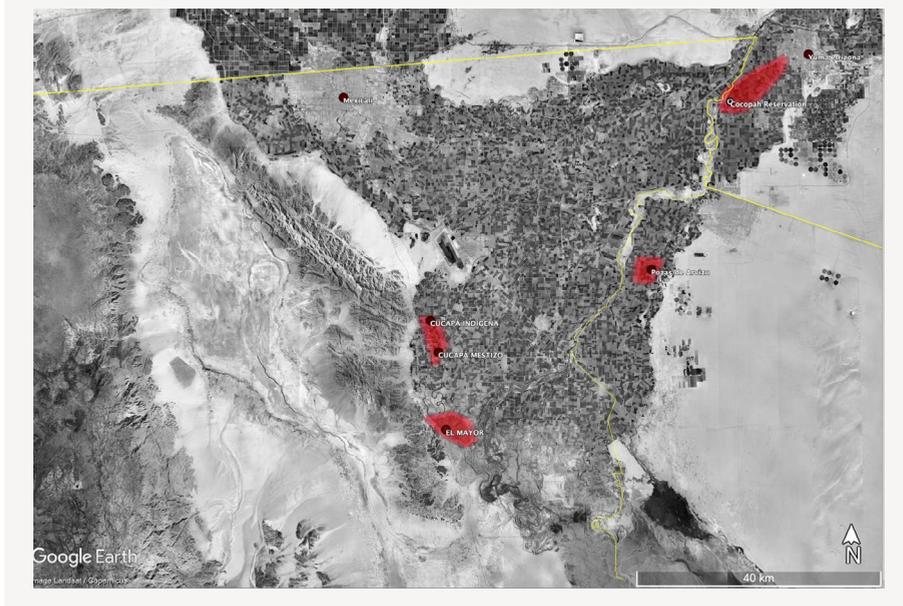
Con el fin de comprender diacrónicamente esta diversidad, el primer paso metodológico —inspirados en gran medida en los trabajos de Cynthia Radding (2008, 2015) sobre grupos étnicos y espacios ecológicos de México entre los siglos XVIII y XIX— fue construir bases de datos para registrar información demográfica y de ubicación de los cucapah. Utilicé como fuentes las etnografías, los documentos y los libros de historia producidos durante la primera mitad del siglo XX. Posteriormente crucé los resultados de cerca de 40 entradas con las narrativas y las cartografías recopiladas en trabajo de campo. Con esta información y echando mano de la herramienta de Google Earth, con Julien Machault elaboramos una serie de mapas para visibilizar la ubicación y el territorio donde se movilizaban los distintos linajes y redes familiares cucapah a lo largo del siglo XX (Mapa 1 y Mapa 2).

MAPA 1. Ubicación de cinco grupos cucapah que habitaban el bajo delta entre 1890 y 1910



FUENTE: Elaborado en Google Earth por Julien Machault y la autora. (1) Wi ahwir, posiblemente cientos de familias ocupaban las dunas cercanas al delta hacia el norte de El Mayor y en el este del río, en Pescador y Pozo Vicente, así como en la actual línea fronteriza. (2) Kwakwarsh vivían en la parte baja de El Mayor, en el límite del agua dulce. (3) Mat skrui residían en el centro del delta, hacia el noroeste de la colonia Lerdo y posiblemente sumaban 20 familias residentes de Noche Buena que trabajaban temporalmente en Yuma. Algunas familias mat skrui residían en Somerton y en Sonora. (4) Hwanyak, ubicados al este del delta, en las mejores tierras de cultivo, así como en Somerton. (5) Hawar, residentes del centro del delta.

MAPA 2. Ubicación de los cucapah en 1940



FUENTE: Elaborado por la autora en Google Earth.

Estos mapas evidencian que, de forma similar a otros pueblos del noroeste de México como los seris o comcáac que residen en las costas del mar de Cortés, el territorio ocupado se redujo drásticamente durante el siglo XX y, con ello, las condiciones para existir colectivamente. Una particularidad del caso de los cucapah es dejar al descubierto que estas políticas poblacionales y territoriales también han eliminado las condiciones necesarias para una organización colectiva de la existencia, entretejida con el parentesco y la memoria anclada a los territorios, cuyo fundamento es la diversidad. Las políticas de concentración poblacional, como he señalado para el caso de los rarámuri que residen en la sierra Tarahumara, Chihuahua, México, son correlatos de ordenamientos territoriales cuyo objetivo es el despojo, este último justificado tendencialmente en la categorización de estas poblaciones o territorios como salvajes, y primitivos (Martínez Ramírez, 2017; Navarrete Linares, 2015).

La información censal de 1900 a 1950 de Baja California, territorio denominado como Distrito Norte hasta su instauración como estado, que con

Adriana Hernández Martínez concentramos en otra base de datos, confirma la operatividad de dicha categorización para los cucapah. Al analizar comparativamente el lugar de origen de la población, la toponimia y las categorías poblacionales, advertimos que el registro de los cucapah y de otros pueblos y naciones amerindias disminuye en esta región hasta desaparecer. Por ejemplo, para 1910 se registraron 1817 personas como “raza indígena” e “idiomas nativos”, tales como cococha o cucapah, maya, mayo, náhuatl, tarasco y zapoteco. Para 1930 se mencionan apenas 11 hablantes de cucapah, uno de mexicano, uno de tarasca y dos de zapoteco; y finalmente para 1950 no hay más hablantes de los denominados “dialectos”. Como he resaltado, este desvanecimiento del registro poblacional en el tiempo, que confirmó en su momento la denominada “extinción” o “integración” de los cucapah al Estado mexicano, es sistemático en todas las fuentes consultadas. Para el caso de los registros censales, sugiero que, sumado a las políticas lingüicidas practicadas por el Estado mexicano y denunciadas por lingüistas y colegas hablantes de otros idiomas como Yasnaya Aguilar y Selene Galindo,⁵ la reducción y la eliminación del registro fue, como decía, el correlato de las políticas de despojo territorial y de concentración poblacional, así como de la eliminación de la diversidad interna de estos pueblos y de las condiciones mínimas de existencia colectiva en diversidad.

Ante este escenario y considerando que las preguntas debían surgir del material de estudio antes que ser impuestas previamente y de forma artificial, cuestioné ¿cómo diseñar un proyecto de investigación? Razón por la cual tuve que problematizar, incluso antes de llegar a formular una pregunta de pesquisa, cómo plantear el desvanecimiento, la ausencia y la omisión de los cucapah, así como el exterminio de las condiciones socioambientales para su existencia colectiva, en las narrativas y documentos históricos de la primera mitad del siglo XX. Ante la fragmentaria y contradictoria información, ¿podría acaso sugerir que el fenómeno al que nos enfrentábamos era un ecocidio y, consecuentemente, al exterminio de las condiciones de existencia de un pueblo, como los cucapah, y, por tanto, un genocidio? ¿Qué podía aprender de este caso para entender otros procesos similares, contemporáneos o ubicados en el pasado en América? Para acercarme a estas complicadas preguntas, tuve que imaginar un diseño

⁵ Ver YouTube, “Intervención de Yasnaya Aguilar, habla en Mixe, por el Año Internacional de las Lenguas Indígenas”, Canal de la Cámara de Diputados, 2019, <https://youtu.be/502lzaNur8c> y “Desde tribuna Selene Galindo pronuncia un discurso en Lengua O’dam”, Canal de la Cámara de Diputados, 2019 <https://youtu.be/bAmqEbuJyTw>

metodológico de investigación y conformar un corpus empírico lo suficientemente robusto, pues como ha indicado Anna L. Tsing (2013, p. 28), “abrir una puerta es un tipo específico de tarea intelectual que exige saltos imaginativos tanto como datos y argumentación”.

Para lograrlo, en el marco del proyecto Laboratorios de Historia Indígena conformé un equipo de investigación que actualmente está constituido por Alejandro Fujigaki Lares, antropólogo especializado en el tema de la muerte y del Antropoceno; Julien Machault, estudiante de doctorado en Estudios Mesoamericanos; Xavie Galvez y Adriana Hernández, estudiantes de la licenciatura en Antropología; Paloma Muñoz y Julia Bravo, estudiantes de licenciatura en Filosofía, y Samuel Flores, estudiante de licenciatura en Sociología. La reinención de las ecologías de las prácticas en nuestro oficio, en sentido desarrollado por Isabelle Stengers para referirse a su variación y su necesaria coexistencia, no solo sucede al reformular las relaciones y las condiciones de producción de conocimientos que cocreamos con nuestros interlocutores amerindios, acontece también al reformular las relaciones de producción académica en la enseñanza, en la investigación y en la escritura. Por ello, como parte de este proyecto, propuse un programa piloto y experimental denominado “Formación integral de investigadores y académicos”, donde los estudiantes de posgrado fungen como tutores de tesis —usualmente un requisito para conseguir trabajo— de los estudiantes de licenciatura. Esto posibilitó que, en el contexto de pandemia, estos últimos tuvieran acceso a investigaciones de primera mano y a vínculos sólidos para entablar redes de investigación virtuales. Con estos resultados busco mostrar que las metodologías de trabajo son parte de ecologías de prácticas académicas e institucionales más amplias. Bajo esta lógica, todo el material generado y almacenado en un *drive* virtual es de uso común. Otro de los resultados de estas condiciones y relaciones de producción de conocimiento es el proyecto de escritura colectiva de un capítulo dedicado al genocidio. Sin estas reformulaciones, posiblemente la reflexión vertida en este capítulo estaría sujeta a la extracción de trabajo y de saberes que, en ocasiones, estructuran las relaciones académicas. En lo que resta de este escrito, describo el diseño de la investigación, las herramientas y los pasos metodológicos que desarrollamos entre agosto de 2021 y abril de 2022.

Hacia una imagen holográfica de la catástrofe

¿Qué implicaciones tendría el reconocer que nuestro presente está cimentado en el exterminio de las condiciones mínimas para la existencia de otros pueblos y de la vida, en el sentido amplio del término? ¿Qué afecciones provocaría reconocer que nuestras formas de vida nacieron de la catástrofe y de las ruinas? Y, desde una perspectiva metodológica, ¿cómo aproximarnos a estas cuestiones? Primero, hay que insistir en que a pesar de considerar distintas disciplinas como la antropología, la geografía, la demografía, la lingüística y la ecología, este estudio de caso multidisciplinario requiere que el enfoque vertebral sea histórico. Esto ha sido relevante para definir qué fuentes son materia de estudio, así como para determinar el tratamiento disciplinario que requiere cada una de ellas. Segundo, es preciso advertir que si bien nuestras premisas de trabajo son la reflexividad, la relacionalidad y las afecciones, reconocemos la importancia de contar con un corpus empírico robusto y de atender la rigurosidad metodológica y analítica de cada disciplina con el fin de lograr plantear preguntas en torno al complicado y delicado tema del genocidio.

En este marco, operamos de la siguiente forma. Luego de conformar un equipo y de acordar las condiciones y las relaciones de producción de conocimiento colectivamente, constituimos células de trabajo para estudiar extensiva e intensivamente tres temas definidos a partir del material inicial: 1) Población, parentesco, censos y movilidad; 2) Léxicos de flora y fauna; y 3) Procesos funerarios y fin del mundo. En breve, explico la elección, el diseño metodológico y el procedimiento de investigación de cada tema o de cada capa de información. Antes, es necesario indicar que el objetivo de estudiar de forma separada estas capas es contar con al menos tres imágenes detalladas que podamos superponer una sobre otra para obtener una imagen holográfica del exterminio de las condiciones mínimas para la existencia colectiva de los cucapah. Somos conscientes de que dicha imagen es parcial y que las conexiones entre las distintas capas de información serán parciales. Aun así, siguiendo esta misma metodología, podrían sumarse —ya sea por nuestro equipo de investigación o por otras personas interesadas en el tema— cuantas capas fueran necesarias para dotar de mayor nitidez a este holograma. El diseño que presento es apenas un primer paso, o bien podría decirse en términos de Deleuze, un rizoma entre otros que desea la multiplicación no jerarquizada de estas capas de información y de este tipo de diseños para la investigación histórico-antropológica para acercarnos a

los genocidios cometidos entre pueblos amerindios. La imagen holográfica que resulte revelará las preguntas y los problemas a enfrentar en la futura investigación sobre este tema.

Población, parentesco, censos y movilidad cucapah durante la primera mitad del siglo XX

Julien Machault, Samuel Flores e Isabel Martínez conformamos el equipo de trabajo. Nuestro punto de partida fueron las bases de datos sobre ubicación de los cucapah en el valle de Mexicali, Baja California, y en Yuma, Arizona, los registros censales y los registros geográficos. Esta información era escueta y nos preguntamos cómo ampliar las fuentes de información sobre el tema. Julien Machault sugirió, en el marco de la contingencia por COVID-19, realizar investigación de archivo en repositorios digitales como Family Search. Operado por la Iglesia de Jesucristo de los Santos de los Últimos Días, el sitio web de Family Search fue establecido en 1984 y es una de las organizaciones genealógicas más grandes del mundo; ofrece registros, material educativo y software sobre genealogía. Samuel Flores, estudiante de sociología, elaboró, durante su servicio social, una base de datos con 50 entradas sobre la población cucapah identificada en este acervo virtual que databan de entre fines del siglo XIX a mediados del siglo XX. Pese a que solo 26 registros señalaban el lugar de asentamiento y, en ocasiones, el lugar de origen, esta información era una evidencia de cómo algunas personas que residían en México decidieron establecerse como redes familiares, y no como individuos, en Yuma, Arizona. Por otras fuentes, sabemos que tal movilización fue condicionada por: la creación de las reservaciones en Somerton, Arizona; la proclamación de la Ley de Inmigración de 1917, conocida como Ley Burnett que requería a los extranjeros leer, escribir y pagar un alto impuesto; la suspensión definitiva, en 1936, por parte del servicio de Inmigración de la licencia a los “indígenas” para cruzar la frontera desde México y trabajar en los valles Yuma e Imperial; y, de acuerdo con José Alfredo Gómez Estrada (2000, p. 110-111) por la erosión de los sistemas socioecológicos del río Colorado o, como sugiere William H. Kelly (1977, p. 10-11), por el proceso de despojo que acompañó la instauración de los ejidos y de las comunidades. Sumado a esto, Samuel Flores identificó información más detallada contenida en microfilms anidados en acervos como Internet Archive, The Library of Congress y Ancestry.

