

## La ciencia de la ecología en México ante los retos del cambio global

Ileri Suazo-Ortuño, Miguel Martínez-Ramos y Ek del Val de Gortari

Para citar este artículo: Suazo-Ortuño I., Martínez-Ramos M y Del Val de Gortari E. 2022. La ciencia de la ecología en México ante los retos del cambio global. Ciencia Nicolaita, número 83, 232-247 XX. DOI: <https://doi.org/10.35830/cn.vi83.579>

---

Online

[Ver material suplementario](#)

---

View

[Publicado en línea, enero de 2022](#)

---

Send

[Envíe su artículo a esta revista](#)

---

# La ciencia de la ecología en México ante los retos del cambio global

Ireri Suazo-Ortuño<sup>1\*</sup>, Miguel Martínez-Ramos<sup>2</sup> y Ek del Val de Gortari<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales, México

<sup>2</sup>Universidad Nacional Autónoma de México Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad, Morelia

## HISTORIAL DEL ARTÍCULO

Recibido: 22 de septiembre de 2021

Aceptado: 31 de octubre de 2021

## RESUMEN

La ciencia de la ecología busca entender las causas que determinan la abundancia y distribución de los seres vivos. Durante las últimas cinco décadas se ha ido construyendo en México un acervo rico, diverso y creciente de conocimientos ecológicos que son fundamentales para aportar lineamientos y acciones para la conservación, restauración y aprovechamiento sustentable de ecosistemas, su biodiversidad, funciones y contribuciones a las personas. En el presente artículo se analizan los principales temas que se discutieron durante el simposio organizado por la Sociedad Científica Mexicana de Ecología en el 2021 cuyo lema fue “La ecología ante los retos del cambio global: lecciones, avances y oportunidades”. En el simposio participaron académicas, académicos y tomadores de decisiones con diferentes enfoques y experiencias que laboran en diferentes instituciones del país. El conocimiento aportado por el simposio tiene un elevado potencial para aplicarse en beneficio de la sociedad, pero es necesario que las agendas de investigación sobre el cambio global surjan no sólo del impulso intelectual de la ciencia, sino de la acción y de las necesidades y objetivos de la sociedad como un todo. Por ello, argumentamos que es importante fortalecer la investigación y la formación de estudiantes en este campo de estudio, y en otros relacionados con la relación sociedad-naturaleza, adoptando perspectivas socioecológicas y transdisciplinarias.

**PALABRAS CLAVE:** Ecología, Sociedad Científica Mexicana de Ecología, crisis ambiental

## ABSTRACT

The science of ecology aims to understand the causes that determine the abundance and distribution of living beings. During the last five decades, a rich, diverse and growing body of ecological knowledge has been built in Mexico, which is fundamental to provide guidelines and actions for the conservation, restoration and sustainable use of ecosystems, their biodiversity, functions, and contributions to people. This paper analyzes the main topics that were discussed during the symposium organized by the Mexican Scientific Society of Ecology in 2021 whose theme was “Ecology in the face of the challenges of global change: lessons, advances and opportunities”. Academics and decision makers with different expertise and from different institutions of Mexico participated in the symposium. The contributions reached by the symposium has a high potential to be applied for the benefit of society, but it is necessary that research agendas on global change arise not only from the intellectual impulse of science, but from the actions, needs, and objectives of society as a whole. For this reason, we argue that it is important to strengthen research and the training of students in this field of study, and in others related to the society-nature relationship, adopting socio-ecological and transdisciplinary approaches.

**KEYWORDS:** Ecology, Sociedad Mexicana de Ecología, environmental crisis

## Introducción

La ciencia de la ecología busca entender las causas que determinan la abundancia y distribución de los seres vivos a través del espacio y tiempo, así como los procesos y mecanismos determinantes de la estructura, dinámica y funcionamiento de los ecosistemas (modificado de Krebs, 1978). Si bien esta ciencia se desarrolló a partir del estudio de la historia natural de los organismos, actualmente ha extendido su campo de estudio para entender los efectos de las actividades humanas sobre los fenómenos ecológicos. Durante las últimas cinco décadas, en México se ha ido construyendo un acervo rico, diverso y creciente de conocimientos ecológicos que son sumamente útiles para definir lineamientos y acciones para la conservación, restauración y aprovechamiento sustentable de ecosistemas, su biodiversidad, funciones y contribuciones a las personas (anteriormente llamado servicios ecosistémicos; Martínez-Ramos *et al.* 2012). Además, este conocimiento tiene un elevado potencial para aplicarse en beneficio de la sociedad (e.g. Torres Rojo *et al.* 2002, Golubov *et al.* 2009, Hernández *et al.* 2010, Landgrave y Moreno-Casasola 2012, Gómez-Romero *et al.* 2012, Koleff *et al.* 2012, Chapin *et al.* 2013, Dirzo *et al.* 2014, List *et al.* 2017, López-Barrera *et al.* 2017, García-Barríos y González-Espinosa 2017, Aguirre-Muñoz *et al.* 2018, Pontifes *et al.* 2018, Narchi *et al.* 2018, Booco *et al.* 2019, Camacho-Cervantes 2019, Murray-Tortarolo y Jaramillo 2019, Mendoza *et al.* 2020, Koleff *et al.* 2021, Woodman 2021). No obstante, aún queda pendiente que el conocimiento generado sea usado para generar estrategias que coadyuven a la construcción de políticas públicas para la conservación, para atender con bases científicas la planeación de desarrollo y la normatividad

ambiental, así como para abordar los problemas generados por el cambio global con una perspectiva socioecológica. Existen barreras de comunicación y de colaboración con los tomadores de decisiones. Por ello, se requiere que la movilidad del conocimiento se haga horizontal, considerando las necesidades y aspiraciones de los usuarios interesados. La resolución de las problemáticas ambientales y socioecológicas es compleja y tiene un alto grado de incertidumbre. Su abordaje requiere de un examen desde diversas perspectivas, de conocimientos de diferentes disciplinas y de la participación conjunta de personas que actúan fuera y dentro de la academia.

