

REVISTA IAPEM

NÚMERO 113

SEPTIEMBRE-DICIEMBRE DE 2022

MITIGACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO: **POLÍTICAS Y EXPERIENCIAS DESDE LA ADMINISTRACIÓN PÚBLICA**

La Carta de la Tierra como iniciativa para impulsar la alianza por la sustentabilidad municipal.

Rafael Fernando Sánchez Barreto,
Fredyd Torres Oregón y Javier
Jesús Ramírez Hernández

Decisiones para la sustentabilidad y la mitigación del cambio climático.

Aportaciones desde la administración pública.
Juan José Alva Sánchez

Características de las políticas públicas efectivas de mitigación del cambio climático.

Alejandra Andrade Jardón

Mitigación del cambio climático: Interrelación entre la Ciencia y las Políticas Ambientales.

Marquidia Josseline Pacheco Pacheco, Joel Pacheco Sotelo y Ricardo Valdivia Barrientos

Juicio de Amparo en materia ambiental a partir de los recientes criterios jurisprudenciales.

Cintha Aurora Pérez Tirado y Luis Felipe Hernández Llop

Experiencias como directora de Medio Ambiente en Nicolás Romero, Estado de México.

Blanca Estela Chávez Sandoval

La importancia y los retos en el fortalecimiento de la procuración de Justicia Ambiental en México.

Luis Eduardo Gómez García



La importancia de los estudios de aptitud agrícola como herramientas de adaptación al cambio climático en el Estado de México.

Aurora Guadalupe Martínez Ponce

Talleres de educación ambiental y cambio climático en pandemia y postpandemia en la Universidad Pedagógica Nacional 151, Toluca.

Saúl Alejandro García y Delfino Israel Herrera Peralta

La sustentabilidad en la transformación digital de la administración pública.

Elizabeth Toriz García, Marcelino Aparicio Ponce y J. Manuel Díaz Toriz

Áreas verdes urbanas como propuesta de política pública para regular el incremento de la temperatura intraurbana en la Zona Metropolitana de Toluca.

Erika Rivera Martínez

Protocolo de Actuación en Contingencias Climáticas dentro de las Áreas Naturales Protegidas Estatales.

Manuel Antonio Pérez Rodríguez



GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO



EDOMÉX
DECISIONES FIRMES, RESULTADOS FUERTES.

Revista iapem

MITIGACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO: POLÍTICAS Y EXPERIENCIAS DESDE LA ADMINISTRACIÓN PÚBLICA



Instituto de Políticas Públicas del Estado de México y sus Municipios
Toluca, México, 2022

© Revista IAPEM

Instituto de Políticas Públicas del Estado de México y sus Municipios

Av. Hidalgo Pte. Núm. 503

Col. La Merced, Toluca, México

C.P. 50080. Tels.: (01722) 213 4672, (01722) 213 4673, (01722) 213 4674

Página web: <http://iapem.edomex.gob.mx>

ISSN 1665-2088

Certificado de Licitud de Título Núm. 6714

Certificado de Licitud de Contenido Núm. 6995

Certificado de Reserva de Derechos al Uso

Exclusivo del Título: 04-2013-013012312200-102

Los trabajos que aparecen en esta revista son responsabilidad de los autores y no necesariamente expresan el punto de vista del Instituto de Políticas Públicas del Estado de México y sus Municipios.

Revista iapem es una publicación cuatrimestral especializada en Administración Pública. Está dirigida a funcionarios, administradores, investigadores, docentes, analistas y a todos aquellos interesados en la Administración Pública global, nacional y local.