Pese a los avances logrados, esta información es fragmentaria y apenas bosqueja algunos trazos de una imagen más compleja. Por ello, una vez que podamos acceder a otros acervos, haremos investigación en el Archivo del Agua, el Archivo del Registro Agrario y el Archivo General de la Nación en Ciudad de México, así como en los archivos estatales y municipales de Baja California, tales como el Archivo Histórico del Estado de Baja California. Luego de hacer esta labor, esperamos contar con una base de datos lo suficientemente representativa para otorgar detalles sobre los linajes, las redes familiares, la toponimia, la ubicación y los espacios de ocupación de los cucapah a lo largo de la primera mitad del siglo XX.

Léxico de flora y fauna: cucapah como lengua en riesgo

En México, el cucapah, lengua que pertenece a la rama yumana de la familia cochimí-yumana, está en alto riesgo de desaparecer por el desplazamiento lingüístico del español, pues para 2020 apenas contaba con 77 hablantes. De acuerdo con los lingüistas especializados, los únicos que pueden hacer que una lengua siga viva son los cucapah; las personas externas podemos contribuir con este proceso si paralelamente trabajamos para fortalecer las condiciones sociales, culturales y políticas de los hablantes.⁶ Durante las primeras etapas del desarrollo del diseño metodológico presentado hasta este momento, advertí un registro detallado sobre léxico de flora y de fauna en las etnografías producidas durante la primera mitad del siglo XX. Adriana Hernández elaboró una base de datos con más de 100 entradas. Esta documentación es una constatación de las complejas relaciones que los cucapah mantenían con el entorno, pues como señaló Andrew S. Mathews, ecólogo forestal pionero en integrar la historia natural y el análisis social, las palabras son un índice de las intrincadas relaciones entre las personas y las plantas (en Tsing et al., 2017, p. 152). Sumado a esto, la desaparición de un individuo o una especie, ambos entendidos como ecosistemas, implica la pérdida de relaciones únicas que, en la mayoría de los casos, son imposibles de reconstruir o de recuperar y que, podría agregar, se expresan en la lengua (en Tsing et al, 2017, p. 66).

6 Pascacio Montijo, E. (9 de julio de 2021). Los cucapá: una cultura viva. *Este País*. <https://estepais.com/impreso/numero-362-julio-de-2021/los-cucapa-una-cultura-viva/>

¿Qué podíamos hacer con este material, metodológicamente hablando, para robustecer un fundamento empírico capaz de encarar las cuestiones sobre el genocidio y la destrucción de las condiciones mínimas de existencia del pueblo cucapah? Xavie Galvez, Julia Bravo e Isabel Martínez conformamos otra célula de investigación. Primero decidimos crear una base análoga de información a las de población y censos. Para ello, buscamos en fuentes bibliográficas de corte etnográfico o educativo, y fuentes documentales producidas por instituciones como el Inali, el Inegi y el actual INPI información sobre léxico vegetal y animal. Dada la escasez de la información y con el fin de contar con un panorama comparativo, decidimos ampliar el lapso temporal de estudio hasta el siglo XXI. Suponemos que la información recabada presentará el mismo patrón de desvanecimiento gradual y de omisión reportada en el resto de las bases de datos. Finalmente, con la colaboración de Adriana Hernández, organizamos una base de datos dedicada a reunir los testimonios de hombres y de mujeres cucapah dispersos en la literatura que refuerzan la documentación recopilada sobre los radicales cambios ambientales sucedidos en la región, tal como el de Adela Sandoval Portillo registrado en entrevista por Alfredo Gómez Estrada en 1992:

La tierra estaba partida, partida por la sequedad y las grietas eran tan grandes que les cabía un zapato. Lo único verde eran los mezquites, los sauces y los pinillos, todo lo demás se veía como cuando se acaban las siembras, como cuando se viene una helada y deja todo amarillo. Entonces la situación se puso muy dura, hasta para los animales. Hubo una tremenda mortandad de aves, caían pájaros de todos colores y codornices, mortandad grande. En el lecho del río había pescados muertos por todas partes,apestaba el animalero. [...] Yo oía decir a los grandes que había sequía porque no hubo nevadas en el norte, pero yo creo que deben haber hecho algún represo, en Estados Unidos, y de repente se acabó el agua. Eso fue en el [año] 32 o en el 33, no estoy segura, lo que sé es que las sequías que recuerdo, no hubo ninguna como esa.⁷

Con este material procuraremos construir en el futuro inmediato y con las personas que actualmente se autoadscriben como cucapah, preguntas específicas sobre cómo tejer la investigación académica con intervenciones educativas o

7 Entrevista a la señora Adela Sandoval Portillo realizada por José Alfredo Gómez Estrada (2000), Ejido Cucapah Mestizo, municipio de Mexicali, 30 de marzo de 1992.

con políticas lingüísticas que consideren, como una condición de conservación de la lengua, el fortalecimiento de ecosistemas, flora y fauna locales, así como de las condiciones mínimas para la existencia colectiva de este pueblo. Será en este momento en que, posiblemente, logremos la reinención de la ecología de nuestras prácticas académicas, ya que el ejemplo del diseño presentado hasta este momento procura ser una investigación *para* y *con* los cucapah, y no una investigación *sobre* la gente. Pese a que inicialmente practicamos la coproducción, la contingencia sanitaria por COVID-19 impidió realizar esta investigación sobre el terreno y adquirió un carácter documental. Aun así, proyectamos que uno de los siguientes pasos es volver a conversar con los cucapah interesados y entregar, si así lo desean, toda la información recabada virtualmente.

Palabras finales

En este capítulo describí el diseño metodológico cuyo objetivo es recrear históricamente aquello que Anna L. Tsing (2013) denominó *asambleas*, esto es, las relaciones de aquellos que están o, en el caso que nos ocupa, que estaban reunidos. Suponemos que al sobreponer las capas de información construidas lograremos contar con una imagen holográfica multidimensional de las trayectorias de existencia que fueron destruidas y, con ello, una imagen que explique cómo las condiciones de existencia de los cucapah no solo se han modificado, sino ante todo fueron destruidas durante la primera mitad del siglo XX. Reflexioné sobre la urgencia de reimaginar las ecologías de las prácticas académicas implicadas en cualquier investigación durante el trabajo de campo, de archivo y en la escritura. El proyecto presentado está en marcha, por tanto, aún resta mucho por aprender. Una primera enseñanza de este proceso de investigación es evidenciar que la metodología es constitutiva de los argumentos que se pretende demostrar.

Cierro este escrito con un comentario sobre la capa de información dedicada a documentar la transformación —por prohibición e imposición— de las relaciones de los cucapah con los muertos y con la muerte. Decidí concluir con este tema porque intuía que el corazón de la pregunta que guía esta investigación es la muerte individual, colectiva y de *asambleas*, esto es, de relaciones complejas entre humanos y no humanos. Alejandro Fujigaki Lares y Paloma Muñoz conforman este equipo y han documentado, a través de la cuidadosa lectura de las etnografías de la mitad del siglo XX, cómo los rituales mortuorios, las danzas de cuero cabelludo (*scalp dances*) y las guerras tribales fueron prohi-

bidas. Debemos a Alejandro Fujigaki (2022) estudios comparativos detallados sobre los procesos mortuorios de las poblaciones que han habitado el noroeste mexicano. Una de las aportaciones más relevantes de este antropólogo sobre el tema ha consistido en destacar la particularidad de dichos procesos y la diferencia, en ocasiones radical, de otras tradiciones, como las mesoamericanas. El caso de los cucapah no es distinto, al igual que otros pueblos, naciones o linajes yumanos, realizaban cremaciones y dobles exequias.

La relevancia de esta capa de información consiste en evidenciar que las condiciones de existencia, tanto como las de felicidad colectiva, como advertía Eduardo Viveiros de Castro (2018, p. 192), no pueden ser definidas por terceros. Radica en dejar al descubierto que cierta información que ante nuestros ojos aparecería como accesorio, desde la perspectiva de los pueblos amerindios es tan importante como el territorio o el ambiente o, dicho de otra manera, la relevancia reside en conexiones que no son claramente evidentes para nosotros. La experiencia global provocada por la pandemia de COVID-19 abrió un vínculo de empatía —que Alejandro Fujigaki ha denominado empatía egoísta, pues solo surge luego de padecer un sufrimiento o una experiencia similar— para entender por qué el tratamiento mortuario de los cuerpos es constitutivo de las condiciones de existencia de las que vengo hablando. ¿Qué impacto tuvo en las condiciones mínimas de existencia de los cucapah prohibir sus exequias y obligarlos a enterrar a sus muertos, qué efecto tuvo sobre sus redes parentales, de memoria, territoriales y de organización social las prohibiciones de las guerras y de las danzas de cuero cabelludo?

Para cerrar este capítulo sugiero un ejercicio de imaginación de tipo reversible que posiblemente nos ayude a recrear mínimamente las relaciones que fueron destruidas y que es difícil evocar desde nuestro punto de existencia. Imaginemos que nuestra movilidad se ve reducida y que nos impiden tratar a nuestros muertos como solíamos hacer —esto es sencillo, pues lo vivimos de alguna manera con el COVID-19—, ahora, imaginemos que además los lugares donde solíamos encontrar comida y abrigo, relaciones con plantas, con animales, con espíritus y otros seres son destruidos, imaginemos que debemos comer algo distinto, vestirnos distinto e incluso hablar una lengua diferente, porque personas recién arribadas al territorio que ocuparon nuestros ancestros decidieron que había algo equivocado y errado en nosotros. Imaginemos, en fin, que somos obligados a convertirnos en otra cosa y que luego de eso, ciertas personas tienen la delicadeza de exaltar nuestras capacidades de resistencia cuando esa

era la única opción. Ahora, sugiero que nos coloquemos del otro lado de esta relación, imaginemos por un segundo que las condiciones mínimas de nuestra existencia urbana, progresista y desarrollista se fundamentan en esa destrucción y en esa catástrofe. Observemos, con curiosidad y sin miedo, quiénes somos desde esa otra mirada.

El diseño metodológico presentado busca crear una imagen holográfica que provoque este encuentro y nuevos encuentros.

Agradecimientos

Investigación realizada gracias al Programa UNAM-PAPIIT IN404220, Laboratorios de historia indígena contemporánea. Agradezco a la Lic. Guadalupe Hernández Preciado la revisión del manuscrito final.

Referencias

- Alvarez de Williams, A. (1975). *Travelers among the Cucapá*. Dawson's Book Shop.
- Castetter, E. F. y Bell, W. H. (1951). *Yuman Indian Agriculture: Primitive Subsistence on the Lower Colorado and Gila Rivers*. University of New Mexico Press.
- Favret-Saada, J. (2010). *Deadly Words: Witchcraft in the Bocage*. Cambridge University Press.
- Forde, C. Daryll. (1931). *Ethnography of the Yuma Indians*. (Vol. 28). University of California Publications American Archaeology and Ethnology.
- Fujigaki, A. (2022). Transmigrar entre planos de existencia. Desanidando las Mitológicas desde el norte de México. *Revista de Antropología de la USP*, 65(1), e192789. DOI:10.11606/1678-9857.ra.2022.192789
- Garduño, E. (1991). *Voces y ecos de un desierto fértil*. Universidad Autónoma de Baja California.
- Garduño, E. (2011). *De comunidades inventadas a comunidades imaginadas y comunidades invisibles: movilidad, redes sociales y etnicidad entre los grupos indígenas yumanos de Baja California*. Universidad Autónoma de Baja California, Centro de Investigaciones Culturales Museo.
- Garduño, E. (2015). *Yumanos*. Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas.

- Garduño, E. (2016). *En donde sale el sol. Decadencia y revitalización de la cultura yumana en Baja California*. Universidad Autónoma de Baja California.
- Garduño, E. (2020). *Los cucupá*. (Vol. III). Universidad Autónoma de Baja California, Instituto de Investigaciones Culturales-Museo.
- Gifford, E. W. (1933). *The Cocopa*. (Vol. 31). University of California Press.
- Gómez Estrada, J. A. (2000). (Vol. 15). *La gente del delta del Río Colorado. Indígenas, colonizadores y ejidatarios*. Universidad Autónoma de Baja California.
- Herrera Carrillo, P. (1958). *Colonización del Valle de Mexicali, B. C.* Compañía mexicana de terrenos del Río Colorado, S.A.
- Kelly, W. H. (1942). Cocopa Gentes. *American Anthropologist*, 44(4), 675-91. DOI: 10.1525/aa.1942.44.4.02a00090
- Kelly, W. H. (1977). *Cocopa Ethnography*. (Vol. 29). The University of Arizona Press.
- Kerig, D. P. (2001). *El valle de Mexicali y la Colorado River Land Company, 1902-1946*. (Vol. 17). Universidad Autónoma de Baja California.
- Kniffen, F. B. (1932). Lower California Studies IV: The natural landscape of the Colorado Delta. *University of California Publications in Geography*, 5(4), 149-245.
- Kroeber, A. L. (1920). Yuman Tribes of Lower Colorado. *American Archaeology and Ethnology*, 16(8), 475-85.
- Kroeber, A. L. (1925). *Handbook of the Indians of California*. (Vol. 78). Smithsonian Institute, Bureau of American Ethnology, Government Printing Office.
- Lumholtz, C. (1912). *New Trails in Mexico. An Account of One Year's Exploration in North-Western Sonora, Mexico, and South-Western Arizona 1909-1910*. Charles Scribener's Sons.
- Martínez Ramírez, M. I. (2017). «Nadie está aislado de nadie». Descripciones prescriptivas de los Otros en la Sierra Tarahumara. *Estudios de historia moderna y contemporánea de México*, 53, 38-58. DOI: 10.1016/j.ehmcm.2016.11.001
- Martínez Ramírez, M. I. (2020). *Teoría etnográfica. Crónica por la antropología rarámuri*. Instituto de Investigaciones Históricas-Instituto de Investigaciones Antropológicas, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Martínez Ramírez, M. I. (2021). Invervenir... Intuiciones metodológicas. En María Isabel Martínez Ramírez y Johannes Neurath (Coords.), *Cosmopolítica y cosmohistoria: una anti-síntesis (167-190)*. SB.
- Martínez Ramírez, M. I., Fujigaki Lares A. y Bonfiglioli, C. (Coords.). (2019). *Reflexividad y alteridad Volumen I. Estudios de caso en México y Brasil. Serie*

- Antropológica*. Instituto de Investigaciones Históricas, Instituto de Investigaciones Antropológicas, 2019.
- Martínez Ramírez, M. I y Pascacio Montijo, E. T. (2021). Cartografías cucapah. Investigación cocreativa sobre la lengua, el paisaje y la historia en Baja California. *Cuicuilco Revista de Ciencias Antropológicas*, 28(82), 63-100. <https://revistas.inah.gob.mx/index.php/cuicuilco/article/view/17649>
- Martínez, P. L. (2011). *Historia de Baja California*. (Vol. 18). Universidad Autónoma de Baja California.
- Navarrete Linares, F. (2015). *Hacia otra historia de América: nuevas miradas sobre el cambio cultural y las relaciones interétnicas*. Instituto de Investigaciones Históricas, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Piñera Ramírez, D. (1991). *Ocupación y uso del suelo en Baja California: de los grupos aborígenes a la urbanización dependiente*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Piñera Ramírez, D. (2006). *Los orígenes de las poblaciones de Baja California: factores externos, nacionales y locales*. Universidad Autónoma de Baja California.
- Povinelli, E. A. (2016). *Geontologies a Requiem to Late Liberalism*. Duke University Press.
- Radding, C. (2008). *Paisajes de poder e identidad. Fronteras imperiales en el desierto de Sonora y bosques de la Amazonia*. Universidad Autónoma Metropolitana, División de Ciencias Sociales y Humanidades, Coordinación de Difusión y Publicaciones, Unidad Azcapotzalco, El Colegio de Sonora.
- Radding, C. (2015). *Pueblos de frontera. Coloniaje, grupos étnicos y espacios ecológicos en el noroeste de México, 1700-1850*. El Colegio de Sonora, Instituto Sonorense de Cultura, Universidad de Sonora y The University of North Carolina en Chapel Hill.
- Stengers, I. (2017). *En tiempos de catástrofes. Cómo resistir a la barbarie que viene*. Futuro Anterior Ediciones.
- Sykes, G. G. (1937). *The Colorado delta*. (Vol. 19). Carnegie Institution of Washington and the American Geographical Society of New York.
- Tsing, A. L. (2013). More-than-Human Sociality: A Call for Critical Description. En Kirsten Hastrup (Ed.), *Anthropology and Nature* (p. 27-42). Routledge.
- Tsing, A. L. (2015). *The Mushroom at the End of the World: On the Possibility of Life in Capitalist Ruins*. Princeton University Press.
- Tsing, A., Heather S., Gan, E. y Bubandt N. (Eds.). (2017). *Arts of Living on Damaged Planet Monsters of Anthropocene*. Minnesota Press.