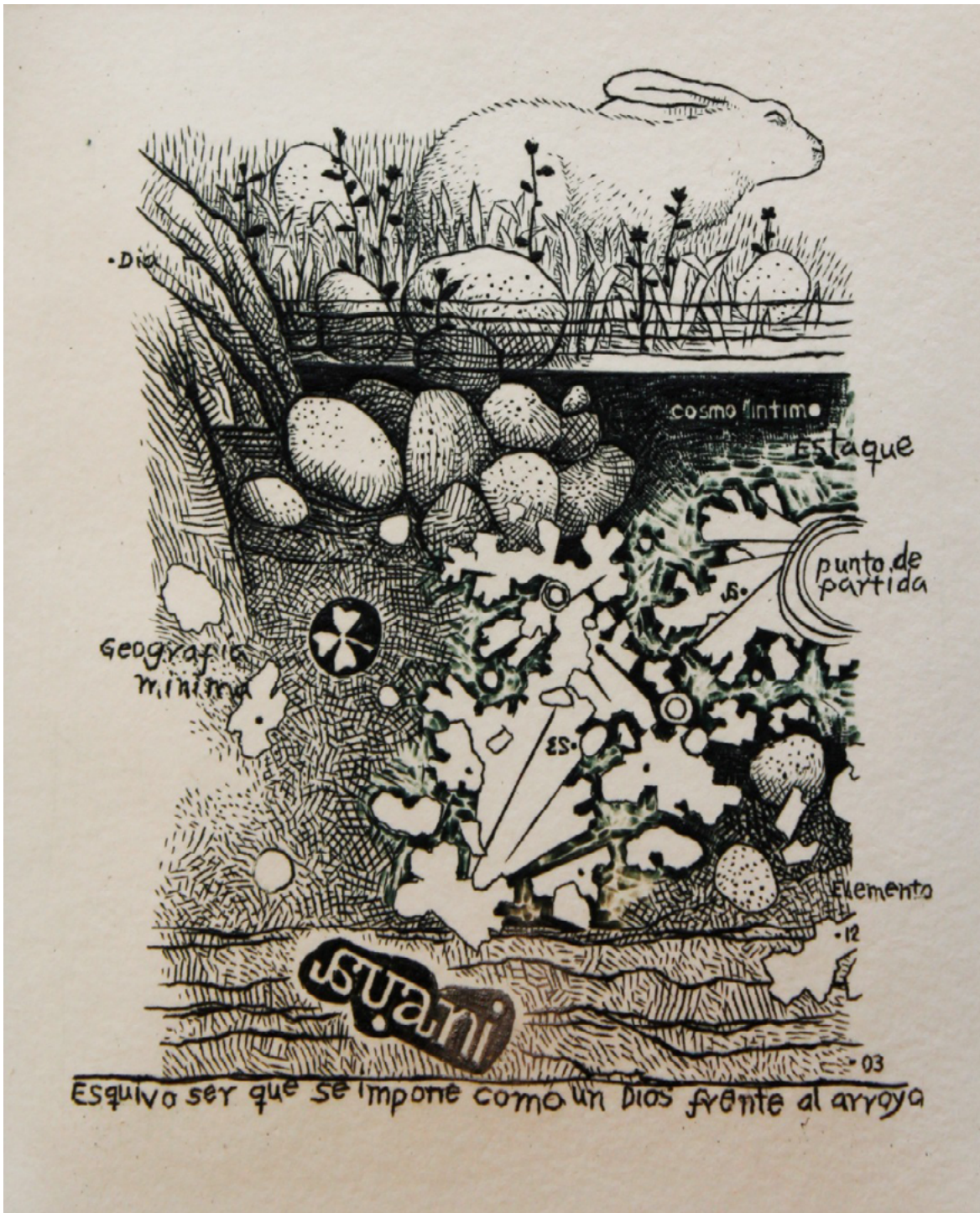
México cuenta con instituciones académicas, gubernamentales y de la sociedad civil que, en colaboración, podrían potenciar políticas y programas socioecológicos que promuevan la conservación, restauración y el aprovechamiento sustentable de los ecosistemas. Para ello se requiere un trabajo persistente para lograr la colaboración. En este contexto, en abril 2021 se llevó a cabo un simposio organizado por la Sociedad Científica Mexicana de Ecología, con académicas, académicos y tomadores de decisiones de diferentes áreas de conocimiento para discutir sobre el estado del arte de la ecología en México relacionado con los retos ante el cambio global. En el presente artículo se exponen los principales aportes y desafíos que se discutieron durante el simposio en seis líneas de conocimiento: 1) cambio climático, adaptación y mitigación, 2) contaminación, agua, tierra, aire y su remediación, 3) pérdida de biodiversidad, conservación, restauración y sustentabilidad, 4) especies invasoras, plagas, enfermedades emergentes, 5) conocimiento en política pública, economía y gobernanza, y 6) la transdisciplina como herramienta para el abordaje de sistemas socioecológicos.

## **Cambio climático, adaptación y mitigación**

El cambio climático global ha sido considerado por la Organización de las Naciones Unidas (2021) como una amenaza para la vida en el planeta. Este fenómeno se define como la variación global de los climas en la Tierra, que puede ser resultado de causas naturales o por la acción del hombre, modificando la incidencia e intensidad de fenómenos abióticos (incendios, sequías, huracanes, ventarrones, heladas, nevadas, etc.) y afectando los diferentes componentes de la biosfera (Seller 1965, Avissar y Werth 2004, Gibbard *et al.* 2005, Murray-Tortarolo 2021). Aunque a lo largo de la historia de la Tierra se han presentado grandes cambios climáticos globales de manera natural, entre los científicos existe un consenso generalizado de que la actual alteración climática global es el resultado de la actividad humana, principalmente de nuestro modo de producción y consumo energético (Meli *et al.* 2015, Murray-Tortarolo, 2021, Meli *et al.* 2015, Cuervo-Robayo *et al.* 2020). A nivel global, los cambios contemporáneos de la temperatura atmosférica han sido marcadamente variables entre regiones, con algunas áreas geográficas mostrando tendencias de enfriamiento a pesar del patrón global de calentamiento de la atmósfera (Hansen *et al.* 2012). La combinación de las tasas de variación espacial y temporal del cambio climático subraya la importancia de considerar la historia y la geografía al examinar las distribuciones biogeográficas actuales de las especies y al realizar pronósticos de cambios futuros en tales distribuciones (Murray-Tortarolo 2021). Bajo la incidencia de eventos climáticos extremos o que se presentan por ciclos decenales, la velocidad de retorno de los límites de distri-

bución está determinada por la capacidad de dispersión de las especies. Las especies con tasas lentas de dispersión pueden tardar décadas en recuperarse de un solo evento extremo. Por el contrario, las especies que tienen tasas rápidas de dispersión pueden ser capaces de expandirse rápidamente en condiciones favorables (Wetthey *et al.* 2011). Por lo tanto, es importante considerar las escalas espaciales y temporales de los impactos de la variabilidad climática y, sobre todo, de los eventos climáticos extremos.

Para el caso de México, existe un número considerable de artículos científicos que evalúan la respuesta de la biodiversidad y de los ecosistemas al cambio climático (e.g. Parra-Olea *et al.* 2005, Ballesteros-Barrera *et al.* 2007, Gómez-Mendoza 2007, Trejo *et al.* 2011, Ochoa-Ochoa *et al.* 2012, Téllez-Valdés *et al.* 2013, Gelviz-Gelvez *et al.* 2015, Mendoza-Ponce *et al.* 2018). La mayoría de los ecólogos mexicanos coinciden en considerar que las condiciones de desigualdad socioeconómica que vive la sociedad mexicana, la amplia variabilidad geográfica y climática presente en el territorio nacional, así como la fragilidad de muchos de los ecosistemas naturales encontrados en México, vuelven al país sumamente vulnerable al cambio climático. Por ello, el cambio climático demanda una atención urgente, multi, inter o transdisciplinaria, holística y transversal que debe considerar a todos los sectores de la población y de los órdenes de gobierno. Las acciones de mitigación y adaptación deberán llevarse a cabo en las comunidades humanas y regiones naturales, particularmente en zonas vulnerables, con la participación de comunidades locales y privilegiando el enfoque de género y de justicia socioambiental. También es crucial el desarrollo de criterios y esquemas de monitoreo y evaluación de la adaptación a los nuevos escenarios ambientales provocados por el cambio climático global.



TÍTULO. BOSQUE ANTIGUO  
TÉCNICA: GRABADO A BURIL  
DIMENSIONES: 10 X 8 CM.  
AÑO: 2021

## Contaminación y remediación

Las principales fuentes de contaminación del agua, tierra y aire se encuentran asociadas con las actividades humanas de diversa índole. A nivel global, diariamente se producen millones de toneladas de desechos industriales, agrícolas y residuales que se vierten en ríos, lagos y mares (Mendoza *et al.* 2018). A la atmósfera se emiten gases de efecto invernadero producto de la producción y consumo de combustibles fósiles (Benjamín y Masera 2001). El suelo se contamina por químicos tóxicos (agroquímicos, herbicidas, pesticidas) que se emplean particularmente en la agricultura, por la presencia de residuos como los jales (apilamientos de roca molida) y drenes asociados a la actividad minera y por los residuos plásticos y microplásticos, entre otros (Ramírez *et al.* 2003). Adicionalmente los contaminantes de suelo y agua eventualmente arriban al océano donde, aunado a los efectos ambientales del cambio climático global, producen modificaciones en la temperatura del agua, cambios en los patrones de circulación marina y alteraciones de anomalías oceánicas interdecadales como El Niño y La Niña (Magaña *et al.* 2003). Estas modificaciones generan cambios en la disponibilidad de nutrientes, así como en las variables fisicoquímicas y bio-ópticas a través de la columna de agua (Lachniet *et al.* 2012) propiciando, entre otros efectos negativos, la generación de florecimientos algales nocivos y la facilitación de invasión de especies exóticas (Olivos-Ortiz *et al.* 2016).