Índice

Presentación

Presentation

Jorge Rescala Pérez

7

Preliminar

Preliminary Abstract

Arturo Huicochea Alanís

9

La Carta de la Tierra como iniciativa para impulsar la alianza por la sustentabilidad municipal

The Earth Charter as an initiative to promote the alliance for municipal sustainability

Rafael Fernando Sánchez Barreto

Fredyd Torres Oregón

Javier Jesús Ramírez Hernández

10

Mitigación del cambio climático: Interrelación entre la Ciencia y las Políticas Ambientales

Climate change mitigation: Interrelationship between Science and Environmental Policies

Marquidia Pacheco

Joel Pacheco

Ricardo Valdivia

23

La importancia y los retos en el fortalecimiento de la procuración de
justicia ambiental en México

*Importance and challenges in strengthening the enforcement of
environmental justice in Mexico*

Luis Eduardo Gómez García

33

La importancia de los estudios de aptitud agrícola como herramientas
de adaptación al cambio climático en el Estado de México

*The importance of agricultural suitability studies as tools for climate
change adaptation in the State of Mexico*

Aurora Guadalupe Martínez Ponce

39

Talleres de educación ambiental y cambio climático en pandemia y
pospandemia en la Universidad Pedagógica Nacional, Unidad 151,
Toluca

*Workshops on environmental education and climate change in
pandemic and post-pandemic at the Universidad Pedagógica Nacional,
Unit 151, Toluca.*

Saúl Alejandro García

Delfino Israel Herrera Peralta

57

Decisiones para la sustentabilidad y la mitigación del cambio climático.

Aportaciones desde la administración pública

*Decisions for sustainability and climate change mitigation.
Contributions from the public administration*

Juan José Alva Sánchez

67

Juicio de Amparo en materia ambiental a partir de los recientes
criterios jurisprudenciales

*Amparo Trial in environmental matters based on recent jurisprudential
criteria*

Cinthyra Aurora Pérez Tirado

Luis Felipe Hernández Llop

75

Características de las políticas públicas efectivas de mitigación del cambio climático

Features of effective climate change mitigation policies

Alejandra Andrade Jardón

84

Experiencias como directora de Medio Ambiente en Nicolás Romero, Estado de México

Experiences as Environment Director at Nicolas Romero, State of Mexico

Blanca Estela Chávez Sandoval

99

La sustentabilidad en la transformación digital de la administración pública

Sustainability in digital transformation of public administration

Elizabeth Toriz García

Marcelino Aparicio Ponce

J. Manuel Díaz Toriz

110

Áreas verdes urbanas como propuesta de política pública para regular el incremento de la temperatura intraurbana en la Zona Metropolitana de Toluca

Urban green areas as a public policy proposal to regulate the increase of intra-urban temperature in the Metropolitan Area of Toluca

Erika Rivera Martínez

128

Protocolo de Actuación en Contingencias Climáticas dentro de las Áreas Naturales Protegidas Estatales

Action Protocol in Climatic Contingencies into State Protected Natural Areas

Manuel Antonio Pérez Rodríguez

143

Presentación

Presentation

Este número de la Revista IAPEM, que nace de la colaboración entre el Instituto de Políticas Públicas del Estado de México y sus Municipios (IAPEM) y la Secretaría del Medio Ambiente del Estado de México, aborda diversos temas ligados a la coyuntura que vivimos en el planeta debido a la emergencia del calentamiento global y la consecuente necesidad de construir soluciones desde los gobiernos.

Nuestra entidad tiene dos grandes riquezas: los mexiquenses que la habitamos —poseedores de fascinante cultura e historia— y una envidiable naturaleza en la que convergen bosques, fauna, flora, llanuras, ríos, lagos y majestuosos volcanes.

Nuestro territorio es sinónimo de aire y agua limpios para la zona centro del país, pues tenemos cualidades medioambientales privilegiadas. Solo por mencionar una: poco más del 44% del Estado de México es Área Natural Protegida y, de hecho, somos la entidad federativa con más espacios de este tipo en el país.

Estas condiciones, aunadas a la magnífica fusión mexiquense entre provincia y modernidad, demandan a la administración pública construir estrategias y políticas que permitan el desarrollo de alrededor de 18 millones de mexiquenses sin poner en riesgo el futuro de las próximas generaciones.

La coyuntura exige construir alianzas con todos los sectores para transformar desde el gobierno —pero también desde otros ámbitos— nuestra visión del mundo y adaptarla a la responsabilidad que compartimos sobre el cambio climático.