- Viveiros de Castro, E. (2018). En Brasil todos son indios, excepto quien no lo es. *Revista Jangwa Pana*, 17(2), 184-196. DOI: 10.21676/16574923.2469
- Webb Hodge, F. (1907). *Handbook of American Indians north of Mexico*. (Vol. 3). Smithsonian Institute, Bureau of American Ethnology, Government Printing Office.

PARTE IV

**RETOS EN LA CONFORMACIÓN DE
REDES DE COLABORACIÓN EN LA
INVESTIGACIÓN SOCIOAMBIENTAL**

CAPÍTULO 12

El reto de coordinar grupos multidisciplinares en los temas de sociedad y ambiente relacionados a energías renovables

Antonio Rodríguez Martínez¹
y Esmeralda Cervantes Rendón²

Resumen

En México, es necesario contar con grupos de investigación multidisciplinares que permitan interactuar e intercambiar conocimientos, experiencias e ideas desde distintos puntos de vista y áreas del conocimiento para atender problemas complejos de resolver. Con la creación en 2016 de la red temática Conacyt de Sustentabilidad Energética, Medio Ambiente y Sociedad (Red SUMAS), se organizó un grupo de investigadores, estudiantes y sociedad

1 Investigador asociado de El Colegio de Chihuahua. Correo: arodriguez@colech.edu.mx

2 Profesora de tiempo completo de El Colegio de Chihuahua. Correo: ecervantes@colech.edu.mx

civil para coadyuvar a la resolución de problemas de energía y medio ambiente, particularmente el desarrollo e integración de energías renovables para atender problemas de seguridad energética, hídrica y de alimentos. El objetivo del presente trabajo es abordar la creación de la Red SUMAS, así como los retos de organizar y coordinar un grupo multidisciplinario en temas de energía y medio ambiente.

Palabras clave: Red SUMAS; energía; medio ambiente; sociedad.

Abstract

In Mexico, it is necessary to have multidisciplinary research groups that allow interacting and exchanging knowledge, experiences and ideas from different points of view and areas of knowledge to address complex problems to solve. With the creation in 2016 of the thematic network Conacyt of Energy Sustainability, Environment and Society (SUMAS Network), a group of researchers, students and civil society was organized to assist in the resolution of energy and environmental problems, particularly the development and integration of renewable energies to address energy, water and food security problems. The objective of this paper is to address the creation of the SUMAS Network, as well as the challenges of organizing and coordinating a multidisciplinary group on energy and environment issues.

Keywords: SUMAS network; energy; environment; society.

Introducción

El Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2013-2018, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 20 de mayo de 2013, establece dentro de sus objetivos “hacer del desarrollo científico, tecnológico y la innovación pilares para el progreso económico y social sostenible” (DOF, 2013). En concordancia con el PND, el Programa Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación 2014-2018 (Conacyt, 2018), publicado en el Diario Oficial de la Federación el 30 de julio de 2015, asumió las estrategias tales como el crear y promover redes de investigación en prioridades del sector ciencia, tecnología e innovación, que incluyeran a científicos y tecnólogos radicados en el extranjero, de manera que se ampliaran las redes de talentos mexicanos en el exterior como agentes de innovación, desarrollo económico y tecnológico en México. En particular, en la Ley de Ciencia

y Tecnología (2015) dispuso el establecimiento de redes para la investigación científica, el desarrollo tecnológico y la innovación.

El trabajo científico en redes de colaboración promueve una mayor productividad académica, siendo mejor cuando se tienen liderazgos dentro de los grupos con investigadores centrales que promueven el trabajo con otros investigadores (García, 2013), es por ello la relevancia de la promoción del trabajo mediante redes de investigación con una temática que los guíe en el desarrollo de proyectos en conjunto.

Con base en lo anterior y de acuerdo con las atribuciones del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt), en el año 2012 inició el programa para la creación de redes temáticas de conocimiento en México con un presupuesto de casi 55 millones de pesos repartidos en 30 proyectos de redes. Lamentablemente, en el 2013 el programa no contó con presupuesto, por lo que no se pudo dar continuidad a las recién creadas redes. En el año 2014 se reinició el programa con un presupuesto de 40 millones de pesos y 35 proyectos aprobados. En 2015, con un presupuesto de 150 millones de pesos, se logró financiar 51 redes temáticas. En el 2016 y con un récord histórico de presupuesto (159.48 millones de pesos) nace la Red temática Conacyt de Sustentabilidad Energética, Medio Ambiente y Sociedad (Red SUMAS), con un presupuesto asignado de 1.61 millones de pesos. En el 2016 se aprobaron 79 redes temáticas; algunas redes lograron el presupuesto máximo de 3 millones de pesos y algunas otras con un presupuesto mínimo de 0.52 millones de pesos. En el 2017 el presupuesto de Conacyt para el programa de redes disminuyó a 98 millones de pesos, los cuales se destinaron a financiar las actividades de 81 proyectos. En el 2018 y con un recorte nuevamente en el presupuesto del Conacyt para el programa de redes (66.3 millones de pesos) se dio continuidad a 90 proyectos. Cabe mencionar que en el año 2019 el Conacyt no contó con recursos para poder dar continuidad a las redes creadas o de nueva creación, lo cual implica un reto.

Inicio de la Red SUMAS

En 2016 la Red SUMAS obtiene financiación por primera vez por parte del Conacyt para desarrollar trabajo colegiado en materia de energía, medio ambiente y sociedad. Sin embargo, el inicio y concepción misma de la Red SUMAS data de 2015 en un lugar muy alejado de México. El inicio de la Red SUMAS se gestó durante el 34th *International Energy Workshop* (IEW) con los colegas Helena Ca-

bal, del Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT), España; Georgios Giannakidis, del Energy Technology Systems Analysis Program (ETSAP), Grecia; Marisse Labriet, de Environment Energy Consultants (Eneris), España; y Ariel Macaspac del Fraunhofer Institut, Alemania. Durante las sesiones de trabajo y recesos en el IEW se logró establecer líneas de interés común para posibles colaboraciones entre las diferentes instituciones.

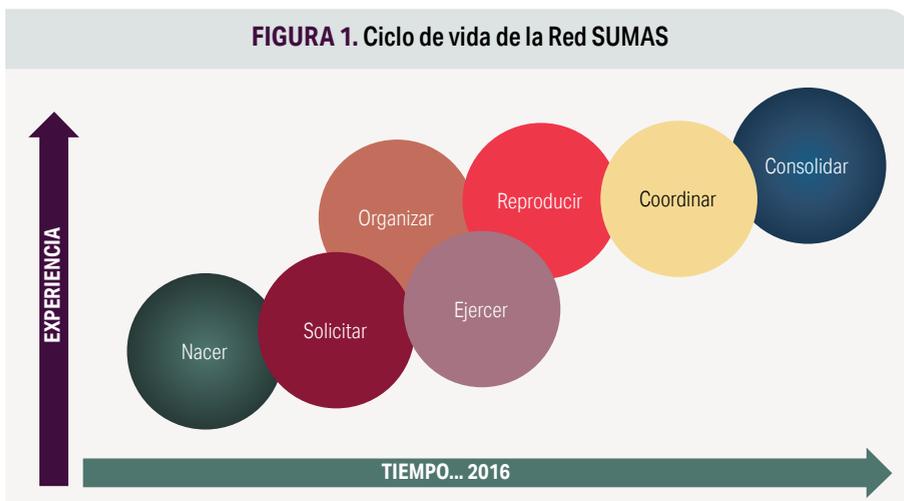
La importancia de agregar la parte de sociedad dentro de la Red SUMAS fue debido a que, para llegar a una sustentabilidad energética, es necesario considerar a la sociedad, surgiendo de este modo la necesidad de incluir dentro de la red no solamente los perfiles de ingeniería y ciencias exactas, sino también de las ciencias sociales, así como otro tipo de instituciones como las organizaciones de la sociedad civil (OSC), ya que como lo menciona Ariztía et al. (2017), se requiere de estudios sociales sobre la energía que incluyan las prácticas diarias de consumo de energía, los sistemas sociotécnicos, los conflictos socioambientales, la economización de la energía, el factor humano en la transición a la sostenibilidad y la ontología.

Con esto en mente, una primera colaboración fue la presentación de la propuesta de proyecto 2015-01-668 “Evaluación ambiental y socioeconómica del presente y futuro sistema eléctrico mexicano para alcanzar los objetivos de mitigación del cambio climático”, en la convocatoria de Conacyt de Problemas Nacionales 2015. En la propuesta intervinieron el CIEMAT, el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE, hoy Instituto Nacional de Electricidad y Energía Limpias, INEEL) y el Centro de Investigación en Ingeniería y Ciencias Aplicadas (CIICAp) de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM). Desafortunadamente la propuesta no resultó favorecida, sin embargo, la retroalimentación que se solicitó al Conacyt sirvió de base para postular en 2016 el proyecto de la Red SUMAS.

El ciclo de vida de la Red SUMAS

El ciclo de vida de la Red SUMAS se puede resumir en la Figura 1, en donde se muestran distintas actividades que se han desarrollado y su relación con el grado de experiencia adquirido en función del tiempo. En las siguientes subsecciones se comentan las diferentes actividades y los retos que han supuesto.

FIGURA 1. Ciclo de vida de la Red SUMAS



FUENTE: Elaboración propia.

Nacer: el reto de la formulación de la propuesta

En febrero de 2016 se publicó la convocatoria para la formación y continuidad de redes temáticas de Conacyt. Mediante reuniones virtuales y presenciales se logró en una primera instancia formular la propuesta de proyecto, en donde la justificación principal fue que el sector energético en México era el motor del desarrollo económico del país y el responsable de la emisión de la mayoría de los gases de efecto invernadero. Con base en lo anterior, el objetivo general de la Red SUMAS fue el análisis de las implicaciones de las políticas públicas y prospectivas del sistema energético mexicano hacia un desarrollo sostenible. En esta primera propuesta, los objetivos específicos fueron:

- Formar una red de conocimiento para el análisis de las implicaciones de las políticas públicas y prospectivas del sistema energético mexicano hacia un desarrollo sostenible.
- Formar recursos humanos mediante cursos o talleres relacionados con los temas de sustentabilidad energética, medio ambiente y sociedad.
- Integrar entidades federativas, así como organismos públicos y privados, nacionales o internacionales, mediante jornadas de puertas abiertas, interesados en el tema de sustentabilidad energética, medio ambiente y sociedad.

- Crear una base de datos de recursos humanos de IES, CI, organismos públicos y privados, nacionales o internacionales, relacionados con la sustentabilidad energética, medio ambiente y sociedad.

El grupo de trabajo que se presentó en la propuesta 2016 estaba compuesto por 35 miembros, de los cuales 15 eran investigadores, siete estudiantes y 13 externos. Los miembros eran de seis Instituciones de Educación Superior (IES) de México y tres del extranjero, dos Centros de Investigación (CI) en México y cuatro del extranjero, así como dos empresas mexicanas y una del extranjero.

Las IES nacionales que participaron fueron: el Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM), la Universidad de Guanajuato (UG), la Universidad Autónoma de Tlaxcala (UATx), la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM), la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH) y la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT).

Mientras que, en el caso de las universidades extranjeras, se contó con la colaboración de la Nova University of Lisbon, Portugal; la Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED), España, y la Universidad Politécnica de Madrid (UPM), España.

Dentro de los centros de investigación nacionales se tuvo la participación del Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE) y del Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE).

En el caso de los centros del extranjero, participaron el Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT), Center for Renewable Energy Sources and Saving (CRES), Grecia; Institute of Development Studies, Reino Unido, y Sustainability Management and Infrastructure Economics, Fraunhofer Center, Alemania.

Además de la academia, se tuvo la colaboración de las empresas nacionales ANDRITZ, México, y Energías Alternas, Estudios y Proyectos (ENAL); en el caso de las extranjeras se contó con el apoyo de Environment Energy Consultants (Eneris), España.

Se puede observar la diversidad de instituciones tanto nacionales y académicas con las que se dio inicio a esta red de colaboración, tratando de tener una mayor cobertura para poder tener varias experiencias y puntos de vista sobre el eje central de la red.

Solicitar: el reto de presentar la propuesta ante el Conacyt

La diversidad del grupo multidisciplinario y de diferentes instituciones tanto nacionales como extranjeras supuso un reto importante de coordinación y organización para presentar la propuesta en los plazos establecidos por el Conacyt, debido principalmente a que cada miembro tenía que redactar y enviar una carta de interés por participar en la Red SUMAS.