En aras del crecimiento económico, frecuentemente se impulsan acciones que resultan en la destrucción o degradación del ambiente, como el uso indiscriminado de productos contaminantes del aire, agua y suelo. Numerosas investigaciones muestran que estos productos están ejerciendo una fuerte presión sobre los ecosistemas y los recursos naturales (PNUD 2020). Por ejemplo, el acele-

rado crecimiento de la población humana mundial y el consecuente aumento en la demanda y producción de alimentos, ha dado como resultado que el sector agrícola acapare el 70% de la demanda global de agua dulce. Además, las aguas negras y residuales son frecuentemente usadas para el riego agrícola de aproximadamente 20 millones de hectáreas a nivel global (Winpenny *et al.* 2013). Este uso se traduce en un gran problema de salud pública por el alto contenido de agentes patógenos o tóxicos presentes en las aguas negras y residuales. Asimismo, el uso de estas aguas pueden generar dos serios problemas ambientales adicionales: la disminución de la concentración de oxígeno y la eutroficación por enriquecimiento con nutrientes minerales (Cajuste, *et al.* 2001).

En el contexto anterior existen grandes desafíos para remediar lo que hasta ahora se ha dañado y evitar que el aire, suelo y agua continúen degradándose. En respuesta, existen numerosos trabajos elaborados por los ecólogos que pueden ponerse en práctica para recuperar la calidad ambiental y caminar hacia la sustentabilidad. Por ejemplo, existe información científica sobre la movilidad de los contaminantes en los ambientes, la cual podría usarse para desarrollar estrategias de mitigación (Martínez-Villegas *et al.* 2013).

Asimismo se tiene el desarrollo de procesos innovativos, como la biorremediación para la mitigación del efecto de contaminantes y de modelos estadísticos o fenomenológicos que pueden aplicarse a la estimación de posibles escenarios de riesgo para diferentes ecosistemas y sus componentes bióticos y abióticos, entre otros (Jiménez 2001; Quiroz-Benítez 2013).

### **Pérdida de biodiversidad, conservación, restauración y sustentabilidad**

La biodiversidad, definida aquí como el

total de las poblaciones de las especies existentes distribuidas en los diferentes hábitats y ecosistemas de la tierra, está experimentando un dramático declive global debido a factores asociados a las actividades humanas (Dirzo *et al.* 2014). En general, la pérdida de la biodiversidad tiende a reducir las interacciones bióticas que ocurren en el ecosistema y generalmente reduce la salud y estabilidad de los ecosistemas (Naeem *et al.* 2009). Un nutrido cuerpo de información, derivado de investigaciones confiables en diferentes partes del mundo, indica la gravedad de la pérdida de biodiversidad. Es tal la reducción de la biodiversidad por acciones humanas que numerosos científicos y conservacionistas han propuesto que el nombre de la época geológica actual (Holoceno) se cambie por el de Antropoceno (del griego *anthropos* = humano y *kainos* = recién creado o nacido; Dirzo *et al.* 2014).

De acuerdo con la Plataforma Intergubernamental Científico-Normativa sobre Diversidad Biológica y Servicios de los Ecosistemas (IPBES), de los aproximadamente ocho millones de especies identificadas a nivel global, un millón de ellas se encuentra actualmente en peligro de extinción, una cifra de diez a cientos de veces mayor que la registrada durante los últimos diez millones de años (IPBES 2019). Las principales causas de esta erosión biológica están asociadas a las actividades humanas. La extirpación de especies y poblaciones, así como la disminución de la abundancia de especies locales son una forma reconocida del cambio global. Entre los vertebrados terrestres, 322 especies se han extinguido desde el año 1500 y las poblaciones de las especies restantes muestran una disminución promedio del 25% en abundancia. Esta disminución en abundancia animal está resultando en efectos negativos sobre el funcionamiento de los ecosistemas y el bienestar humano (Dirzo *et al.* 2014).

Adicionalmente, debido a esta disminución diversos servicios de los ecosistemas se están perdiendo ya sea de manera directa o indirecta, a través de una cascada de efectos. La pérdida de especies o la disminución de la abundancia de especies, de abejas, mariposas, aves y murciélagos está afectando negativamente la eficiencia de la polinización, el control de plagas y el reciclaje de nutrientes (Arizmendi *et al.* 2019). Además de lo anterior, la pérdida de biodiversidad afecta la calidad del agua y otros recursos naturales, la salud humana, así como a los procesos evolutivos de las especies. Ante estos escenarios, la conservación, restauración y uso sustentable de la biodiversidad es prioritario para la viabilidad a mediano y largo plazo de las sociedades humanas.

Generalmente la restauración ecológica se percibe como una intervención para la recuperación de propiedades perdidas de los ecosistemas, en casos en los que la conservación o la gestión sostenible no han logrado prevenir la pérdida o degradación de los hábitats naturales. Frecuentemente la restauración tiene un alto potencial para asegurar las contribuciones de la naturaleza a la sociedad, pero brindan pocos beneficios a la biodiversidad nativa. Cuando se prioriza la restauración de hábitats para mitigar el cambio climático mediante la maximización del almacenamiento de carbono, se pueden descuidar las acciones para conservar o mejorar la biodiversidad. Sin embargo, la restauración de ecosistemas y paisajes presenta posibilidades de lograr múltiples objetivos. De acuerdo con Chazdon (2021) se proponen cinco pautas para la práctica de la restauración para realizar la recuperación de la biodiversidad nativa: (1) adoptar un enfoque de paisaje basado en la restauración de corredores entre parches de hábitat remanentes; (2) considerar el movimiento de las especies para el establecimiento de corredores biológicos en paisajes específicos; (3)



**TÍTULO:** OGIGIA

**TÉCNICA:** GRABADO A BURIL

**DIMENSIONES:** 9 X 10 CM.

**AÑO:** 2017



identificar áreas donde la restauración puede ser de bajo costo utilizando la regeneración natural asistida, la cual ofrece un alto potencial para conservar la biodiversidad nativa; (4) utilizar especies de plantas de interés para la conservación en las plantaciones usadas en acciones de restauración; (5) guiar la planificación de la restauración utilizando herramientas de priorización espacial basadas en múltiples criterios. Además es importante considerar que dado el enorme impacto que hemos tenido sobre los ecosistemas y sus procesos, es necesario que el desarrollo sea sustentable, de tal manera que exista un equilibrio entre la conservación del medio ambiente y el uso de los recursos naturales para garantizar que el desarrollo no degrade la biodiversidad.

### **Especies invasoras, plagas, enfermedades emergentes**

Las especies exóticas invasoras alteran las redes tróficas y el funcionamiento de los ecosistemas, cambian patrones de distribución de especies y además son reservorios de patógenos invasores, emergentes y reemergentes que impactan la salud de la vegetación, la fauna doméstica o silvestre y, con frecuencia, a las personas (Vitousek *et al.* 1996). Las plagas y enfermedades emergentes van también en aumento por factores derivados del desarrollo económico y de los cambios en el uso del suelo (Aguirre *et al.* 2009). Las presiones comerciales y el crecimiento de la población humana han resultado en el aumento de asentamientos humanos en bosques y selvas, exponiendo a los pobladores a agentes exóticos y enfermedades enzoóticas como la fiebre amarilla, la rabia transmitida por murciélagos, las fiebres hemorrágicas por Arenavirus y, recientemente, el virus SARS-CoV2 causante de la enfermedad COVID-19 (Suzán *et al.* 2015, Córdoba-Aguilar *et al.* 2021). En tiempos recientes se ha registrado en el mundo un aumento marcado en la emergencia o reemer-

gencia de eventos epidemiológicos. De aquí la necesidad de incluir a los patógenos invasores emergentes y reemergentes como parte de los protocolos de investigación sobre la biodiversidad. Esta avenida de investigación es crítica para identificar escenarios de riesgo para la conservación de las especies, para la salud de los ecosistemas y para la salud pública. Adicionalmente, se subraya la necesidad de desarrollar herramientas innovadoras de modelación para identificar escenarios de riesgo e incluir aproximaciones multipatógeno, multi-hospedero y multivector para entender sistemas complejos ante los nuevos escenarios del cambio climático global (Koleff *et al.* 2021).