Por indicaciones del Gobernador Alfredo Del Mazo Maza, la Secretaría del Medio Ambiente se ha dado a la tarea de escuchar a la mayor cantidad de voces que, desde su experiencia y capacidad, contribuyen a fortalecer la política medioambiental de esta administración estatal.

La Revista IAPEM, en su número 113, presenta 12 artículos de personas ambientalistas, académicas y servidoras públicas que hacen valiosas aportaciones al diagnóstico actual del medio ambiente mexiquense y, consecuentemente, plantean rutas de acción que hemos tomado en cuenta y seguiremos atendiendo.

Deseo extender un sincero agradecimiento al IAPEM por el acompañamiento y asesoría que ha brindado a esta Secretaría y reitero la voluntad de seguir trabajando de forma cercana y coordinada en el objetivo superior de construir un Estado de México ambientalmente fuerte.

Jorge Rescala Pérez
Secretario del Medio Ambiente del
Estado de México

Preliminar

Preliminary Abstract

Cada vez más, la naturaleza habla, esperando que el género humano la escuche. Suena como un lamento que reclama atención. Un grito de alerta que insta a la acción. Una llamada de emergencia que nos impele a la mitigación del cambio climático. Hay, sin duda, muchas urgencias en la agenda pública, pero el ambiental es, definitivamente, el asunto global más importante y, por tanto, tema central del trabajo gubernamental.

En la administración pública del Estado de México, los esfuerzos del Poder Ejecutivo que lidera Alfredo Del Mazo Maza han consistido en una larga serie de políticas públicas que, a más de cuatro años de esfuerzos, ya arrojan resultados concretos y dibujan esperanzadores escenarios, así como interesantes y aleccionadoras experiencias que la Secretaría del Medio Ambiente, encabezada por el Ingeniero Jorge Rescala Pérez, se ha dado a la tarea de registrar, sistematizar y, en esta colaboración con el IAPEM, publicar algunas de ellas y ponerlas a consideración de la comunidad de especialistas, tanto de las ciencias ambientales como de las disciplinas administrativas, en lo que constituye una aportación de conocimientos y un incentivo para la conversación sobre el presente y futuro de la comunidad.

De sólida base científica, los 12 artículos que integran esta publicación reúnen muy bien ambas disciplinas y reflejan claramente los desafíos que enfrentan los gobiernos locales, en su empeño por dar cauce a la energía social para que, sumada a la gubernamental, conforme una fuerza pública transformadora.

Mitigar pareciera ser un propósito de alcance limitado, pero es realista a no dudarlo. Las perspectivas desde las que cada persona autora de estas reflexiones aborda el objeto de estudio resultan complementarias y tienen como denominador común que se trata de esfuerzos llevados a cabo por autoridades locales, estatales y municipales, que son las que más directamente impactan en la vida cotidiana de la gente. En otras palabras, se trata de propuestas precedidas por la experiencia en acciones concretas y eso las dota de valor agregado. Para el IAPEM, este esfuerzo de la Secretaría del Medio Ambiente es mucho más que una oportunidad de enriquecer nuestro programa editorial: es la ocasión propicia para ofrecer aportaciones significativas, contribuciones para el porvenir.

Arturo Huicochea Alanís
Director General del IAPEM

La Carta de la Tierra como iniciativa para impulsar la
alianza por la sustentabilidad municipal
*The Earth Charter as an initiative to promote the
alliance for municipal sustainability*

Rafael Fernando Sánchez Barreto*, Fredyd Torres Oregón** y
Javier Jesús Ramírez Hernández***

Resumen

El informe del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) de febrero de 2022 establece que los impactos del cambio climático serán cada vez más intensos, en particular para los países de escasos recursos y las comunidades marginadas.

El Estado de México no está exento de los efectos generados por la contaminación derivada de gases de efecto invernadero, los residuos, la concentración demográfica y la falta de estrategias para enfrentar los impactos que han provocado las altas temperaturas e inundaciones que afectan la calidad de vida de los mexiquenses.

La insustentabilidad de la política municipal deviene en la necesidad de impulsar planes emergentes que mitiguen los efectos derivados de años de ausencia de responsabilidades, así como de iniciativas que fomenten la participación social desde lo local ante el cambio climático.