Un reto paralelo importante en esta fase de presentación de la propuesta fue el obtener la carta de postulación por parte del responsable institucional de la UAEM ante Conacyt. El tiempo que se puede tardar en obtener la carta de postulación es muy variable y depende de los procedimientos administrativos de cada institución. En el caso de la UAEM, la solicitud de carta de postulación debe estar acompañada de un resumen ejecutivo y la propuesta en extenso. Con la información lista, se debe solicitar el visto bueno al director del CIICAp. Con el visto bueno del director del CIICAp se envía la solicitud al responsable administrativo del CIICAp para que elabore un oficio a Secretaría Académica de la UAEM solicitando la carta de postulación. Cuando la información es revisada por la Secretaría Académica, se turna a la dirección jurídica de la UAEM para su análisis y visto bueno. De la Secretaría Académica y jurídico se turna finalmente al responsable institucional para firma. Cabe mencionar que sin la carta de postulación no es posible presentar propuesta alguna de proyectos en la plataforma de Conacyt.

Organizar y ejercer: los retos de logística y tiempos

El 17 de mayo de 2016 se recibió notificación por parte de Conacyt de que la Red SUMAS había sido aprobada para recibir financiamiento y que debía ejercer el presupuesto como máximo el 30 de noviembre del mismo año.

En cuanto se tuvo la notificación se procedió a informar a todas las instancias administrativas de la UAEM debido a que el responsable institucional debía firmar electrónicamente el Convenio de Asignación de Recursos (CAR) de Conacyt. El 2 de junio, es decir, 16 días después, el rector de la UAEM firmó electrónicamente el CAR. Con sólo 16 días hábiles de trabajo antes del periodo vacacional de verano de la UAEM, se tuvo que organizar el 1er Congreso Internacional de la Red SUMAS (Red SUMAS, 2016a). El reto con tan poco tiempo fue en dos aspectos: académico y administrativo.

Durante el congreso se llevaron a cabo reuniones solo de los miembros de la Red SUMAS y se definieron los siguientes objetivos estratégicos:

1. Evaluar el impacto económico, medioambiental y social de recursos energéticos limpios en México mediante herramientas y modelos energéticos.
2. Evaluar las dimensiones económicas, medioambientales y sociales en México del nexo energía-agua-tierra-alimentos.
3. Aplicar desarrollo tecnológico para la aplicación práctica de soluciones energéticas sustentables.

Es importante mencionar que los objetivos definidos en el 2016 siguen vigentes y han permitido que se haga investigación y vinculación entre los miembros de la Red SUMAS durante los últimos tres años.

Con la experiencia adquirida tanto académica como administrativa del primer congreso, en septiembre y octubre de 2016 se organizaron todas las actividades para realizar el 2^{do} Congreso Internacional de la Red SUMAS en el mes de noviembre de 2016 (Red SUMAS, 2016b). El número de asistentes al 2^{do} Congreso fue más del doble respecto al primero, pasando de 30 a 97 asistentes.

Los objetivos que se plantearon para el segundo encuentro fueron:

1. Realizar reuniones del Consejo Técnico Académico, miembros investigadores y miembros alumnos para el intercambio de experiencias y líneas de investigación enfocadas al análisis de las implicaciones de las políticas públicas y prospectivas del sistema energético mexicano hacia un desarrollo sustentable.
2. Impartir conferencias por parte de los miembros de la Red SUMAS a la comunidad universitaria y público en general con temas de sustentabilidad energética, medio ambiente y sociedad.
3. Sesión de carteles de los miembros estudiantes.
4. Integrar entidades federativas, así como organismos públicos y privados, nacionales o internacionales, mediante jornadas de puertas abiertas, interesados en el tema de sustentabilidad energética, medio ambiente y sociedad.
5. Crear una base de datos de recursos humanos de instituciones de educación superior, centros de investigación, organismos públicos y privados, nacionales o internacionales, relacionados con la sustentabilidad energética, medioambiente y sociedad.

En la Figura 3 se muestran algunas actividades realizadas durante el 2^{do} Congreso. Todas las actividades académicas, tales como reuniones de proyectos, sesión de carteles e intercambio de experiencias entre los miembros de la Red SUMAS fueron exitosas, sin embargo, un detalle que no se cuidó fue el reservar un momento para la toma de la foto oficial del evento. En la Figura 3 se puede observar la fotografía que se hizo con algunos miembros de la Red SUMAS y que contrasta por ejemplo con las reuniones de proyectos o la sesión de carteles. Dentro de las actividades de los congresos o reuniones de trabajo es muy importante contar con evidencia fotográfica que permita dar fe de la participación.

La relevancia de los resultados obtenidos del primer año de la Red SUMAS se puede agrupar en:

- a. Formación y fortalecimiento de capital humano de alto nivel
 - Dos congresos internacionales.
 - Veintisiete conferencias por parte de miembros investigadores, de las cuales 12 se impartieron en el primer congreso y 15 en el segundo.
 - Diez reuniones de trabajo con todos los miembros para el intercambio de experiencias y definición de los objetivos de la Red SUMAS a corto, mediano y largo plazo.
 - Presentaciones y sesiones de carteles por parte de los miembros estudiantes predoctorales.
 - Ambos congresos fueron abiertos a la comunidad académica y al público en general.
 - Se logró la participación de los responsables técnicos de la Red de Energía Solar, Dr. Antonio del Río; y la Red de Bioenergía, Dr. Agustín Castro, con quienes se compartieron experiencias y planes de trabajo conjunto.

FIGURA 3. 2^{do}. Congreso Internacional de la Red SUMAS



FUENTE: Red SUMAS, 2016a.

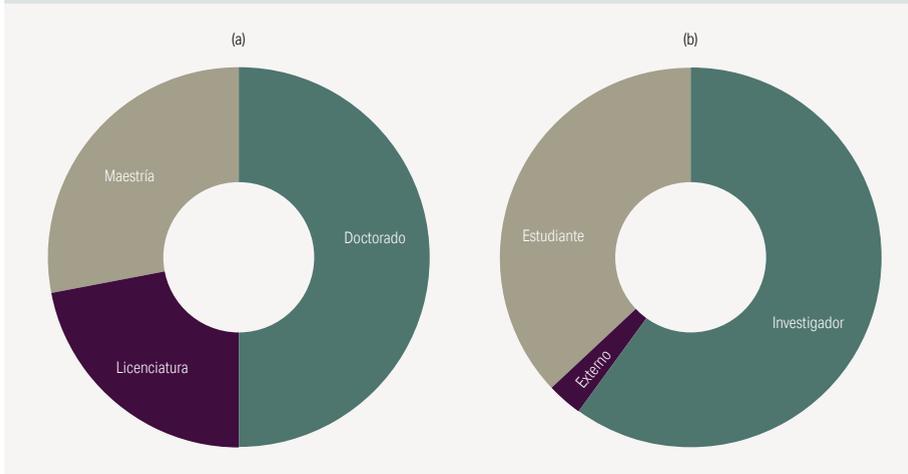
b. Impulsar el desarrollo de capacidades de CTI de entidades federativas

- Se logró integrar a la Red SUMAS a miembros de IES/CI de 13 entidades federativas: Baja California, Chihuahua, Estado de México, Guerrero, Guanajuato, Michoacán, Morelos, Nuevo León, Puebla, Sonora, Tabasco, Tamaulipas y Tlaxcala.
- En la internacionalización de las redes Conacyt se logró integrar a miembros de siete países de Europa: Austria, Alemania, España, Gran Bretaña, Grecia, Holanda y Portugal, así como de Canadá.

Con ayuda de los miembros investigadores, se logró publicar el libro titulado *Sustentabilidad energética, Medio Ambiente y Sociedad*, en el que se abordan temas sobre modelos energéticos, las implicaciones de la energía-medioambiente-alimentos-agua-sociedad, así como un análisis del sistema eléctrico mexicano.

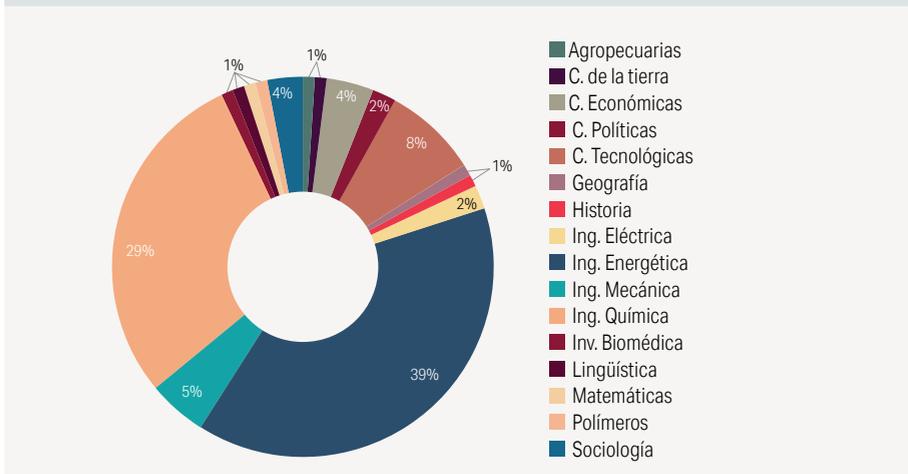
Al término del primer año, el número de miembros de la Red SUMAS se incrementó de 35 a 101. En la Figura 4 se presenta la distribución por tipo de miembro (Figura 4a) y grado académico (Figura 4b), y en la Figura 5 la distribución de miembros por disciplina.

FIGURA 4. Distribución de miembros de la Red SUMAS al término del primer año de trabajo



FUENTE: Red SUMAS, 2016b.

FIGURA 5. Distribución de miembros de la Red SUMAS por formación académica al término del primer año de trabajo



FUENTE: Red SUMAS, 2016b.

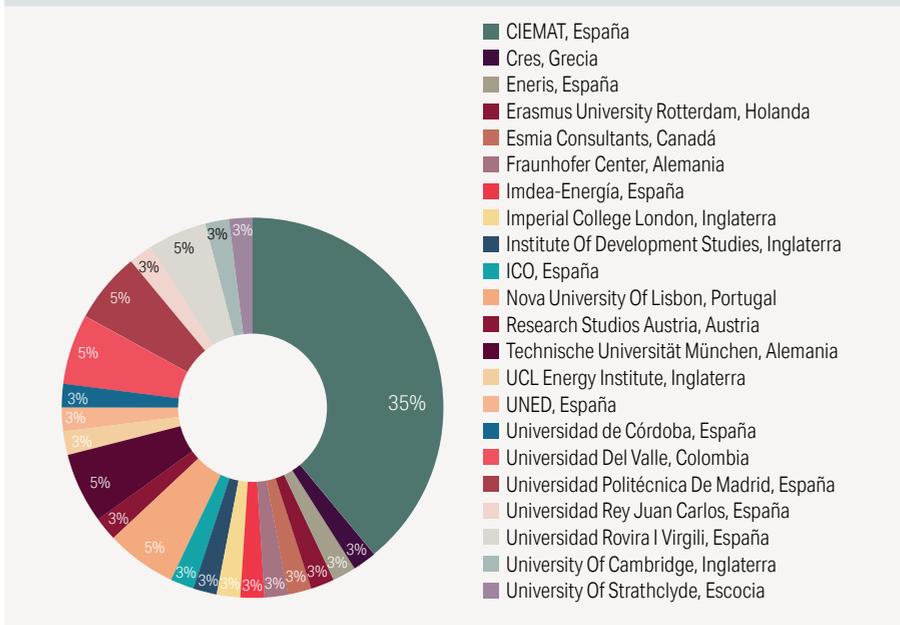
Aunque la mayor parte de las disciplinas presentadas son del área de ingeniería, se puede observar que se cuenta con disciplinas como la historia, la geografía y la sociología. Esto nos indica el reto que continúa para incorporar miembros tanto de disciplinas de las ciencias exactas como de las ciencias sociales, y poder lograr, como lo indica Kreimer (2017), abordajes sociales de las ciencias y las ingenierías en las implementaciones tecnológicas donde se consideren los modos de vida, cultura, identidades, entre otros factores que funcionan como aspectos sociotécnicos (Kreimer, 2017).

Reproducir: el reto de coordinar esfuerzos para consolidar la Red SUMAS

Con base en el trabajo y los resultados de la agrupación de investigadores, estudiantes y sociedad civil, en los años 2017 y 2018 la Red SUMAS fue apoyada por el Conacyt para continuar con el análisis de las implicaciones de las políticas públicas y prospectivas del sistema energético mexicano hacia un desarrollo sustentable.

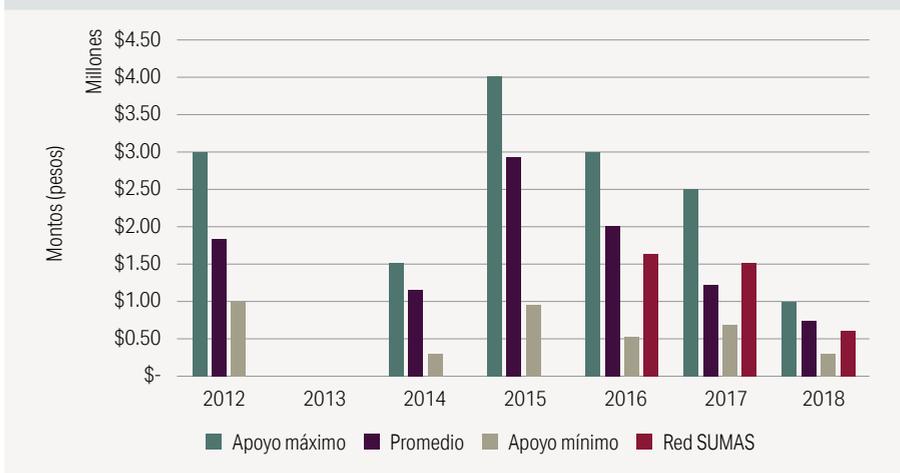
En los últimos tres años no ha sido fácil coordinar técnica y administrativamente un grupo multidisciplinario de 215 miembros. Lo anterior ha sido posible gracias al trabajo desinteresado y de colaboración de cada uno de los miembros. En la Figura 6 se muestran las instituciones mexicanas que forman parte de la Red SUMAS y en la Figura 7 las instituciones extranjeras a diciembre de 2018.

FIGURA 7. Instituciones extranjeras que son parte de la Red SUMAS



FUENTE: Red SUMAS, 2018.

FIGURA 8. Histórico de apoyos del Conacyt al programa de redes temáticas



FUENTE: Elaboración propia con datos de Conacyt (Conacyt, 2022).

Como se puede observar en la Figura 8, los apoyos al programa de redes temáticas sufrieron a partir del año 2015 un decremento paulatino en cuanto a los montos autorizados. En el caso de la Red SUMAS, la reducción del presupuesto en 2018 fue del 62 % respecto a 2016 y de 58 % respecto a 2017.