A pesar de que en México se tienen importantes avances en el conocimiento de las especies exóticas invasoras presentes en el país, es necesario resaltar y replicar los importantes esfuerzos que ya se llevan a cabo. Igualmente es importante impulsar el desarrollo e implementación de técnicas novedosas para ayudar a la prevención y manejo de especies exóticas invasoras en nuestro país (Díaz *et al.* 2021). Una herramienta importante para enfrentar el problema de especies invasoras es el uso de atlas como compiladores de datos sobre grupos específicos de tales especies. Los atlas tienen la ventaja de proporcionar información precisa sobre la incidencia de las especies que son de interés (Díaz *et al.* 2021). En México se ha implementado un sistema de atlas para evaluar el estado de invasión de plantas exóticas presentes en la Reserva de la Biósfera Sierra Gorda, a las cuales se les asignó un riesgo de invasión, mapas de extensión y ocupación y se generaron mapas de riesgo para el área de estudio. De las 215 especies registradas, 90 corresponden a especies exóticas, 125 a especies nativas y 154 a especies de malezas (Ramírez 2016). El método usado puede ser empleado para el inventario y monitoreo de especies exóticas invasoras. A partir de la información generada, se pueden elaborar programas de

manejo, control y erradicación para aquellas especies exóticas que todavía podrían ser controladas. Los esfuerzos para evitar o mitigar los efectos negativos de las especies invasoras deben considerar las fases de: introducción, establecimiento y expansión (Comité Nacional Asesor sobre Especies Invasoras 2010). En México hay controles fitosanitarios para frenar la entrada de nuevo germoplasma, pero estos esfuerzos no siempre son suficientes y no funcionan para especies que se introducen intencionalmente. Aunque se han realizado algunas campañas esporádicas para intentar erradicar especies invasoras ya establecidas en áreas sensibles, estas no han mostrado buenos resultados ya que se requieren campañas continuas de largo aliento y que involucren la colaboración de los pobladores locales (Aguirre-Muñoz *et al.* 2018).

### **Conocimiento en política pública, economía y gobernanza**

El conocimiento ecológico ha avanzado a un ritmo importante durante los últimos años. Sin embargo, los problemas ambientales son ahora más complejos y diversos. En general prevalece la idea de que se requiere más información ecológica para solucionar los problemas asociados al cambio global actual. Sin embargo, estos problemas continuarán agravando el estado de conservación de los ecosistemas y el bienestar humano, a menos que se pongan en práctica estrategias de mitigación, remediación y adaptación que están más allá de la esfera de la investigación ecológica. Los problemas ambientales del cambio global actual han surgido de esferas económicas, políticas y sociales, por lo que es necesario que las agendas de investigación en sostenibilidad surjan no sólo del impulso intelectual de la ciencia, sino de la acción y de las necesidades y objetivos de la sociedad como un todo. Esto es, se requiere de conocimiento ecológico que sea utilizable en la planeación y

ejecución de los grandes proyectos nacionales. El reto es lograr productos de planeación y toma de decisiones que consideren la vulnerabilidad y la adaptación al cambio global como propiedades emergentes e inciertas de sistemas socioecológicos en constante cambio. No basta la integración del conocimiento ecológico en actividades transdisciplinarias, sino también que sea pertinente en el contexto de los paradigmas de toma de decisiones bajo marcadas condiciones de incertidumbre y complejidad. Por lo tanto, la ecología debe estar estrechamente ligada con la política pública para alcanzar un desarrollo sustentable (Osborne 2021).

La gravedad y complejidad de los problemas ambientales que enfrentamos en la actualidad rebasan por mucho la capacidad de acción de un solo sector de la sociedad. Es por ello que para diseñar e implementar soluciones efectivas y equitativas a dichos problemas se requiere de la colaboración de múltiples actores sociales (gobierno, academia, organizaciones de la sociedad civil, empresas, comunidades locales, entre otros). La gobernanza ambiental, entendida como el conjunto de instituciones, mecanismos y organizaciones por medio de las cuales los actores del estado y de la sociedad ejercen poder y participan en la toma de decisiones, propone formas horizontales de gobernar que van más allá del Estado.

Considerando lo anterior, para lograr enfoques de gobernanza legítimos e innovadores es necesario entender los procesos por medio de los cuales los diversos actores colaboran, participan en la toma de decisiones y generan conocimiento de manera conjunta para el mejoramiento ambiental. La dinámica de las alianzas multisectoriales ha sido abordada principalmente en colaboraciones internacionales de alto nivel, mientras que las alianzas locales, en regiones de capacidad limitada, han sido menos exploradas a pesar de



**TÍTULO. ESTANQUE II**  
**TÉCNICA:** GRABADO A BURIL  
**DIMENSIONES:** 10 X 8 CM.  
**AÑO:** 2019



**TÍTULO. ESTANQUE I**  
**TÉCNICA:** GRABADO A BURIL  
**DIMENSIONES:** 10 X 8 CM.  
**AÑO:** 2019

su importancia para la sustentabilidad global. Por lo que analizar la colaboración multisectorial a escala global y local, la identificación de obstáculos y las oportunidades son esenciales para avanzar en la cogeneración de conocimiento y prácticas para la acción ambiental y la transformación socioecológica. En el caso de estudios de empresas forestales se han cogenerado política públicas, planes económicos y de gobernanza con el fin de: mejorar la calidad de vida de los miembros de la comunidad al mismo tiempo que se conserva el medio ambiente; identificar los instrumentos de política pública que favorecen la consolidación de las empresas como estrategias de producción y conservación; e identificar los factores y requerimientos necesarios para que estas formas de producción puedan ser sustentables económica, social y ambientalmente.

La humanidad vive una profunda y extendida crisis ambiental que nos sugiere que la existencia humana no puede concebirse separada del mantenimiento de los ecosistemas y de los beneficios que las sociedades obtienen de éstos (Osborne 2021). Por lo tanto, el enfoque transdisciplinar emerge como una aproximación viable para mejorar la calidad y eficacia de la generación de conocimiento para la transformación social, especialmente en el ámbito de la construcción de opciones de desarrollo sustentable significativas y realizables (Rist y Delgado 2016, Merçon 2018). Los sistemas socioecológicos se conciben integrados por los subsistemas biofísicos y social, cada uno comprendiendo una plétora de variables y factores que son mutuamente interdependientes y cambiantes en el espacio y tiempo, vinculando de manera indisoluble a la gente con la naturaleza (Gallopín 2003). Para mantener tales beneficios es necesario realizar acciones de conservación, uso, restauración y ordenamiento de los ecosistemas, su biodiversidad y funcionamiento con bases

sostenibles. Las interacciones socioecológicas en un sitio dado se desarrollan en un contexto de cambio global y de distintas dinámicas temporales (Balvanera *et al.* 2017). Por ello, en la búsqueda de la mitigación, adaptación o remediación de fenómenos causados por el cambio global, es imperativo contar con un enfoque socioecológico, el cual se dirige a explorar y entender sistemas complejos de alta incertidumbre, sujetos a un complejo de valores (Funtowics y Ravetz 1993).

Como hemos revisado en este artículo, el cambio global se manifiesta en múltiples facetas (cambio climático, contaminación de agua, tierra, aire, la pérdida de biodiversidad y la incidencia de especies invasoras, plagas, enfermedades emergentes, entre otras) y ha resultado del uso de tecnologías contaminantes e ineficientes, bajo un esquema de desarrollo de grandes mercados que priorizan el crecimiento económico a costa de la desigualdad social y la degradación ambiental. La inequidad económica, la erosión de culturas, de conocimientos y técnicas locales, la falta de credibilidad a la ciencia y la escucha de saberes ancestrales y la pérdida de las instituciones comunitarias y regionales son también manifestaciones del cambio global (Lambin *et al.*, 2001). Esta crisis no sólo demanda nuevos enfoques de investigación que sean capaces de resolver problemas complejos, sino también demanda de prácticas que den soluciones urgentes ante una crisis que amenaza la vida en el planeta Tierra, incluyendo a la propia humanidad (Hamilton *et al.*, 2015). Una conclusión fundamental es la necesidad de reconocer y abordar, en forma integrada, el estudio de los procesos naturales y sociales. La propuesta es adoptar un principio de complejidad que supere el conocimiento de mundos separados, donde ni las ciencias del hombre tienen conciencia del carácter físico y biológico de los fenómenos humanos, ni las ciencias de la natu-

raleza tienen conciencia de su inscripción en una cultura, una sociedad, una historia (García, 1994, Morin, 2001). En las últimas décadas han surgido y se han consolidado áreas de conocimiento que integran el estudio de la naturaleza y la sociedad. Asimismo, son cada vez más frecuentes los esfuerzos por realizar investigación y desarrollar tecnologías con la participación de diferentes especialidades y de comunidades distintas a la académica. Esta confluencia es indispensable para transitar a la conservación y el aprovechamiento sustentable de la biodiversidad y los ecosistemas, al control de especies invasoras, al control biológico de plagas y malezas, a la restauración de ambientes degradados y contaminados, a la producción agroecológica, a la ganadería holística, a la pesca y acuicultura sustentables y al desarrollo de ciudades sustentables, entre otros grandes temas del desarrollo sustentable con justicia socioambiental.