Establecer alianzas para la sustentabilidad con base en la Carta de la Tierra, fortalecerá el actuar político para beneficio de la población.

Palabras clave

Carta de la Tierra, sustentabilidad, municipios.

Abstract

The report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) of February 2022 states that the impacts of climate change will be increas-

* Doctor en estudios turísticos y profesor-investigador del Centro de Estudios e Investigación en Desarrollo Sustentable de la Universidad Autónoma del Estado de México. Correo electrónico: rfsanchezb@uaemex.mx

** Doctor en ciencias agropecuarias y recursos naturales, y profesor-investigador del Centro de Estudios e Investigación en Desarrollo Sustentable de la Universidad Autónoma del Estado de México.

*** Doctor en ciencias sociales y profesor-investigador del Centro de Estudios e Investigación en Desarrollo Sustentable de la Universidad Autónoma del Estado de México.

ingly intense, particularly for resource-poor countries and marginalized communities.

The State of Mexico is not exempt from the aforementioned effects generated by pollution derived from greenhouse gases, waste, demographic concentration and the lack of strategies to face the impacts caused by high temperatures and floods that affect the quality of life of people from the State of Mexico.

The unsustainability of the municipal policy becomes the need to promote emerging plans that mitigate the effects derived from years of absence of responsibilities, as well as initiatives that promote social participation from the local level in the face of climate change. Establish alliances for sustainability from the Earth Charter, strengthen political action for the benefit of the population.

Keywords

Earth Charter, sustainability, municipalities.

Introducción

Las condiciones ambientales del planeta derivadas de la policrisis económica, el cambio climático, los conflictos bélicos, la escasez de agua, la proliferación de incendios forestales y, ahora, la falta de seguridad alimentaria, han generado un estrés social acrecentado a partir del año 2020 con la aparición del virus SARS-CoV-2 y una pandemia que ha desvelado las injusticias sociales presentes en la mayoría de los países, y que ha afectado en gran medida a las comunidades vulnerables, ya de por sí en situación de pobreza y marginación.

De acuerdo con datos de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) para el periodo 2018-2020, 8.9 millones de personas —7.5% de la población— habitan en municipios con vulnerabilidad crítica; los más afectados se ubican en Oaxaca, Guerrero, Chiapas, la Huasteca veracruzana y poblana, así como en el sur de Durango, la Sierra Tarahumara y Yucatán; 29.3% de los mexicanos se encuentran en los grados alto y muy alto de vulnerabilidad, mientras que 63% viven en lugares con vulnerabilidad media. Dicho índice está integrado por aspectos demográficos, socioeconómicos y de salud de la población a nivel municipal.

Con respecto al Estado de México, de 2018 a 2020 la pobreza se agravó en un 7.1%, al pasar de 41.8% a 48.9%; sin embargo, la entidad se colocó en el décimo segundo lugar en el porcentaje de ciudadanos en situación de pobreza. De las 16 millones 992 mil 418 personas que residían en el estado en 2020, el 48.9% se encontraba en situación de pobreza y el 8.2% en pobreza extrema. Ahora bien, en el reporte del Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (Coneval) del 5 de agosto de 2021, dos millones 409 mil 200 personas tenían rezago educativo, lo que representa un 14.1% de la población.

El impacto de la pandemia en el medio ambiente: una visión desde la Carta de la Tierra

Si bien, y como es evidente, la pandemia por COVID-19 ha causado preocupación en el sector salud, no ha sido menor su impacto en el medio ambiente. Las condiciones climáticas durante los años de pandemia se han intensificado al nivel de emergencia, al presentarse sequías prolongadas, escasez de agua, incendios forestales, contaminación por la alta generación de residuos, crisis energética y contingencias ambientales en grandes centros poblacionales.

En este escenario, la Carta de la Tierra surge como una iniciativa para fortalecer el quehacer ambiental y pasar de la conciencia a la acción.