Para enfrentar el reto de la reducción de presupuesto y consolidar la Red SUMAS, del 11 al 15 de septiembre de 2017 se organizó un congreso internacional, en el cual la mayoría de los ponentes fueron miembros nacionales. Algo novedoso en este congreso fue la implementación de mesas redondas en donde se tocaron temas de sociedad, ambiente, energía y sostenibilidad.

En el año 2018 y para enfrentar nuevamente la reducción en el presupuesto, en colaboración con la red de bioenergía, la red de energía solar, la red de almacenamiento de energía, la red de mujeres en energía y eficiencia energética y la red mexicana de bioenergía, la red SUMAS organizó la reunión de redes de energía (RRE). La RRE se llevó a cabo del 24 al 28 de septiembre de 2018 en Cuernavaca, Morelos. Destacar que además de las conferencias, mesas redondas y sesiones de carteles, se organizaron cuatro talleres precongreso para los miembros de las seis redes temáticas. La participación fue de 275 miembros de las seis redes con procedencia de 103 IES/CI.

Reflexiones para coordinar grupos multidisciplinarios

El tema de energía, medioambiente y sociedad es un tema complejo que requiere la participación de varias especialidades. Esta característica particular de trabajo multidisciplinario hace que quien asuma la responsabilidad de coordinar los esfuerzos para resolver un determinado problema deba tener suficiente conocimiento del problema a atender, empatía con el grupo de trabajo y la habilidad para lograr homogeneizar diferentes puntos de vista.

En los últimos tres años, los retos de coordinar el trabajo multidisciplinario de la Red SUMAS han sido:

- Crear interés para formar una red de conocimiento para atender problemas de energía, medioambiente y sociedad.
- Lograr financiamiento para las actividades programadas.
- Organizar, académica y administrativamente, congresos, simposios, talleres, mesas redondas, jornadas técnicas y movilidad entre los miembros de diferentes IES/CI.

- Crear una infraestructura académica para instrumentar diversos programas académicos de la red.
- Formar recursos humanos en las áreas de interés de la red.
- Vincular esfuerzos con otras redes temáticas en pro del medio ambiente mediante el desarrollo y aplicación de tecnologías con energías renovables.
- Publicar dos libros en temas de sustentabilidad energética, medioambiente y sociedad.

A pesar de todos los problemas que han surgido en los tres años de la Red SUMAS, el balance es completamente positivo para todos los miembros. El estar organizados en redes temáticas ha permitido a algunos miembros presentarse a convocatorias de proyectos nacionales e internacionales.

Esperamos que las nuevas administraciones en México (federal, estatal y municipal) consideren que uno de los valores de las redes temáticas es la organización de grupos multidisciplinarios que podrían apoyar a resolver los problemas sociales presentes y futuros. En particular la Red SUMAS podría coadyuvar a resolver problemas de seguridad alimentaria, hídrica y energética para el cuidado del medio ambiente.

Agradecimientos

Todos los miembros de la Red SUMAS agradecemos al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por los apoyos recibidos en 2016 (No. de proyecto: 271624), 2017 (No. de proyecto: 281101) y 2018 (No. proyecto: 293876)

Referencias

- Aritzía, T., Boso, A. y Tironi, M. (2017). Sociología de la energía. Hacia una agenda de investigación. *Revista Internacional de Sociología*, 75(4), 1-7. <http://dx.doi.org/10.3989/ris.2017.75.4.17.07>
- Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. (2018). *Programa Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación 2014-2018*. Conacyt. <https://www.siicyt.gob.mx/index.php/normatividad/nacional/631-3-programa-especial-de-ciencia-tecnologia-e-innovacion-2014-2018/file>
- Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. (2022). *Padrón de beneficiarios de las Redes Temáticas Conacyt*. Conacyt. <https://conacyt.mx/convocatorias/>

- convocatorias-redes-tematicas-de-investigacion/padron-de-beneficiarios-de-las-redes-tematicas-conacyt/
- Diario Oficial de la Federación. (2013). *Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018*. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5299465&fecha=20/05/2013#gsc.tab=0
- García, A. (2013). Las redes de colaboración científica y su efecto en la productividad. Un análisis bibliométrico. *Investigación bibliotecológica*, 27(59), 159-175. <https://www.scielo.org.mx/pdf/ib/v27n59/v27n59a8.pdf>
- Kreimer, P. (2017). Los estudios sociales de la ciencia y la tecnología: ¿son parte de las ciencias sociales? *Teknokultura*, 14(1), 143-162. <https://doi.org/10.5209/TEKN.55727>
- Ley de Ciencia y Tecnología (2015, 8 de diciembre). Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/lct/LCT_refo9_08dic15.pdf
- Red SUMAS. (2016a). *Primer encuentro internacional de la Red SUMAS* (271624). http://www2.ciicap.uaem.mx/rs/archivos/1encuentro/plan_trabajo_2016_1.pdf
- Red SUMAS. (2016b). *Informe técnico de la Red SUMAS 2016* (271624). http://www2.ciicap.uaem.mx/rs/archivos/2encuentro/informe_tecnico_2016.pdf
- Red SUMAS. (2018). *Informe técnico de la Red SUMAS 2018* (293876). <http://www2.ciicap.uaem.mx/rs/archivos/Proyecto293876InformeT%C3%A9cnicoRedSUMAS.pdf>

CAPÍTULO 13

La investigación del cambio climático en México, de la multidisciplina a la interdisciplina: el caso del Programa de Investigación en Cambio Climático de la UNAM

José Clemente Rueda Abad¹
y Rocío del Carmen Vargas Castilleja²

Resumen

Desde el ámbito académico el cambio climático representa un reto singular, ya que, por su origen y sus escenarios, requiere la participación de comunidades académicas que históricamente han estado separadas. En ese sentido, el reto es generar opciones de solución y accio-

1 Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco, correo: clementerueda73@gmail.com

2 Universidad Autónoma de Tamaulipas, Facultad de Ingeniería “Arturo Narro Siller”. Correo: rocvargas@docentes.uat.edu.mx

nes para enfrentar el problema que tengan una visión multi e interdisciplinar, apelando al diálogo de saberes, pero yendo más allá al fomentar la creación de redes científicas y de colaboración. Este documento centra su atención en el caso del Programa de Investigación en Cambio Climático de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y documenta algunos de los procesos que han instrumentado para el análisis del cambio climático contextualizado y delimitado en el caso mexicano.

Palabras clave: Cambio climático; escenario de clima; multidisciplinaria; interdisciplina; Programa de Investigación en Cambio Climático.

Abstract

From the academic sphere, climate change represents a singular challenge, since by its origin and its scenarios, it requires the participation of academic communities that historically have been separated. In this sense, the challenge is to generate solution options and actions to face the problem that have a multi and interdisciplinary vision, appealing to the dialogue of knowledge, but going further by encouraging the creation of scientific and collaborative networks. This document focuses on the case of the Climate Change Research Program of the UNAM and documents some of the processes that have been instrumented for the analysis of contextualized and delimited climate change in the Mexican case.

Keywords: Climate change; climate scenario; multidiscipline; interdiscipline; Climate Change Research Program.

Introducción

Desde el año 2007, con la publicación del Cuarto Reporte de Evaluación del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) el cambio climático es un hecho inequívoco (Conde, 2010). A partir de dicho momento, algunos de los retos para las ciencias del clima han sido perfeccionar sus mecanismos analíticos —específicamente la modelación climática que ha servido para la comprobación científica del mayor reto socioambiental de la humanidad en el presente y de cara al futuro— y, simultáneamente, buscar opciones de solución que escapen del campo de acción de las ciencias naturales y que, por lo mismo, requieren fomentar y, finalmente, consolidar la participación de áreas académicas propias de las ciencias sociales, las humanidades y las ingenierías.

Incluso, la misma complejidad y multifactorialidad epistemológica del objeto de estudio hace que el cambio climático pueda concebirse como un “problema complejo” y casi sin opciones de solución (Bell y Zheng, 2017) lo cual, implícitamente, conlleva a la necesidad de diálogo entre los grupos científicos (que son autoexcluyentes como mecanismo de reconocimiento y pertenencia) para lograr un abordaje conceptual integral del problema donde la intención final será la creación de consensos científicos y que generen una narrativa climática que represente el punto de vista de todos los actores involucrados en este proceso.

Desde esta perspectiva, la investigación en cambio climático es una de las áreas que requieren necesariamente de la conformación de grupos de trabajo de carácter multi e interdisciplinario, que sean capaces de interactuar y generar productos científicos que puedan orientar la toma de decisiones, considerando los elementos interdependientes y complejos del problema y sus contextos de alcance globales.

Este capítulo da cuenta de dos elementos centrales: el carácter multi e interdisciplinario de la investigación del cambio climático y analiza el ejemplo del Programa de Investigación en Cambio Climático (PINCC), que fue creado con el mandato de ser un ente universitario multidisciplinario y que tiene como motivación central poder incidir, desde el mundo académico, en la toma de decisiones de carácter político en esta materia.

El cambio climático como ciencia de amalgama

Una de las características de la ciencia climática es su originalidad, ya que esta se genera del uso de los estudios prospectivos del clima (que en el ámbito del cambio climático se les denomina escenarios) que son generados por los modeladores, usando técnicas científicas y herramientas computacionales y su criterio de verdad y validez se centra en la objetividad del método científico. Por ello, al resto de los especialistas interesados en el tema (y que no hacen modelación climática) les queda esperar que los resultados generados por esta comunidad científica sean correctos. Por ello:

La integridad de la ciencia del clima depende de la fe más que de la verdad: fe en que las mejores personas están utilizando sus mejores criterios para producir los mejores conocimientos que se encuentran a su alcance. (Jasanoff, 2011, p. 93)

Otro de los elementos centrales de la ciencia del clima es que busca modificar los escenarios del futuro, analizando opciones de implementación para evitar los riesgos potenciales que el cambio climático representa actualmente y puede representar en el futuro, si no se actúa desde ahora. Sin embargo, uno de los principios del IPCC, el organismo intergubernamental rector en la materia, señala que sus resultados, que se originan del análisis de metadatos haciendo uso de un lenguaje calibrado, no son ni serán prescriptivos (Ivanova, 2015), esto significa que sus resultados no señalan directamente la implementación de políticas públicas específicas para nadie en ningún sentido.

La ciencia climática debería ser definida como una ciencia de amalgama (la amalgama es una mezcla de diferentes elementos para formar algo nuevo) porque será el fruto de la identificación, interacción y consensos creados entre comunidades académicas que han sido históricamente divididos, pero que el reto del cambio climático los inspira y los obliga a integrarse y crear, de manera consensuada y colegiada, opciones —al menos teóricamente— factibles de ser instrumentadas para con ello modificar los impactos sociales probables derivados del cambio climático.

Esta ciencia cuenta con retos teóricos y metodológicos singulares ya que, generalmente, cada una de las disciplinas académicas buscan que sus métodos de análisis e interpretación de resultados se ubiquen por encima de las narrativas de las ciencias que les acompañan y el reto en ese sentido es poder generar una propuesta interdisciplinar que aporte elementos que en este momento son necesarios para entender el mundo, ahora y en el futuro.

La ciencia climática debe apostar —necesariamente— a convertirse en un aporte teórico-metodológico que se origine del uso narrativo lexicopictográfico (textos e imágenes) del cambio climático, pero con el reto de incorporar los discursos y metodologías de disciplinas académicas que no se centren en la modelación, ni en el discurso matemático o en el análisis estadístico, y cuyo objetivo es analizar los mecanismos probables que ayuden a resolver el problema en su origen, o bien que generen las opciones para la adaptación social ponderando umbrales de tiempo con respecto a la elevación de la temperatura. En términos sencillos: no se puede hacer ciencia climática si esta no tiene como centro de análisis el cambio climático y sus implicaciones sociales.

La ciencia climática, entendida como una amalgama, va más allá del enfoque multidisciplinar porque su razón de ser trasciende el hecho de reunir a expertos y que cada uno de ellos aporte elementos de frontera que se entrelacen

con los escenarios climáticos. La ciencia de amalgama debe fomentar la creación de grupos académicos de largo alcance que se integren por personas de diversas disciplinas académicas, y cuyo común denominador sea el uso del discurso climático y la disposición para generar conjuntamente opciones de solución. Un elemento central en la conformación de este núcleo académico debe ser que sus miembros entiendan que las posibles respuestas a este “problema complejo” no podrán generarse por una sola persona, ni por una sola especialidad académica. Lo antes mencionado permite integrar subgrupos de investigación que permitan diseñar contenidos, debates y propuestas específicas que posteriormente serán compartidas y complementadas por el resto de los miembros de la comunidad académica al fomentarse la retroalimentación comunicativa en sesiones grupales amplias.

Lo más importante es que este tipo de agrupaciones, integradas de manera multidisciplinaria y que buscan crear metodologías novedosas de implementación para la obtención de sus resultados, debe visualizarse como un llamado de atención a las comunidades científicas en el sentido de que debe comenzar a pensarse distinto. En ese sentido, parafraseando a Ulrich Beck (2016), el cambio climático implica una *metamorfosis* de las prácticas académicas para ajustarlas a las realidades proyectadas por el cambio climático y en que las comunidades académicas y grupos de investigación seguirán teniendo un rol importante.

La investigación climática del PINCC de la multidisciplinaria a la interdisciplina: ejemplos de retos y soluciones

En abril de 2010 fue creado el PINCC de la UNAM y entre sus objetivos y retos se ha encontrado la conformación de redes especializadas y la generación de conocimiento de carácter multidisciplinario que sirva para incidir en la toma de decisiones en lo que corresponde a la mitigación de gases de efecto invernadero y la adaptación social al fenómeno (Coordinación de la Investigación Científica [CIC], 2015, p. 22).

La creación de la red de expertos ha sido fundamental para poder operar el proyecto multidisciplinario del PINCC. En una primera instancia, en el año 2010 se creó una red interna con académicos de la UNAM que ya estaban involucrados en el tema; la intención era conocerlos y reconocerles su trabajo. Una segunda fase de la red fue identificar a los académicos que se encontraban

trabajando en el tema en la zona centro del país (Ciudad de México, Puebla, Tlaxcala, Morelos y el Estado de México).

Después se generaron dos estrategias para identificar académicos en el resto del país. La primera de ellas es el Congreso Nacional de Investigación en Cambio Climático (CNICC) que se organizó por primera vez en el 2011, el cual a partir del año 2012 abrió tres sedes regionales que sesionaron en forma paralela a la sede de la Ciudad de México. Desde 2014 se ha organizado en siete sedes regionales y desde ese año se han abierto 15 auditorios en todo el país.