### Agradecimientos

Agradecemos a todas las personas que hicieron posible el simposio “La ecología ante los retos del cambio global: lecciones, avances y oportunidades” organizado por la SCME y llevado a cabo de manera virtual los días 15 y 16 de abril de 2021. R. Chazdon, G.C. Delgado, J. Merçon, J. Sarukhán participaron como conferencistas magistrales. P. Balvanera, A. Estrada, L. Pech, H. Rodríguez, L. Salas, Y. Venegas participaron como panelistas. J. Azahara, B. Ayala, G. Bocco, L. Bojórquez, M. Camacho Cervantes, M. Caso, L. Cortés Palacios, Ch. Siebe, R. Dirzo, L. García Barrios, J. Golubov, A. González-González, A.I. González Martínez, S. Guzmán Luna, L. E. Huber-Sannwald, P. Koleff, M. Latosfski, F. López Barrera, L. López Toledo, R. List, M. Masari, P. Moreno Casasola, A. Olivos Ortiz, N. Ramírez Álvarez, J. Rendón, H. Reyes Bonilla, J.M. Torres Rojo, C. Sáenz, G. Suzan,

H. Vibrans participaron como ponentes en simposio. Agradecemos a los miembros del Consejo Directivo y Presidencias Regionales de la SCME cuya labor fue fundamental para el éxito del simposio. Quisiéramos agradecer al CONACYT por el apoyo otorgado al Programa de la Sociedad Científica Mexicana de Ecología para la promoción, difusión y acceso universal al conocimiento en materia de ecología para la sociedad mexicana en la convocatoria 00000000317522.

### Bibliografía

- AGUIRRE MUÑOZ, A., M. ALFARO, E. GUTIÉRREZ Y S. MORALES. 2009. ESPECIES EXÓTICAS INVASORAS: IMPACTOS SOBRE LAS POBLACIONES DE FLORA Y FAUNA, LOS PROCESOS ECOLÓGICOS Y LA ECONOMÍA, EN CAPITAL NATURAL DE MÉXICO, VOL. II: ESTADO DE CONSERVACIÓN Y TENDENCIAS DE CAMBIO. *CONABIO, MÉXICO*, PP. 277-318.
- AGUIRRE-MUÑOZ, A., Y. BEDOLLA-GUZMÁN, J. HERNÁNDEZ-MONTOYA, M. LATOSFSKI-ROBLES, L. LUNA-MENDOZA, F. MÉNDEZ-SÁNCHEZ, A. ORTIZ-ALCARAZ, E. ROJAS-MAYORAL Y A. SAMANIEGO-HERRERA. 2018. THE CONSERVATION AND RESTORATION OF THE MEXICAN ISLANDS, A SUCCESSFUL COMPREHENSIVE AND COLLABORATIVE APPROACH RELEVANT FOR GLOBAL BIODIVERSITY, EN MEXICAN NATURAL RESOURCES MANAGEMENT AND BIODIVERSITY CONSERVATION, SPRINGER, CHAM, PP. 177-192.
- ARIZMENDI, M. C., A. ESCALANTE, M. R. ORTEGA, A. C. AGUILAR, R. L. SAADE, O. T. VALDÉS, P.A. DÁVILA, C. MUENCH, G. CEBALLOS, A. GARCÍA Y P. ÁLVAREZ-ICAZA. 2019. LAS CONDICIONES DE LA BIODIVERSIDAD: DIAGNÓSTICO Y POLÍTICA PÚBLICA. CRISIS AMBIENTAL EN MÉXICO. *RUTA PARA EL CAMBIO. UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO*, PP. 123-162.
- AVISSAR, R., R. R. DA SILVA Y D. WERTH. 2004. IMPLICATIONS OF TROPICAL DEFORESTATION FOR REGIONAL AND GLOBAL *HYDROCLIMATE. ECOSYSTEMS AND LAND USE CHANGE* 153: 73-83.
- BALVANERA, P., M. ASTIER, F. D. GURRI Y I. ZERMEÑO-HERNÁNDEZ. 2017. RESILIENCIA, VULNERABILIDAD Y SUSTENTABILIDAD DE SISTEMAS SOCIOECOLÓGICOS EN MÉXICO. *REVIS-*