Son cuatro los ejes que la vertebran: 1) Respeto y cuidado de la comunidad de la vida; 2) Integridad ecológica; 3) Justicia social y económica; y 4) Democracia, no violencia y paz. Cuenta con 16 principios y 64 principios de acción, que operan como una hoja de ruta para considerar la reformulación de planes, programas y estrategias diseñadas desde las posibilidades de trabajo en conjunto, colaborativo y horizontal.

Con base en lo anterior, la Red Mexicana de la Carta de la Tierra, conformada por representantes de cada una de las entidades del país, manifestó su preocupación e interés en que, desde el nivel municipal, se integrara el documento “La Carta de la Tierra como marco ético para atender con responsabilidad la pandemia COVID-19 del año 2020”, el cual fue generado en forma colaborativa por miembros de la Red, y consultado con diversas personas que promueven en México los valores y principios de la Carta de la Tierra.

Como indica su objetivo principal, el documento referido puede servir de guía a tomadores de decisiones y, en general, a quienes busquen orientación para emprender acciones con miras a enfrentar la situación derivada de la pandemia por COVID-19, en un marco de reverencia a la naturaleza y, sobre todo, a la vida. La propuesta general es que cada persona, institución, comunidad, pueda registrar acciones concretas que permitan transitar hacia una sociedad libre de agentes como el virus SARS-CoV-2 y que, en ese sentido, con prácticas ambientales sea posible erradicar esta y otras enfermedades surgidas, la mayoría de las veces, en condiciones de insalubridad, pobreza y marginación.

Ante todo, y según se establece en su introducción, “La Carta de la Tierra como marco ético para atender con responsabilidad la pandemia COVID-19 del año 2020” es una invitación para aplicar la Carta de la Tierra como un tamiz ético para la toma de decisiones y las actividades que se están realizando como parte de la atención y la adaptación a los efectos de la pandemia por COVID-19. Como se señala,

es muy sencillo entender, relacionar y aplicar cada principio de La Carta de la Tierra en las actividades que se quieran instrumentar en la vida familiar, laboral y comunitaria, con el propósito de incorporar valores y alternativas, con una visión hacia la sustentabilidad, en las estrategias que forman parte de la construcción de nuevos estilos de vida humanos a nivel mundial, y así atender los futuros retos surgidos a

partir de la pandemia y de los ya vigentes efectos del cambio climático (Red Mexicana de la Carta de la Tierra, 2020, p. 2).

Solo para ejemplificar la importancia de este documento, en el eje 1, Respeto y cuidado de la comunidad de la vida, se establece que “La pandemia del COVID-19 ha demostrado que las comunidades humanas somos aún más interdependientes de lo que la mayoría de la gente creía. Así mismo, las sociedades humanas y los diversos ambientes naturales también somos interdependientes” (Red Mexicana de la Carta de la Tierra, 2020, p. 3). En el eje 2, Integridad ecológica, se señala que:

investigar de manera integral las diferentes iniciativas que se están realizando en el mundo es una prioridad para atender los impactos sociales, económicos, políticos y ecológicos que ha causado la pandemia del COVID-19, con el propósito de aplicar la información de manera adecuada a fin de prevenir y remediar los impactos a nivel local y regional (Red Mexicana de la Carta de la Tierra, 2020, p. 7).

En cuanto al eje 3, Justicia social y económica, la consigna es que:

El modelo de desarrollo humano ha cambiado actualmente a raíz de los efectos de la pandemia del COVID-19. Se encuentra en un punto de inflexión para definir su destino, lo que nos lleva a reflexionar sobre cómo atender los efectos posteriores a la pandemia, así como los retos ya existentes por los efectos del cambio climático. Por lo tanto, es prioritario asegurar que las actividades e instituciones económicas, a todo nivel, promuevan el desarrollo humano de forma equitativa y sostenible (Principio 10).

Lo anterior implica considerar las diferentes respuestas sociales, gubernamentales y empresariales que han surgido con relación a la atención de las consecuencias de la pandemia del COVID-19, con el propósito de promover en todos los sectores sociales el aseguramiento permanente del respeto a los derechos humanos y la protección ambiental (Red Mexicana de la Carta de la Tierra, 2020, p. 11).