La segunda iniciativa contó con la participación de otras entidades académicas del país y se lanzó en octubre de 2013. Dicho proyecto se denomina Red Nacional de Investigación Multidisciplinaria en Cambio Climático (CLIMARED-PINCC). Esta propuesta ha contado con apoyos financieros del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y ha facilitado la realización de talleres en el periodo 2015-2018. Esta red se conforma de cinco nodos académicos (modelación del clima, economía, ciudades, adaptación y políticas públicas).

Desde el 2015 se ha dado un mayor énfasis a la cuestión multi e interdisciplinar en los libros y proyectos que se publican en el PINCC, los cuales fueron resultado de procesos de interacción entre académicos provenientes de diversas disciplinas académicas buscando entender la complejidad del problema climático desde muy diversos puntos de vista, por lo que se trata de un proceso de diálogo de saberes entre personas que no necesariamente están de acuerdo o que tienen diferentes herramientas para abordar el problema y cuyo objetivo central es encontrar cómo ejecutar una ciencia del clima, que por sus alcances globales hace que deba pensarse en ella como una ciencia de amalgama.

La conformación de redes y grupos de trabajo e investigación que se amalgaman para crear un conjunto de investigaciones que buscan aportar e incidir en la política nacional de cambio climático ha obligado a que se genere una colaboración elástica porque esta “nos permite lograr que las cosas se hagan aun en situaciones complejas con gente con la que no estamos de acuerdo, que no nos agrada o en la que no confiamos” (Kahane, 2018, p. 37).

Como menciona Kahane (2018):

La colaboración elástica requiere que implementemos tres cambios importantes en la forma en que trabajamos.

Primero, en la forma en que nos relacionamos con nuestros compañeros colaboradores: debemos alejarnos de una concentración estrecha en las

metas colectivas y la armonía de nuestro equipo, para acercarnos más a la aceptación del conflicto y la conexión dentro y fuera del equipo.

Segundo, en la forma en que progresamos en nuestro trabajo, debemos alejarnos de la insistencia en procurar acuerdos claros con respecto al problema, la solución y el plan, y acercarnos más a la experimentación sistemática con diferentes perspectivas y posibilidades.

Y tercero, en la forma en que participamos de nuestra situación, en el papel que jugamos en ella. Debemos alejarnos de tratar siempre de cambiar lo que los demás están haciendo, para acercarnos a tratar de entrar de lleno al juego, deseosos de cambiar nosotros mismos. (p. 37)

Para demostrar la eficacia del enfoque que se implementó en el PINCC, se revisó la conformación de los grupos académicos de tres proyectos que han concluido, cada uno, en la publicación de libros electrónicos sometidos a la revisión de pares académicos.

El primer caso se denomina Reporte Mexicano de Cambio Climático (RMCC). Este se anunció de manera paralela a la creación de CLIMA-RED-PINCC, por lo tanto, muchos de los académicos que participaron en ediciones del CNICC del 2010 al 2014 fueron invitados de manera directa a integrarse a los grupos de trabajo que se crearon para la redacción del RMCC.

En primera instancia se nombró una coordinación general conformada por dos personas (un astrogeofísico y un sociólogo). El trabajo se dividió en grupos especializados —como sucede con el IPCC—, el primero dedicado a las bases científicas del cambio climático que estuvo coordinado por un oceanólogo; el grupo de trabajo II centrado en la cuestión de la vulnerabilidad y la adaptación y fue coordinado por un ingeniero agrónomo con especialidad en análisis de sistemas complejos y una oceanógrafa, y el grupo de trabajo III —emisiones y mitigación— fue coordinado por una ingeniera experta en energía y emisiones.

La coordinación general facilitó la creación de un comité académico que se integró y que sesionó permanentemente con la coordinación general del proyecto y con los coordinadores de cada uno de los volúmenes. Posteriormente, se nombró una unidad de soporte técnico, que sirvió para dar apoyo operativo en las reuniones y encargarse de la logística de vuelos y viajes al interior del país.

Este proyecto tuvo sesiones de trabajo en la UNAM, el Instituto Politécnico Nacional, el Instituto Mora, en la Universidad Iberoamericana de Puebla, la Universidad de Guanajuato, la Universidad Veracruzana y la Universidad de

Colima. Estas sesiones foráneas sirvieron para fomentar el diálogo interdisciplinario entre todos los académicos invitados tanto en las sesiones formales como en las salas de espera de los aeropuertos o en las horas de traslado por carretera, o bien en las horas para comer. Todo lo antes mencionado puede corroborarse en el perfil del PINCC en Facebook denominado Programa Cambio Climático.

Al final del proyecto se logró contabilizar la participación de 287 académicos, de los cuales 86 fueron autores líderes. Se trató de un proyecto que inició en octubre de 2013 y concluyó en 2015 con la presentación de los tres volúmenes y cuyo contenido temático fue consensuado en reuniones del comité académico (ver Tabla 1).

Además de la riqueza conceptual y temática, otro de los elementos singulares de esta propuesta de investigación realizada a través del RMCC fue la visión multidisciplinaria con la que se realizó el trabajo. Aun así, como es normal suponer, el grupo de trabajo I estuvo dominado por académicos provenientes de las ciencias naturales y exactas; el grupo de trabajo II, por el perfil académico de sus participantes, es el volumen que se puede considerar como más multidisciplinario, y el grupo de trabajo III tuvo una participación de expertos vinculados a la energía y en los capítulos finales de dicha obra se puede documentar la participación de un grupo de académicos provenientes todos ellos de las ciencias sociales.

En términos globales, en el RMCC participaron académicos de 106 disciplinas. La relación de participación por género fue de 100 mujeres y 152 hombres. Las disciplinas académicas mayormente representadas fueron: Oceanografía (16), Ciencias (14), Física (13), Geografía (10), Ciencias Ambientales (9), Ciencias de la Tierra (9), Ciencias del Mar y Limnología (7) y Relaciones Internacionales (7).

**TABLA 1. Autores participantes
en el Reporte Mexicano de Cambio Climático por volumen**

	Nombre del capítulo	Líderes	Colaboradores	Total
Volumen I	Introducción	2		2
	Observaciones atmosféricas en superficie y en altura	2	3	5
	Observaciones oceánicas	2	11	13
	Cambios en el nivel del mar	2	11	13
	La criósfera en México	1	5	6
	Registros paleoclimáticos	3	6	9
	Aerosol atmosférico, nubes y cambio climático	1	6	7
	Ciclos biogeoquímicos	3	9	12
	Radiación solar y forzamiento radiativo antropogénico y natural	1	7	8
	Modelos climáticos y su evaluación	1	3	4
	Detección y atribución de cambio climático	2	6	8
	Cambio climático, proyecciones y predictibilidad	2		2
	Fenómenos climáticos y su relevancia para el cambio climático regional futuro	1	8	9
		23	75	98
Volumen II	Introducción	7		7
	Bases para la toma de decisiones	1	2	3
	Aguas continentales	1	5	6
	Sistemas oceánicos	1	9	10
	Sistemas costeros y zonas inundables	2	15	17
	Sistemas de producción de alimentos y seguridad alimentaria	1	8	9
	Ecosistemas de México	1	7	8
	Áreas urbanas	1	4	5
	Salud humana	5	4	9
	Seguridad humana	1		1
	Bienes de sustento y pobreza	1	4	5
	Sectores económicos clave y servicios	3	6	9
	Opciones de financiamiento para la adaptación	3	5	8
	Vulnerabilidad y riesgo	1	5	6
	Percepción de la ciudadanía mexicana sobre cambio climático y su institucionalización	1	3	4
	Derechos humanos y cambio climático	2	3	5
	Género y cambio climático. Estado del arte y agenda de investigación en México	1	5	6
	33	85	118	

Continúa...

Volumen III	Nombre del capítulo	Líderes	Colaboradores	Total
	Introducción	2		2
	Desarrollo sustentable y equidad en el contexto de la mitigación del cambio climático	2	1	3
	Directrices, tendencias y mitigación	3	1	4
	Sistemas de energía	2		2
	Transporte	2	2	4
	Edificios	1	2	3
	Industria	1	3	4
	Residuos	4	1	5
	Agricultura	1	5	6
	Silvicultura y otros usos del suelo	1	5	6
	Asentamientos humanos y mitigación climática	1	3	4
	Cooperación internacional: acuerdos e instrumentos	1	6	7
	Desarrollo regional y mitigación	7	4	11
	Políticas e instituciones nacionales y subnacionales	1	2	3
	Opciones de financiamiento para la mitigación del cambio climático en México	1	6	7
		30	41	71

NOTA: Es necesario comentar que en la Tabla 1 la contabilización de los autores del RMCC se realizó por capítulo, independientemente de si un autor aparecía en uno o más capítulos, por esa razón los números de la Tabla 1 y la Tabla 2 no son iguales.

FUENTE: Elaboración propia, con información de Gay, C., Rueda, J. y Martínez, B (2015); Gay, C., Rueda, J. y Ortiz, B., (2015); Gay, C., Rueda, J. y Cruz, X. (2015).

El segundo caso se denomina 21 Visiones de la COP21 (Rueda, J., Gay, C. y Quintana, F., 2016). Este tiene su origen en el taller de análisis de las negociaciones internacionales del clima realizado por el Grupo de Políticas Públicas de la CLIMARED PINCC, el cual se llevó a cabo en las instalaciones de la Facultad de Arquitectura de la Universidad Autónoma de Chiapas en el periodo comprendido del 1 al 5 de diciembre de 2015.

Como puede verse en la Tabla 2, de este grupo de perfiles académicos solamente Gobernanza del Desarrollo Sustentable, Estudios Urbanos y Ambientales, Ciencias en Ecología, Ciencias en Estudios Ambientales y de la Sustentabilidad, y Ciencias Políticas y Sociales no participaron en el proyecto del RMCC (ver Tabla 1). Incluso puede afirmarse que no hay una formación académica que domine ampliamente con respecto a las demás.

TABLA 2. Áreas de especialidad que han participado en la construcción multi e interdisciplinaria del PINCC

Especialidad	RMCC Vol. I			RMCC Vol. II			RMCC Vol. III			21 VISIONES			GOBERNANZA					
	Hombres			Mujeres			Hombres			Mujeres			Hombres			Mujeres		
	L	M	D	L	M	D	L	M	D	L	M	D	L	M	D	L	M	D
Adaptación al Cambio Climático y Desarrollo Sustentable																		1
Administración						1												
Administración de Organizaciones						1												
Análisis y Gobernanza del Desarrollo Sustentable						1												1
Antropología						1		1										
Antropología Social								2										
Arquitectura						1		1		1								
Astrogeofísica			1			1				1				1				1
Astronomía						1												
Biología			1			1				1								2
Biología Ambiental			1															
Biología Marina			1			1												
Biotecnología														2				
Botánica										1							1	1
Ciencias			1			5		1	3	2	1	1						1
Ciencias Agropecuarias																		1
Ciencias Ambientales			1			2		1	2	1	1		1		1			1
Ciencia y Tecnología Ambientales														1				
Ciencias Biológicas						1		1	2		2						2	1
Ciencias Biológicas y de la Salud																		1
Ciencias Biomédicas						1												
Ciencias Bioquímicas																		1

Continúa...

Especialidad	RMCC Vol. I			RMCC Vol. II			RMCC Vol. III			21 VISIONES			GOBERNANZA		
	Hombres		Mujeres	Hombres		Mujeres	Hombres		Mujeres	Hombres		Mujeres	Hombres		Mujeres
	L	M	D	L	M	D	L	M	D	L	M	D	L	M	D
Ciencias Computacionales	1														
Ciencias de la Atmósfera			3												1
Ciencias de la Salud Pública						1									
Ciencias de la Salud					1			1							
Ciencias de la Tierra	1	1		1	3		1			1	1			2	2
Ciencias del Mar y Limnología					3		2		2			1			
Ciencias Económicas									1						
Ciencias en Cambio Climático															1
Ciencias en Ecología														1	1
Ciencias en Electrónica y Telecomunicaciones	1														
Ciencias en Estudios Ambientales y de la Sustentabilidad															1
Ciencias en Medio Ambiente y Desarrollo															1
Ciencias en Oceanografía Costera															2
Ciencias en Recursos Naturales y Desarrollo Rural															1
Ciencias en Socioeconómicas															1
Ciencias Filosóficas															1
Ciencias Forestales y Genética de Plantas															1

Continúa...

Especialidad	RMCC Vol. I			RMCC Vol. II			RMCC Vol. III			21 VISIONES			GOBERNANZA					
	Hombres		Mujeres	Hombres		Mujeres	Hombres		Mujeres	Hombres		Mujeres	Hombres		Mujeres			
	L	M	D	L	M	D	L	M	D	L	M	D	L	M	D	L	M	D
Ciencias Geológicas						1												
Ciencias Marinas				3		2												
Ciencias Marinas y Costeras				1		1												
Ciencias Naturales			2															
Ciencias Químicas				1									1					1
Ciencias Políticas							1		1							1		1
Ciencias Políticas y Sociales				1					3	1	1	1	1	1	1	1		1
Ciencias Sociales	1			1					2				1		2	3		1
Ciencias Sociales y Cambio Climático				1														
Cooperación Internacional				1		1												
Derecho							1		1									1 2
Derecho, Economía, Gestión: Administración, Manejo y Economía de las Organizaciones																1		
Derecho Ambiental							4						1	1				1
Derecho Rural				1														
Desarrollo Sustentable y Globalización									1									
Ecología													1					1
Ecología Humana						1												
Ecología de la Producción									1									
Ecología Marina	1																	
Ecología y MA	1																	
Economía				1		1	1	1	1				1					1
Economía Ambiental	1								1	1		2						
Educación Ambiental						1			1				1					

Continúa...

Especialidad	RMCC Vol. I			RMCC Vol. II			RMCC Vol. III			21 VISIONES			GOBERNANZA					
	Hombres		Mujeres	Hombres		Mujeres	Hombres		Mujeres	Hombres		Mujeres	Hombres		Mujeres			
	L	M	D	L	M	D	L	M	D	L	M	D	L	M	D	L	M	D
Energía y Recursos Naturales			1															
Energías Renovables									1									
Estudios del Medio Ambiente Rural						1												
Estudios Regionales												1			1			
Estudios Rurales						1												
Estudios Urbanos y Ambientales															1			1
Etnología						1												
Filosofía de la Ciencia									1			1						1
Filosofía en Ciencia Vegetal																		1
Finanzas																		1
Física	2		9			1			1									
Físico-Matemáticas			1															
Fisicoquímica									2									
Geofísica	4	1				1												
Geografía	3		1	1			2		1	1	1				1	1		1
Geografía y Ordenamiento									1									
Geología	3					1												
Geoquímica			1															
Gestión Ambiental y Auditoría									1									
Gobernanza									1									
Gobernanza del Desarrollo Sustentable												1						
Gobierno y Administración Pública						1			1									
Hidrociencias									1									
Historia																		1
Ingeniería															1			

Continúa...