- BALLESTEROS-BARRERA, C., E. MARTÍNEZ-MEYER Y H. GADSDEN. 2007. EFFECTS OF LAND-COVER TRANSFORMATION AND CLIMATE CHANGE ON THE DISTRIBUTION OF TWO MICROENDEMIC LIZARDS, GENUS *UMA*, OF NORTHERN MEXICO. *JOURNAL OF HERPETOLOGY* 41: 733-740.
- BENJAMÍN, J. A. Y O. MASERA. 2001. CAPTURA DE CARBONO ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO. *MADERA Y BOSQUES* 7: 3-12.
- BOCCO, G., B. S. CASTILLO, Q. OROZCO-RAMÍREZ Y A. ORTEGA-ITURRIAGA. 2019. LA AGRICULTURA EN TERRAZAS EN LA ADAPTACIÓN A LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA EN LA MIXTECA ALTA, OAXACA, MÉXICO. *JOURNAL OF LATIN AMERICAN GEOGRAPHY* 18: 141-168.
- CAJUSTE, L. J., A. V. ALARCÓN, C. D. E. GRABACH, G. A. GONZÁLEZ Y M. D. L. DE LA ISLA. 2001. CADMIO, NÍQUEL Y PLOMO EN AGUA RESIDUAL, SUELO Y CULTIVOS EN EL VALLE DEL MEZQUITAL, HIDALGO, MÉXICO. *AGROCIENCIA* 35: 267-274.
- CHAZDON, R. L. 2021. INVESTIGACIÓN TRANSDICIPLINARIA: COMUNIDADES DE APRENDIZAJE PARA LA TRANSFORMACIÓN SOCIOECOLÓGICA. REUNIÓN VIRTUAL DIÁLOGOS SOBRE LA ECOLOGÍA: LECCIONES, AVANCES Y OPORTUNIDADES. *SOCIEDAD CIENTÍFICA MEXICANA DE ECOLOGÍA. MEMORIAS*, pp. 207.
- CHAPINLL, F. S., O. E. SALA, E. HUBER-SANNWALD Y R. LEEMANS. 2013. THE FUTURE OF BIODIVERSITY IN A CHANGING WORLD, EN GLOBAL BIODIVERSITY IN A CHANGING ENVIRONMENT: SCENARIOS FOR THE 21ST CENTURY, *SPRINGER SCIENCE & BUSINESS MEDIA*, pp. 1-4.
- CAMACHO-CERVANTES, M., V. PALOMERA-HERNÁNDEZ Y C. M. GARCÍA. 2019. FORAGING BEHAVIOUR OF A NATIVE TOPMINNOW WHEN SHOALING WITH INVADERS. *AQUATIC INVASIONS* 14: 490-501.
- COMITÉ ASESOR NACIONAL SOBRE ESPECIES INVASORAS. 2010. ESTRATEGIA NACIONAL SOBRE ESPECIES INVASORAS EN MÉXICO, PREVENCIÓN, CONTROL Y ERRADICACIÓN. MÉXICO, *CONSEJO NACIONAL PARA EL CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD (CONABIO), COMISIÓN NACIONAL DE ÁREAS NATURALES. PROTEGIDAS (CONANP), SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES (SEMARNAT)*, pp 91.
- CÓRDOBA-AGUILAR, C., C. N. IBARRA-CERDEÑA, I. CASTRO-ARELLANO Y G. SUZAN. 2021. TACKLING ZONOSSES IN A CROWDED WORLD: LESSONS TO BE LEARNED FROM THE COVID-19 PANDEMIC. *ACTA TROPICA* 214: 105780.
- CUERVO-ROBAYO, A. P., C. URETA, M. A. GÓMEZ-ALBORES, A. K. MENESES-MOSQUERA, O. TÉLLEZ-VALDÉS Y E. MARTÍNEZ-MEYER. 2020. ONE HUNDRED YEARS OF CLIMATE CHANGE IN MEXICO. *PLOS ONE* 15: e0209808.
- DÍAZ, J. S., J. GOLUBOV, S. S. DE LA TORRE, C. M. RAMÍREZ-GUTIERREZ Y DEL M. C. MANDUJANO. 2021. INVASION POTENTIAL OF MEXICAN TERRESTRIAL ECOSYSTEMS. *INVASIVE ALIEN SPECIES: OBSERVATIONS AND ISSUES FROM AROUND THE WORLD*. 4: 143-152.
- DIRZO, R., H. S. YOUNG, M. GALETTI, G. CEBALLOS, N. J. ISAAC Y B. COLLEN. 2014. DEFAUNATION IN THE ANTHROPOCENE. *SCIENCE* 345: 401-406.
- FUNTOWICS S. O. Y J. R. RAVETZ. 1993. SCIENCE FOR THE POST-NORMAL AGE. *FUTURES* 25: 739-755.
- GALLOPÍN, G. C. 2003. SOSTENIBILIDAD Y DESARROLLO SOSTENIBLE: UN ENFOQUE SISTÉMICO. *SERIE MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO. CEPAL*, pp. 44.
- GARCÍA, R. 1994. INTERDISCIPLINARIEDAD Y SISTEMAS COMPLEJOS, EN CIENCIAS SOCIALES Y FORMACIÓN AMBIENTAL, *ED. GEDISA, UNAM, BARCELONA, ESPAÑA*, pp 85-124.
- GARCÍA-BARRIOS, L. Y M. GONZÁLEZ-ESPINOSA. 2017. INVESTIGACIÓN ECOLÓGICA PARTICIPATIVA COMO APOYO DE PROCESOS DE MANEJO Y RESTAURACIÓN FORESTAL, AGROFORESTAL Y SILVOPASTORIL EN TERRITORIOS CAMPESINOS. EXPERIENCIAS RECIENTES Y RETOS EN LA SIERRA MADRE DE CHIAPAS, MÉXICO. *REVISTA MEXICANA DE BIODIVERSIDAD* 88: 129-140.
- GERARDO, S., G. E. GARCÍA-PENA, I. CASTRO-ARELLANO, O. RICO, A. V. RUBIO, M. J. TOLSA, B. ROCHE, P. R. HOSSEINI, A. RIZZOLI, K. A. MURRAY, C. ZAMBRANA-TORRELIO, M. VITTECOQ, X. BAILLY, A. A. AGUIRRE, P. DASZAK, A. H. PRIEUR-RICHARD, J. N. MILLS Y J. F. GUEGAN. 2015. METACOMMUNITY AND PHYLOGENETIC STRUCTURE DETERMINE WILDLIFE AND ZONOTIC INFECTIOUS DISEASE PATTERNS IN TIME AND SPACE. *ECOLOGY AND EVOLUTION* 5: 865-873.
- GIBBARD, S., K. CALDEIRA, G. BALA, T. J. PHILLIPS Y M. WICKETT. 2005. CLIMATE EFFECTS OF GLOBAL LAND COVER CHANGE. *GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS* 32: L23705.
- GELVIZ-GELVEZ, S. M., N. P. PAVÓN, P. ILLOLDI-RANGEL Y C. BALLESTEROS-BARRERA. 2015. ECOLOGICAL NICHE MODELING UNDER CLIMATE CHANGE TO SELECT SHRUBS FOR ECOLOGICAL RESTORATION IN CENTRAL MEXICO. *ECOLOGICAL ENGINEERING* 74: 302-309.
- GOLUBOV, J., M. C. MANDUJANO, S. GUERRERO-ELIOSA, R. M. MENDOZA, P. KOLEFF, A. I. GONZÁLEZ,

- BARRIOS C. Y. y G. BORN-SCHMIDT. 2014. ANÁLISIS MULTICRITERIO PARA PONDERAR EL RIESGO DE LAS ESPECIES INVASORAS. MENDOZA, ESPECIES ACUÁTICAS INVASORAS EN MÉXICO, *COMISIÓN NACIONAL PARA EL CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD*, MÉXICO, PP. 123-133.
- GÓMEZ-ROMERO, M., J. C. SOTO-CORREA, J. A. BLANCO-GARCÍA, C. SÁENZ-ROMERO, J. VILLEGAS Y R. LINDIG-CISNEROS. 2012. ESTUDIO DE ESPECIES DE PINO PARA RESTAURACIÓN DE SITIOS DEGRADADOS. *AGROCIENCIA* 46: 795-807.
- GÓMEZ-MENDOZA, L. y L. ARRIAGA. 2007. MODELING THE EFFECT OF CLIMATE CHANGE ON THE DISTRIBUTION OF OAK AND PINE SPECIES OF MEXICO. *CONSERVATION BIOLOGY* 21: 1545-1555.
- HAMILTON, C., C. BONNEUIL Y F. GEMENNE. 2015. THE ANTHROPOCENE AND THE GLOBAL ENVIRONMENTAL CRISIS: RETHINKING MODERNITY IN A NEW EPOCH. *ROUTLEDGE, NEW YORK*, PP. 200.
- HANSEN, J., M. SATO Y R. RUEDY. 2012. PERCEPTION OF CLIMATE CHANGE. *PROCEEDINGS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES* 109: E2415-E2423.
- HERNÁNDEZ, L., H. REYES-BONILLA Y E. F. BALART. 2010. EFECTO DEL BLANQUEAMIENTO DEL CORAL POR BAJA TEMPERATURA EN LOS CRUSTÁCEOS DE CÁPODOS ASOCIADOS A ARRECIFES DEL SUROESTE DEL GOLFO DE CALIFORNIA. *REVISTA MEXICANA DE BIODIVERSIDAD* 81: 113-119.
- HILBISH, T. J., P. M. BRANNOCK, K. R. JONES, A. B. SMITH, B. N. BULLOCK Y D. S. WETHEY. 2010. HISTORICAL CHANGES IN THE DISTRIBUTIONS OF INVASIVE AND ENDEMIC MARINE INVERTEBRATES ARE CONTRARY TO GLOBAL WARMING PREDICTIONS: THE EFFECTS OF DECADAL CLIMATE OSCILLATIONS. *JOURNAL OF BIOGEOGRAPHY* 37: 423-431.
- IPBES. 2019. GLOBAL ASSESSMENT REPORT ON BIODIVERSITY AND ECOSYSTEM SERVICES OF THE INTER-GOVERNMENTAL SCIENCE-POLICY PLATFORM ON BIODIVERSITY AND ECOSYSTEM SERVICES, *IPBES SECRETARIAT, BONN, GERMANY*, PP. 1148.
- JIMÉNEZ, B. E. 2001. LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL EN MÉXICO. *EDITORIAL LIMUSA*, PP. 926.
- KOLEFF, P., R. M. ALFARO, J. GOLUBOV, A. I. GONZÁLEZ-MARTÍNEZ, Y. BARRIOS-CABALLERO, S. D. J. DE JESÚS, Z. P. RUIZ-UTRILLA, F. MÉDEZ-SÁNCHEZ, M. LATOFKI-ROBLES, M. M. GARCADIEGO-SAN JUAN, Y A. E. MARICHAL-GONZÁLEZ. 2021. INVASIVE ALIEN SPECIES IN MEXICO. *INVASIVE ALIEN SPECIES: OBSERVATIONS AND ISSUES FROM AROUND THE WORLD* 4: 77-92.
- KOLEFF, P., T. URQUIZA-HAAS Y B. CONTRERAS. 2012. PRIORIDADES DE CONSERVACIÓN DE LOS BOSQUES TROPICALES EN MÉXICO: REFLEXIONES SOBRE SU ESTADO DE CONSERVACIÓN Y MANEJO. *ECOSISTEMAS* 21: 6-20.
- KREBS, C. J. 1978. A REVIEW OF THE CHITTY HYPOTHESIS OF POPULATION REGULATION. *CANADIAN JOURNAL OF ZOOLOGY* 56: 2463-2480.
- LACHNIET, M. S., J. P. BERNAL, Y. ASMEROM, V. POLYAK Y D. PIPERNO. 2012. A 2400 YR MESOAMERICAN RAINFALL RECONSTRUCTION LINKS CLIMATE AND CULTURAL CHANGE. *GEOLOGY* 40: 259-262.
- LAMBIN, E. F., B. L. TURNER, H. J. GEIST, S. B. AGBOLA, A. ANGELSEN, J. W. BRUCE, O. T. COOMES, R. DIRZO, G. FISHER, C. FOLKE, P. S. GEORGE, K. HOMEWOOD, J. IMBERNON, R. LEEMANS, X. LI, E. F. MORAN, M. MORTIMORE, P. S. RAMAKRISHNAN, J. F. RICHARDS, H. SKANES, W. STEFFEN, G. D. STONE, U. SVEDIN, T. A. VELDKAMP, C. VOGEL Y J. XU. 2001. THE CAUSES OF LAND-USE AND LAND-COVER CHANGE: MOVING BEYOND THE MYTHS. *GLOBAL ENVIRONMENTAL CHANGE* 11: 261-269.
- LANDGRAVE, R. Y P. MORENO-CASASOLA. 2012. EVALUACIÓN CUANTITATIVA DE LA PÉRDIDA DE HUMEDALES EN MÉXICO. *INVESTIGACIÓN AMBIENTAL CIENCIA Y POLÍTICA PÚBLICA* 4: 19-35.
- LIST, R., P. RODRÍGUEZ, K. PELZ-SERRANO, J. BENÍTEZ-MALVIDO Y J. M. LOBATO. 2017. LA CONSERVACIÓN EN MÉXICO: EXPLORACIÓN DE LOGROS, RETOS Y PERSPECTIVAS DESDE LA ECOLOGÍA TERRESTRE. *REVISTA MEXICANA DE BIODIVERSIDAD* 88: 65-75.
- LÓPEZ-BARRERA, F., C. MARTÍNEZ-GARZA Y E. CECCON. 2017. ECOLOGÍA DE LA RESTAURACIÓN EN MÉXICO: ESTADO ACTUAL Y PERSPECTIVAS. *REVISTA MEXICANA DE BIODIVERSIDAD* 88: 97-112.
- MAGAÑA, V. O., J. L. VÁZQUEZ, J. L. PÉREZ Y J. B. PÉREZ. 2003. IMPACT OF EL NIÑO ON PRECIPITATION IN MEXICO. *GEOFÍSICA INTERNACIONAL* 42: 313-330.
- MARTÍNEZ-VILLEGAS, N., BRIONES-GALLARDO, R., RAMOS-LEAL, J.A., AVALOS-BORJA, M., CASTAÑÓN-SANDOVAL, A.D., RAZO-FLORES, E., VILLALOBOS, M. 2013. ARSENIC MOBILITY CONTROLLED BY SOLID CALCIUM ARSENATES: A CASE STUDY IN MEXICO SHOWCASING A POTENTIALLY WIDES PREAD ENVIRONMENTAL PROBLEMA. *ENVIRONMENTAL POLLUTION* 176: 114-122.
- MENDOZA, L. M. R., H. KARAPANAGIOTI Y N. R. ÁLVAREZ. 2018. Micro (NANOPLASTICS) IN THE MARINE ENVIRONMENT: CURRENT KNOWLEDGE AND GAPS. *CURRENT OPINION IN ENVIRONMENTAL SCIENCE & HEALTH* 1: 47-51.