Especialidad	RMCC Vol. I			RMCC Vol. II			RMCC Vol. III			21 VISIONES			GOBERNANZA								
	Hombres		Mujeres	Hombres		Mujeres	Hombres		Mujeres	Hombres		Mujeres	Hombres		Mujeres						
	L	M	D	L	M	D	L	M	D	L	M	D	L	M	D	L	M	D			
Ingeniero Agrónomo												1									
Ingeniero Topógrafo	1																				
Ingeniería Ambiental			1						1			1						1			
Ingeniería de Análisis Espacial						1															
Ingeniería de Proyectos									1												
Ingeniería en Energía												2									
Ingeniería en Energías Renovables			1																		
Ingeniería Mecánica			1																		
Ingeniería de Recursos Hidráulicos			1			1															
Ingeniería Química									1			1						1			
Matemáticas Aplicadas									1												
Manejo de Cuencas Hidrológicas			1																		
Médico Veterinario						1															
Medio Ambiente												2			1			2			1
Medio Ambiente, Ciencia y Sociedad																					1
Medio Ambiente y Desarrollo									1			1									
Nuevo Régimen en Acuicultura y Pesca						1															
Oceanografía			10			3			1			2									1
Oceanografía Biológica									1						1						
Oceanografía Costera									2												1

Continúa...

Especialidad	RMCC Vol. I			RMCC Vol. II			RMCC Vol. III			21 VISIONES			GOBERNANZA					
	Hombres		Mujeres	Hombres		Mujeres	Hombres		Mujeres	Hombres		Mujeres	Hombres		Mujeres			
	L	M	D	L	M	D	L	M	D	L	M	D	L	M	D	L	M	D
Oceanología	1	1																
Paleobotánica				1														
Pedagogía					1			1	1		1						1	
Planificación Territorial y Desarrollo Rural						1												
Planificación Urbana y Regional					1													1
Política Pública							1						1					1
Política y Gestión del Cambio Tecnológico				1														
Psicología Ambiental																1		
Química		1							1									1
Química Aplicada																		1
Recursos Naturales																1		
Relaciones Internacionales					1	1	1		1	1	2	1	1					1
Salud Pública						1												
Sociología					2		1		1					1				
Trabajo Social						1							1	1				1

NOTA: La Tabla 2 se ha realizado a partir del segmento denominado semblanza de los autores de cada uno de los volúmenes del RMCC donde se encuentran ordenados alfabéticamente, por esa razón los números de la Tabla 1 y la Tabla 2 no son iguales.

FUENTE: Elaboración propia, con información de Gay, C., Rueda, J. y Martínez, B. (2015); Gay C., Rueda, J. y Ortiz, B. (2015); Gay, C., Rueda, J. y Cruz, X. (2015); Rueda, J., Gay, C. y Quintana, F. (2016); Rueda et al. (2017a) y Rueda et al. (2017b).

Con lo que respecta al grado académico de los participantes de este proyecto, se tiene que 29 de ellos cuentan con doctorado (15 mujeres y 14 hombres), 11 con grado de maestría (ocho mujeres y tres hombres) y solo una participante con licenciatura.

Se trata de un volumen que analiza el fruto de las negociaciones del clima, pero se centra en analizar los retos que el Acuerdo de París implica para el gobierno mexicano en áreas tales como salud, mitigación de gases de efecto invernadero, educación, desarrollo institucional y financiamiento internacional.

El tercer caso de análisis se trata del proyecto Gobernanza Climática en México, el cual es fruto de la reunión anual de CLIMARED 2016, realizada en las instalaciones del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM. En él se pidió a los miembros del grupo de políticas públicas que analizaran los procesos que ayudarían a lograr la participación de todos los actores interesados en el tema climático en nuestro país y cuáles serían los requisitos a implementar dentro de la estructura normativa del Estado mexicano. Para poder realizar dicha tarea, el grupo tuvo interacciones con los integrantes de los cuatro grupos de CLIMARED-PINCC. Dichas sesiones sirvieron para entender los diversos puntos de vista, pero además las preocupaciones que sobre dicha materia manifestaron los académicos de la red.

En este proyecto participaron 59 académicos (31 mujeres y 28 hombres) de 44 orientaciones disciplinarias. En lo que se refiere a los grados académicos, 35 tienen doctorado (20 hombres y 15 mujeres) 16 tienen maestría (11 mujeres y cinco hombres) y ocho con licenciatura (cinco mujeres y tres hombres).

El 76 % de las disciplinas académicas que participaron en este proyecto se encuentran representados en los perfiles académicos del RMCC (ver Tabla 1). Los perfiles disciplinarios que no coinciden son: Adaptación al Cambio Climático y Desarrollo Sustentable, Ciencias en Cambio Climático, Ciencias en Ecología, Ciencias Sociales, Derecho, Economía, Gestión Administración, Manejo y Economía de las Organizaciones; Ecología, Estudios Urbanos y Ambientales, Filosofía en Ciencia Vegetal, Finanzas, Historia, Ingeniería, Medio Ambiente, Ciencia y Sociedad, Química Aplicada y Recursos Naturales.

Desde esta perspectiva, el núcleo central de los perfiles académicos del PINCC y que se supone han avanzado más en la generación de productos amalgamados, al participar en estos tres casos, son los que provienen de las siguientes áreas: Astrogeofísica, Ciencias Ambientales, Ciencias Biológicas, Ciencias de la Tierra, Ciencias Políticas y Sociales, Ciencias Químicas, Derecho Ambiental, Economía, Educación Ambiental, Filosofía de la Ciencia, Geografía, Pedagogía, Política Pública, Relaciones Internacionales y Trabajo Social.

El proceso de interacción para lograr los productos publicados por el PINCC implica que los participantes aportasen en los talleres temáticos, foros de discusión y discusiones de carácter plenario donde se organizaban las propuestas de investigación. En dichas reuniones académicas el problema central no era el clima, sino los procesos de interacción y socialización entre los académicos participantes porque incluso la discusión de conceptos clave en el asunto climático,

como por ejemplo la vulnerabilidad, fue sujeta a revisiones porque no es lo mismo hablar de vulnerabilidad social que de la vulnerabilidad de los ecosistemas, por ello el logro no es que se construyera una definición para trabajar conjuntamente, sino aceptar que hay conceptos de carácter polisémico que tienen significados diferentes. En el caso del IPCC, la solución a este problema ha sido diseñar un glosario de términos que evoluciona con cada reporte de evaluación.

Otro de los retos de la interacción interdisciplinaria fue lograr la socialización entre los investigadores independientemente del área académica de origen, lo cual solamente es comparable con los esquemas de comunicación, organización e interacción académica que realiza el IPCC en las sesiones de los grupos de trabajo que elaboran los reportes de evaluación; para lograr esto se usaron sesiones informales en espacios para tomar café y en las horas de comida. Es importante mencionar que, en el contexto climático, en esos momentos a nivel nacional no existía otro programa universitario dedicado al clima.

A manera de conclusión: de la interdisciplina a la ciencia de amalgama

El cambio climático nos obliga a encontrar una nueva forma de interpretar el mundo porque este se está desarrollando dentro de un sistema económico globalizado y políticamente concebido como interdependiente y complejo (Robinson, 2013), que busca ser gobernado a través de sistemas basados en la gobernanza multinivel (como fórmula de incidencia basada en el policentrismo), modificaciones geopolíticas basadas en el uso de la energía y mecanismos de implementación localizados. Por todo ello, la ciencia climática está obligada a seguir evolucionando, para con ello generar nuevas formas de entender y explicar el mundo actual y futuro, ya que las ciencias monotemáticas y la visión interdisciplinaria actual en algún momento dejarán de servir como métodos científicos de una realidad interdependiente y compleja, por lo que la ciencia debe metamorfosearse en la dinámica y los contextos que tiene el objeto de estudios.

Los retos académicos del cambio climático y el potencial de desastres que tiene es una justificación mínima y necesaria para que las comunidades académicas se integren en la búsqueda de alternativas para explorar las opciones de desarrollo social y crecimiento económico en un contexto de un clima cambiante.

En el caso de situaciones particulares, como el de México, la política nacional climática representa un área de oportunidad para implementar mecanismos analíticos interdisciplinarios e interdependientes cognitivos; ya que la política climática nacional, hasta el momento, ha fracasado en su objetivo institucional de reducir la vulnerabilidad social y la pobreza y su reformulación de cara al futuro inmediato, no puede renunciar a su contexto y sus compromisos internacionales adquiridos tanto en el ámbito de la mitigación como en la adaptación social en el Acuerdo de París.

Finalmente decir que el caso del Programa de Investigación en Cambio Climático es paradigmático porque busca incidir en la política nacional de cambio climático y está alojado en la Coordinación de la Investigación Científica de la UNAM. Esta institución nació con el mandato de ser multidisciplinaria, y aunque lleva 12 años promoviendo dicho enfoque, aún tiene que consolidar su visión y perspectiva de instrumentación en el ámbito de la investigación climática de México para mostrar cómo se puede hacer una ciencia de amalgama y que consolide a un grupo de investigadores que pueden llegar a la producción de conocimiento científico transdisciplinario en un contexto global interdependiente y complejo.

Referencias

- Beck, U. (2016). *The metamorphosis of the world*. Polity Press.
- Bell, W. P. y Zheng X. (2017). *Inclusive growth and climate change adaptation and mitigation in Australia and China. Removing barriers to solving wicked problems*. The University of Queensland.
- Conde, C. (2010). De lo inequívoco a lo incierto. En Delgado et al., *México frente al cambio climático* (1ª edición, pp. 17-33). UNAM/CEIICH-PINCC-PUMA.
- Coordinación de la Investigación Científica. (2015). *La ciencia en la UNAM a través del sistema de investigación científica* (1ª edición). UNAM.
- Gay, C., Rueda, J. y Martínez B. (2015). *Reporte Mexicano de Cambio Climático. Grupo de Trabajo 1 Bases científicas. Modelos y modelación*. UNAM-PINCC. <https://www.pincc.unam.mx/wp-content/uploads/2021/06/report-mexicano-cambio-climatico-vol-1.pdf>
- Gay, C., Rueda, J. y Ortiz, B. (2015). *Reporte Mexicano de Cambio Climático. Grupo de Trabajo 2 Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación*. UNAM-PINCC.

- <https://www.pincc.unam.mx/wp-content/uploads/2021/06/reporte-mexicano-cambio-climatico-vol-2.pdf>
- Gay, C., Rueda, J. y Cruz, X. (2015). *Reporte Mexicano de Cambio Climático. Grupo de Trabajo 3 Emisiones y mitigación de gases de efecto invernadero*. UNAM-PINCC. <https://www.pincc.unam.mx/wp-content/uploads/2021/06/reporte-mexicano-cambio-climatico-vol-3.pdf>
- Ivanova, A. (2015). El buró del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) frente al Quinto informe evaluativo: retos y logros. *Aportaciones de México. En Cruz X., Delgado, G. y Oswald, U., México ante la urgencia climática: ciencia, política y sociedad* (1ª edición. pp. 39-55). UNAM-CEI-ICH/CRIM/PINCC.
- Jasanoff, S. (2011). Ciencia del clima: bajo la lupa mundial. *En Informe mundial de la corrupción* (pp. 89-93). Earthscan & UNEP.
- Kahane, A. (2018). *Colaborar con el enemigo. Cómo trabajar con quien no estamos de acuerdo, no te agrada o no confías* (1ª reimpresión). UNAM-Coordinación de Humanidades/CNDH.
- Robinson, W. I. (2013). *Una teoría sobre el capitalismo global. Producción, clases y Estado en un mundo transnacional*. Siglo XXI.
- Rueda, J., Gay, C. y Ortiz, B. (2017a). *La gobernanza climática en México: aportes para la consolidación estructural de la participación ciudadana en la política climática nacional, Volumen I: Diagnósticos*. UNAM-PINCC. <https://www.pincc.unam.mx/wp-content/uploads/2021/05/2017-gobernanza-climatica-mexico-vol-1.pdf>
- Rueda, J., Gay, C. y Ortiz, B. (2017b). *La gobernanza climática en México: aportes para la consolidación estructural de la participación ciudadana en la política climática nacional, Volumen II: Retos y oportunidades*. UNAM-PINCC. <https://www.pincc.unam.mx/wp-content/uploads/2021/05/2017-gobernanza-climatica-mexico-vol-2.pdf>
- Rueda, J., Gay, C. y Quintana, F. (2016). *21 visiones de la COP21. El Acuerdo de París: retos y áreas de oportunidad para su implementación en México*. UNAM-PINCC. <https://www.pincc.unam.mx/wp-content/uploads/2021/05/2016-acuerdo-de-paris.pdf>

Reflexiones finales

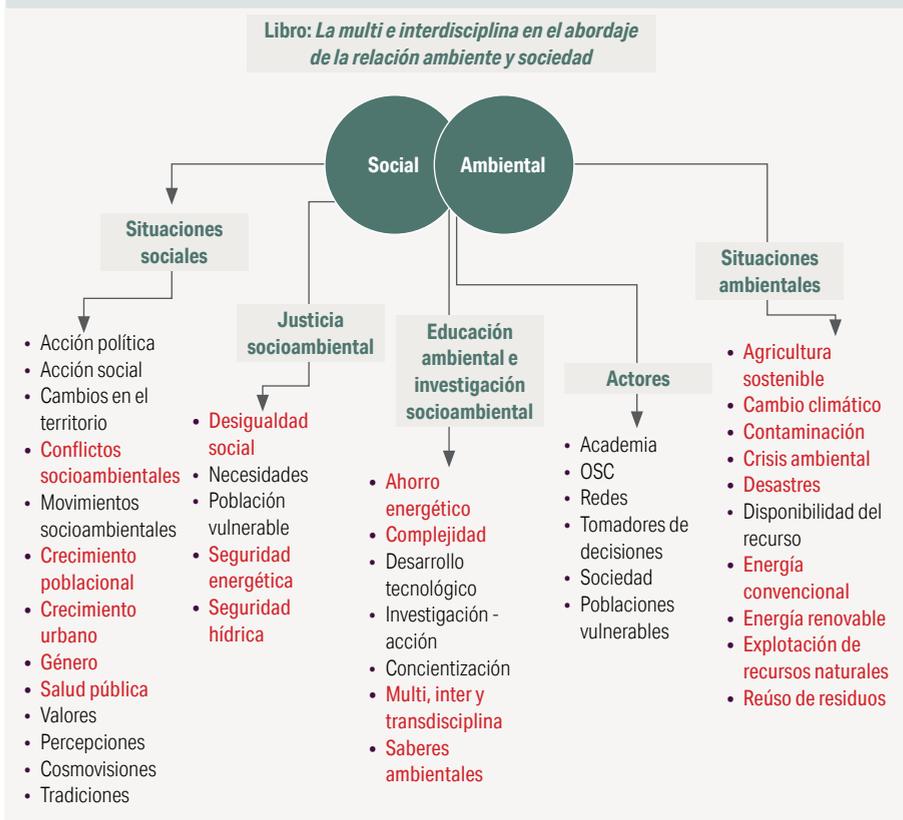
Esmeralda Cervantes Rendón¹

En estas reflexiones se busca encontrar los puntos de interés y coincidencias del análisis de la interacción ambiente-sociedad, dentro del grupo de investigadoras e investigadores que se logró reunir gracias al interés de una aproximación interdisciplinaria con diversos sectores de la sociedad. Como se confirma en los capítulos, este abordaje requiere del cruce entre las ciencias sociales y las ciencias exactas. El cambio climático hace que adquiera una mayor importancia las necesidades del estudio del agua, energía y alimentos desde la academia, sociedad y gobierno.

En la introducción de este libro, hablamos de cinco ejes que están involucrados en este análisis: 1) actores; 2) educación ambiental; 3) justicia socioambiental; 4) situaciones ambientales, y 5) situaciones sociales, que, con base en una revisión de contenido de los capítulos del presente libro, se obtuvieron los elementos que caracterizan cada uno de los ejes. Tomando esto como base, se revisó cada uno de los capítulos con el fin de identificar los elementos que contuvieron estos cinco temas, obteniendo nuevas categorías en cada una de las temáticas, marcadas en color rojo (Figura 1).

¹ Profesora de tiempo completo de El Colegio de Chihuahua. Correo electrónico: ecervantes@colech.edu.mx

FIGURA 1. Categorías de análisis utilizadas en los capítulos del libro
La multi e interdisciplina en el abordaje de la relación ambiente y sociedad



FUENTE: Elaboración propia con base en la revisión de los capítulos del libro.

Dentro de las situaciones sociales nuevas que destacaron en el presente libro se encuentra la diferencia entre conflicto y movimiento socioambiental, ya que, de un conflicto o inconformidad, puede surgir un movimiento como expresión de su malestar que, puede ser por aspectos tangibles e intangibles (Paz, 2014). Además se incorporaron los temas tanto de crecimiento urbano como poblacional, estos dos aspectos son recurrentes en la interacción ambiente-sociedad, ya que los aspectos sociales que se generan por un crecimiento tanto de suelo urbano como de población ocasionan una serie de efectos y comportamientos sociales que influyen en condiciones de desigualdad social, como son

los impactos ambientales, por el consumo que se ocasiona para satisfacer las necesidades y comodidades de una población como el consumo de energía, agua y alimentos que originan actividades que continúan requiriendo una utilización de diversos recursos, provocando un círculo en el que la demanda es mucho mayor a la capacidad de regeneración de los recursos procesados.

Mientras que el tema de género es observado desde dos aristas principales, una es el papel de la mujer dentro de una cultura (cucapah) o una actividad (huertos familiares), y la segunda es desde los grupos de redes de investigación, en especial el involucramiento de las mujeres investigadoras en estos temas. En este último sentido, al contabilizar las y los autores de este libro, tenemos que somos un total de 18 autores, de los cuales exactamente la mitad son mujeres, lo que confirma la relevancia de estas colaboraciones con diversos enfoques de investigación. Es preciso mencionar que la invitación a colaborar fue con base en las experiencias de cada persona en los temas que se trataron en los seminarios, sin importar su género.

En cuestión de salud pública, se habla de los posibles efectos negativos por contaminación, en el momento de generar energía con combustibles fósiles, así como de los fertilizantes químicos. Por otra parte, también se ven efectos positivos, como el tener huertos familiares y el poder brindar agua potable a una población marginada.

Mientras que, en la categoría de justicia socioambiental, analizada en los capítulos del presente libro, se incorpora la categoría de desigualdad social, desde las capacidades para enfrentar fenómenos climáticos extremos, como el acceso al agua de calidad y energía relacionándolo a la seguridad energética e hídrica, así como población marginada como son los pueblos indígenas.

Por su parte, en la educación ambiental e investigación socioambiental, por el objetivo del libro, destacan los temas de complejidad, la multi, inter y transdisciplina, así como temas de concientización, en específico el ahorro energético, y se destaca la importancia de incorporar los saberes ambientales en el estudio de la relación ambiente y sociedad (Figura 1).

En el caso de la categoría de actores, se mantuvieron los mismos identificados desde la introducción de este libro.

Por su parte, como se ha mencionado, las situaciones ambientales van a depender del entorno y de los temas que se trabajen, por ello, en este caso, todas las categorías son nuevas respecto a las presentadas en la introducción de este libro, excepto la de disponibilidad del recurso, mientras que los temas van en-

focados desde el cambio climático, la agricultura sustentable, la contaminación, la crisis ambiental, los desastres², energía convencional y renovable, explotación de recursos naturales y reúso de energía, observando que los temas van desde un enfoque hacia la mejora y en búsqueda de un equilibrio, así como también la identificación de los efectos negativos sobre el ambiente.

¿Qué decimos desde las disciplinas?

Desde cada tema identificado dentro de la lectura de este libro, se marcaron en Nvivo³ las categorías de las que hablaba cada autor y autora, obteniendo una nube de palabras de cada uno de los ejes, encontrando las palabras que mayormente mencionamos en nuestro discurso desde nuestra disciplina, bagaje, forma de abordar la relación ambiente y sociedad y nuestras regiones de estudio.

Desde la acción

La acción la podemos nombrar así desde la educación ambiental a través de los diversos actores, destacando desde la categoría de educación ambiental, como más importante la aportación de las diversas ciencias. Dando un poco más relevancia a las situaciones ambientales, pero muy de cerca lo social, considerando cambios desde las disciplinas, con la necesidad de un abordaje desde lo complejo, en este caso adquiere una mayor participación o consideración la academia y en menor grado la sociedad, mientras que la parte de energía es vista desde la concientización de su uso y el cambio climático desde su mitigación y conocimiento de sus efectos (Figura 2a).

Por su parte, si vemos desde la categoría de actores, sobresalen los académicos y académicas, siendo la participación desde el campo de acción en el desarrollo de proyectos, como desde el estudio, difusión y divulgación de los

2 Sabemos que los desastres no solamente se ocasionan por los fenómenos climáticos extremos o condiciones ambientales del lugar, que se propicia tanto por condiciones internas y externas del individuo, relacionando las condiciones ambientales, sociales y la condición humana (Bertoux y González, 2015; Rubio, 2012), sin embargo, para efectos de la clasificación se incluye en la categoría de situaciones ambientales, ya que las sociales y de justicia ambiental relacionadas con este tema, se identificaron en sus respectivas secciones.

3 Nvivo es un software utilizado para el análisis cualitativo.

temas; aquí la sociedad y organizaciones adquieren un papel mayor que el visto desde la educación ambiental, así como también las cuestiones políticas. Algo interesante es que destacan el trabajo, las propuestas y las redes, esto nos presenta la necesidad de un trabajo colaborativo que va encaminado a lograr y sumar conocimiento para realizar cambios (Figura 2b).

FIGURA 2. Nubes de palabras de las categorías (a)Educación ambiental y (b)Actores

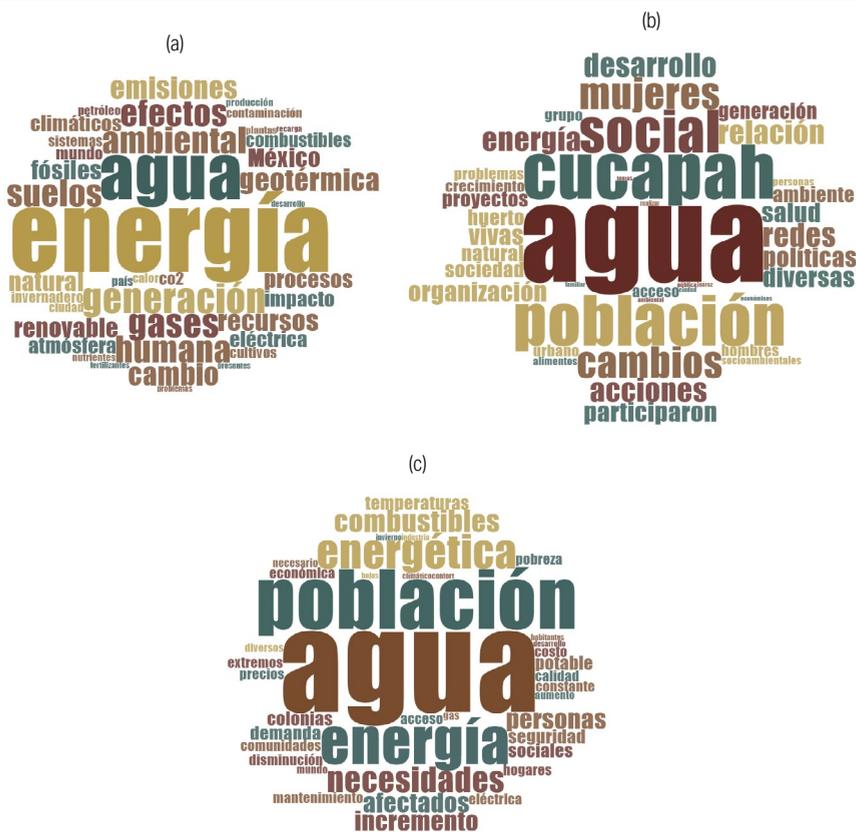


FUENTE: Elaboración propia con base en el análisis de contenido de los capítulos del presente libro.

Desde los diferentes enfoques

Es muy interesante ver la relevancia de las palabras que utilizamos cuando hablamos desde diferentes enfoques. De este análisis resalta que cuando se habla de situaciones ambientales (Figura 3a) la energía tiene un mayor peso, mientras que cuando hablamos de situaciones sociales (Figura 3b) el agua es la que tiene el mayor peso. Por otra parte, al tener los dos acercamientos desde la justicia socioambiental (Figura 3c), tanto el agua como el tema de energía son considerados importantes.

FIGURA 3. Nubes de palabras de las categorías (a)Situaciones ambientales, (b)Situaciones sociales y (c)Justicia socioambiental



FUENTE: Elaboración propia con base en el análisis de contenido de los capítulos del presente libro.

En el caso de la población, tiene una mayor consideración desde las situaciones sociales y justicia socioambiental, pero con diferente enfoque. Por ejemplo, en las situaciones sociales, manejan la población junto con otras dimensiones como la de género, tocando con mayor frecuencia el tema de mujeres sobre el de hombres; también destaca la organización, las redes y la sociedad, desde la participación conjunta y la consideración de acciones (Figura 3b). Mientras que en el enfoque desde la justicia socioambiental, la población es considerada desde los afectados, sus necesidades, la demanda de las colonias y comunidades; así como

la seguridad, en este caso desde la hídrica y energética, por el acceso y costo de los combustibles, y en problemáticas se tocan la pobreza, la exposición a temperaturas extremas, el acceso constante de calidad del agua y el confort (Figura 3c).

Por su parte, las preocupaciones desde el enfoque ambiental consideran al ser humano, a diferencia de las ciencias sociales, que toman en cuenta a la población. Esta gran diferencia nos muestra la diversidad de términos utilizados desde cada disciplina, aquí se habla con mayor frecuencia de las emisiones, de la generación de energía, de los efectos desde la contaminación, efectos climáticos e impactos en el suelo, considerando los procesos para obtener agua y energía, así como el mundo, como el planeta donde suceden estos fenómenos, desde el concepto de sistemas (Figura 3a).

Este pequeño análisis nos presenta por un lado la riqueza del estudio de la interacción entre la sociedad y el ambiente y, por otro lado, el gran reto de lograr estos diálogos interdisciplinarios. Coincidir, a pesar de nuestras tan separadas trayectorias, con nuestras brechas disciplinares que pudieran generar barreras en la comunicación, ha ocasionado que el desarrollo de este tipo de trabajos nos haga reflexionar y abrirnos un poco más, para lograr entablar diálogos de comunicación entre las y los investigadores, como con otros actores. Es una tarea difícil, pero necesaria, requiere de un mayor esfuerzo, humildad y apertura de todas las partes para lograr comprender, reflexionar y así poder llegar a un conocimiento y propuestas de soluciones más apegadas a nuestra realidad social y a las necesidades de equilibrio de nuestro planeta.

Aun cuando en la última década encontramos literatura sobre el abordaje de la relación ambiente y sociedad, a lo que ahora llamamos socioambiental, es importante generar materiales como el presente, donde convergen diferentes voces sobre situaciones socioambientales, cada cual desde un enfoque disciplinar y su estilo de transmitir el conocimiento. Destaca dentro de cada capítulo la convergencia de las disciplinas que van en estos textos desde las ingenierías, la sociología, la antropología, la agronomía, trabajo social, educación y las ambientales, desde revisiones de literatura y aproximaciones con los grupos sociales afectados, para finalizar con el reto de colaborar entre las academias con el fin de generar mejores panoramas que permitan establecer soluciones más prácticas en la sociedad.

Por último, es preciso mencionar la relación de los capítulos aquí presentados con los temas de agua, energía y cambio climático, así como de los sis-

temas socioecológicos, considerados en los Programas Nacionales Estratégicos (Pronaces) de México (Conacyt, 2022).

Referencias

- Bertoux, L. y González, D. (2015). Vulnerabilidad y resiliencia urbana frente al cambio climático: el caso de la Zona Metropolitana de Guadalajara, México. *Urbano*, 18(31), 24-31. <http://revistas.ubiobio.cl/index.php/RU/article/view/1063><http://revistas.ubiobio.cl/index.php/RU/article/view/1063>
- Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. (2022). *Programas Nacionales Estratégicos*. <https://conacyt.mx/pronaces/>
- Paz, M. F. (2014). Conflictos socioambientales en México: ¿Qué está en disputa? En M.F. Paz y N. Risdell (Coord.), *Conflictos, conflictividades y movilizaciones socioambientales en México: problemas comunes, lecturas diversas*. (13-57).
- Rubio, I. (2012). La estructura de vulnerabilidad y el escenario de un gran desastre. *Investigaciones Geográficas*, 77, 75-88. <https://doi.org/10.14350/rig.31018>

*Revisiones y aproximaciones multi e
interdisciplinarias de temas socioambientales,*
terminó de editarse en formato digital en
Ciudad Juárez, Chihuahua, México, en el mes
de diciembre de 2023. La producción editorial
estuvo a cargo de Publicaciones y Difusión de
El Colegio de Chihuahua.