- MENDOZA, H., A.V. RUBIO, G. E. GARCÍA-PEÑA, G. SUZÁN Y J.A. SIMONETTI. 2020. DOES LAND-USE CHANGE INCREASE THE ABUNDANCE OF ZOOLOGICAL RESERVOIRS? RODENTS SAY YES. *EUROPEAN JOURNAL OF WILDLIFE RESEARCH* 66: 1-5.
- MENDOZA-PONCE, A., R. CORONA-NÚÑEZ, F. KRAXNER, S. LEDUC Y P. PATRIZIO. 2018. IDENTIFYING EFFECTS OF LAND USE COVER CHANGES AND CLIMATE CHANGE ON TERRESTRIAL ECOSYSTEMS AND CARBON STOCKS IN MEXICO. *GLOBAL ENVIRONMENTAL CHANGE* 53: 12-23.
- MELI, P., R. LANDA, X. LÓPEZ-MEDELÍN Y J. CARABIAS. 2015. Social PERCEPTIONS OF RAINFOREST AND CLIMATIC CHANGE FROM RURAL COMMUNITIES IN SOUTHERN MEXICO. *ECOSYSTEMS* 18: 1343-1355.
- MERÇON, J., J. A. ROSELL, B. AYALA-OROZCO, I. BUENO, A. LOBATO Y G. ALATORRE. 2018. COLABORACIÓN TRANSDISCIPLINARIA PARA LA SUSTENTABILIDAD EN MÉXICO: PRINCIPALES RETOS Y ESTRATEGIAS, EXPERIENCIAS DE COLABORACIÓN TRANSDISCIPLINARIA PARA LA SUSTENTABILIDAD, COPIT-ARXIVES Y RED TEMÁTICA DE SOCIOECOSISTEMAS Y SUSTENTABILIDAD, *CONACYT*, pp. 17-48.
- MIGUEL MARTÍNEZ-RAMOS M., L. BARRAZA, P. BALVANERA, J. BENÍTEZ-MALVIDO, F. BONGERS, A. A. CASTILLO, D. A. CUARÓN, G. IBARRA-MANRÍQUEZ, H. PAZ-HERNÁNDEZ, A. PÉREZ-JIMÉNEZ, A. M. QUESADA, D. PÉREZ-SALICRUP, G. SÁNCHEZ-AZOFEIFA, J. SCHONDUBE, K. STONER, J. ALVARADO-DÍAZ, B. BOEGE, E. DEL-VAL, C. M. FAVILA, I. SUAZO-ORTUÑO, L. D. ÁVILA-CABADILLA, M. ÁLVAREZ-AÑORVE, R. M. CANO, M. J. CASTILLO, B. O. CHAVES, E. I. DE LA PEÑA, D. A. CORZO, G. M. C. GODÍNEZ, B. A. P. GÓMEZ, G. A. DI PIERRO, B. D. FUENTEALBA, G. W. A. GUDIÑO, O. O. HERNÁNDEZ, M. KALÁSCKA, M. LOBECK, A. LÓPEZ-CARRTERO, A. A. MANRIQUE, S. MAZA-VILLALOBOS, M. MÉNDEZ-TORIBIO, F. MORA-ÁRDILA, A. S. MUENCH, G. C. B. PEÑALOZA, P. L. F. PINZÓN, P. E. PÉREZ, F. PINEDA-GARCÍA, A. RICAÑO-ROCHA, M. ROCHA-ORTEGA, J. RODRÍGUEZ-VELÁZQUEZ, N.M. SCHROEDER, J. TRILLERAS-MOTHA, M. VAN BREUGEL, P.S. VAN DER, G.E.VILLA Y I. ZERMEÑO-HERNÁNDEZ. 2012. MANEJO DE BOSQUES TROPICALES: BASES CIENTÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN, RESTAURACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE ECOSISTEMAS EN PAISAJES RURALES. *INVESTIGACIÓN AMBIENTAL. CIENCIA Y POLÍTICA PÚBLICA* 4: 111-129.
- MORIN, E., 2001. LOS SIETE SABERES NECESARIOS A LA EDUCACIÓN DEL FUTURO, *EDICIONES PAIDÓS IBÉRICA*, S. A, pp. 151.
- MURRAY-TORTAROLO, G.N. Y V. J. JARAMILLO. 2019. The IMPACT OF EXTREME WEATHER EVENTS ON LIVESTOCK POPULATIONS: THE CASE OF THE 2011 DROUGHT IN MEXICO. *CLIMATIC CHANGE* 153: 79-89.
- MURRAY-TORTAROLO, G. N. 2021. SEVEN DECADES OF CLIMATE CHANGE ACROSS MEXICO. *ATMÓSFERA* 34: 217-226. SEVEN DECADES OF CLIMATE CHANGE ACROSS MEXICO. *ATMÓSFERA* 34: 217-226.
- NAEEM, S., D. B. BUNKER, A. HECTOR, M. LOREAU Y C. PERRINGS. 2009. INTRODUCTION: THE ECOLOGICAL AND SOCIAL IMPLICATIONS OF CHANGING BIODIVERSITY. AN OVERVIEW OF A DECADE OF BIODIVERSITY AND ECOSYSTEM FUNCTIONING RESEARCH, EN BIODIVERSITY, ECOSYSTEM FUNCTIONING, AND HUMAN WELLBEING: AN ECOLOGICAL AND ECONOMIC PERSPECTIVE, *OXFORD UNIVERSITY PRESS, UNITED KINGDOM*, pp. 3-13.
- NARCHI, N. E., M. CARIÑO, M. A. MESA-JURADO, A. ESPINOZA-TENORIO, A. OLIVOS-ORTIZ, M. M. EARLY CAPISTRÁN, E. MONTERO, Y. OCHOA, C. M. BEITL, T. E. MARTÍNEZ, O. CERVANTES, H. H. NAVA, A. K. SPALDING, C. A. GRACE-McCASKEY, N. CORONA Y G. G. MOREIRA-MOURA. 2018. EL COLABORATORIO DE OCEANOGRAFÍA SOCIAL: ESPACIO PLURAL PARA LA CONSERVACIÓN INTEGRAL DE LOS MARES Y LAS SOCIEDADES COSTERAS. *SOCIEDAD Y AMBIENTE* 18: 285-301.
- OCHOA-OCHOA, L. M., P. RODRÍGUEZ, F. MORA, O. FLORES-VILLELA Y R. J. WHITTAKER. 2012. CLIMATE CHANGE AND AMPHIBIAN DIVERSITY PATTERNS IN MEXICO. *BIOLOGICAL CONSERVATION* 150: 94-102.
- OLIVOS-ORTIZ, A., S. I. QUIJANO-SCHEGGIA, A. PÉREZ-MORALES, J. H. GAVIÑO-RODRÍGUEZ, T. KONO-MARTÍNEZ, G. C. PELAYO-MARTÍNEZ, C. D. ORTEGA-ORTIZ Y M. G. VERDUZCO-ZAPATA. 2016. CONDICIONES HIDROGRÁFICAS EN EL PACÍFICO CENTRAL MEXICANO RELACIONADO CON FLORECIMIENTOS ALGALES EN LA ZONA COSTERA DE COLIMA, FLORECIMIENTOS ALGALES NOCIVOS EN MÉXICO, *CICESE*, pp. 256-267
- OSBORNES, T., G. VICTORIA, S. BROCK, R. LAVE, R. CHAZDON, M. LEFEVRE, S. CHOMBA, E. GAREN Y J. SUNDBERG. 2021. The POLITICAL ECOLOGY PLAYBOOK FOR ECOSYSTEM RESTORATION: PRINCIPLES FOR EFFECTIVE, EQUITABLE, AND TRANSFORMATIVE LANDSCAPES. *GLOBAL ENVIRONMENTAL CHANGE* 70: 102320.



- PARRA-OLEA, G., E. MARTÍNEZ-MEYER Y G. P. P. DE LEÓN. 2005. FORECASTING CLIMATE CHANGE EFFECTS ON SALAMANDER DISTRIBUTION IN THE HIGHLANDS OF CENTRAL MEXICO. *BIOTROPICA* 37: 202-208.
- PONTIFES, P. A., P. M. GARCÍA-MENESES, L. GÓMEZ-AÍZA, A. I. MONTERROSO-RIVAS Y M. CASO-CHÁVEZ. 2018. LAND USE/LAND COVER CHANGE AND EXTREME CLIMATIC EVENTS IN THE ARID AND SEMI-ARID ECOREGIONS OF MEXICO. *ATMÓSFERA* 31: 355-372.
- PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE. 2020. INFORME SOBRE LA BRECHA EN LAS EMISIONES DEL 2020. *RESUMEN. NAIROBI*, PP. 16.
- QUIROZ BENÍTEZ, D. E. 2013. LAS CIUDADES Y EL CAMBIO CLIMÁTICO: EL CASO DE LA POLÍTICA CLIMÁTICA DE LA CIUDAD DE MÉXICO. *ESTUDIOS DEMOGRÁFICOS Y URBANOS* 28: 343-382.
- RAMÍREZ G. M. C. 2016. ATLAS DE PLANTAS EXÓTICAS INVASORAS EN EL ESTADO DE QUERÉTARO, SIERRA GORDA, MÉXICO. *TESIS DE LICENCIATURA. UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO*, PP. 149. ATLAS DE PLANTAS EXÓTICAS INVASORAS EN EL ESTADO DE QUERÉTARO, SIERRA GORDA, MÉXICO.
- RAMÍREZ, M. A. Y., A. G. GARCÍA Y J. BARRERA. 2003. EL CONVENIO DE ESTOCOLMO SOBRE CONTAMINANTES ORGÁNICOS PERSISTENTES Y SUS IMPLICACIONES PARA MÉXICO. *GACETA ECOLÓGICA* 69: 7-28.
- RIST, S., Y F. DELGADO. 2016. CIENCIAS, DIÁLOGO DE SABERES Y TRANSDISCIPLINARIEDAD. APORTES TEÓRICO-METODOLÓGICOS PARA LA SUSTENTABILIDAD ALIMENTARIA Y DEL DESARROLLO. *AGRU-CO-UMSS*, PP. 379.
- SELLERS, W. D. 1965. PHYSICAL CLIMATOLOGY, *THE UNIVERSITY CHICAGO PRESS, CHICAGO, ILLINOIS, EUA*, PP. 611.
- TÉLLEZ-VALDÉS, O., Y P. DiVILA-ARANDA. 2003. PROTECTED AREAS AND CLIMATE CHANGE: A CASE STUDY OF THE CACTI IN THE TEHUACÁN-CUICATLÁN BIOSPHERE RESERVE, MEXICO. *CONSERVATION BIOLOGY* 17: 846-853.
- TREJO, I., E. MARTÍNEZ-MEYER, E. CALIXTO-PÉREZ, S. SÁNCHEZ-COLÓN, R. VÁZQUEZ DE LA TORRE, Y L. VILLERS-RUIZ. 2011. ANALYSIS OF THE EFFECTS OF CLIMATE CHANGE ON PLANT COMMUNITIES AND MAMMALS IN MÉXICO. *ATMÓSFERA* 24: 1-14.
- TORRES ROJO, J.M., Y A.E. GUEVARA SANGINÉS. 2002. EL POTENCIAL DE MÉXICO PARA LA PRODUCCIÓN DE SERVICIOS AMBIENTALES: CAPTURA DE CARBONO Y DESEMPEÑO HIDRÁULICO. *GACETA ECOLÓGICA* 63: 40-50.
- VITOUSEK, P. 1992. GLOBAL ENVIRONMENTAL CHANGE: AN INTRODUCTION. *ANNUAL REVIEW OF ECOLOGY AND SYSTEMATICS* 23: 1-14.
- VITOUSEK, P.M., C.M. DÁNTONIO, L.L. LOOPE Y R. WESTBROOKS. 1996. BIOLOGICAL INVASIONS AS GLOBAL ENVIRONMENTAL CHANGE. *AMERICAN SCIENTIST* 84: 468-478.
- WINPENNY, J., I. HEINZ Y S. KOO-OSHIMA. 2013. REUTILIZACIÓN DEL AGUA EN LA AGRICULTURA: ¿BENEFICIOS PARA TODOS? ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA. *ROMA*, PP. 144.
- WOODMAN, A. 2021. COMISIÓN NACIONAL PARA EL CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD AN EXCLUSIVE DISCUSSION WITH NATIONAL COORDINATOR OF CONABIO DR. JOSÉ SARUKHÁN KERMEZ. *ANNALS OF THE ROMANIAN SOCIETY FOR CELL BIOLOGY*: 6003-6009.