Finalmente, en el eje 4, Democracia, no violencia y paz, se asume que:

Los efectos de la pandemia del COVID-19 en las sociedades humanas y su repercusión en otras especies requieren de una evaluación profunda por parte de los medios de comunicación y en las redes sociales, especialmente con relación a la información precisa y las buenas prácticas, para tomar decisiones locales, regionales y mundiales, siempre desde el pensamiento complejo y sistémico, y una perspectiva de interdependencia; de ello se desprende la importancia del Principio 14 de La Carta de la Tierra, que propone considerar éticamente integrar en la educación formal y en el aprendizaje a lo largo de la vida, las habilidades,

el conocimiento y los valores necesarios para un modo de vida sostenible.

La interiorización de lo antes expuesto por parte de las diversas instancias sociales en todo el mundo ayudará a brindar a todos, especialmente a los niños y los jóvenes, oportunidades educativas que les capaciten para contribuir activamente al desarrollo sostenible (Principio 14a).

Este logro humano se podrá realizar, en parte, si a través de habilidades, capacidades y actitudes podemos intensificar el papel de los medios de comunicación masiva en la toma de conciencia sobre los retos ecológicos y sociales (Principio 14c), aunado a la socialización de las experiencias, estrategias y acciones que están dando buenos resultados en la atención de los impactos de la pandemia y del cambio climático (Red Mexicana de la Carta de la Tierra, 2020, p. 14).

Por lo tanto, transitar a un modo de vida sostenible con la Carta de la Tierra va más allá de la sola adhesión a una iniciativa, a un acuerdo; implica, pues, que desde la conciencia humana se recapacite acerca de las condiciones que han propiciado un modelo económico desigual, injusto y limitado para el “desarrollo” de los más vulnerables.

Metodología

Acercarse a la dinámica municipal requiere de un diseño metodológico particular que vaya de la praxis a la conformación de supuestos teóricos. Para identificar y entender las acciones locales y sus repercusiones en la población mexiquense en materia ambiental y, por consiguiente, en la dimensión ambiental, fue necesario partir de un conjunto de procedimientos y técnicas para recolectar y analizar la información que arrojó cada visita a los municipios seleccionados.

El presente estudio se realizó en Ocoyoacac, Lerma, Xonacatlán, Toluca, Naucalpan y Tenango del Valle. Para comprender la dinámica de cada lugar en materia ambiental, es decir, cómo se “vive” la sustentabilidad en tanto proceso para alcanzar mejores estadios de vida, se partió de la teoría fundamentada, un método que precisamente tiene como base el análisis de la realidad para, después, generar planteamientos, propuestas y conclusiones producto del trabajo de campo.

La Teoría Fundamentada o Grounded Theory, tiene como eje central la generación de teoría a partir de los datos recolectados de forma sistemática en torno al o a los sujetos/problemas/objetos de estudio, los cuales se analizan por medio de un proceso flexible que permite y promueve una interacción directa, constante y alternada, entre los propios datos y su codificación, entre el investigador y los sujetos/problemas/objetos investigados, así como entre las técnicas, los procedimientos y las estrategias para su análisis. Es un caminar sobre rutas paralelas de

doble sentido cada una de ellas. La TF basa su actuar en el establecimiento de relaciones estrechas entre la información recopilada en campo, la manera en que se obtiene, el análisis que se realiza y la forma de presentar los resultados. Por tal cuestión, no parte de marcos teóricos o encuadres epistemológicos que preestablezcan una concepción de la realidad. Se erige como una forma alterna de leer la realidad social que no está basada en ideas abstractas, sino en los datos precisos de un contexto específico. La TF tiene el interés de observar el mundo desde otras perspectivas, como las realidades situadas y concretas, las experiencias cotidianas de los pueblos, con el fin de conocer nuevas formas de comprenderlo y explicarlo teóricamente (Rodríguez, 2021).

Con base, entonces, en los preceptos de la teoría fundamentada, se procedió a hacer un cronograma de visitas a municipios cuya situación ambiental presenta inconsistencias derivadas de la falta de política ambiental o estrategias y acciones, así como de condiciones iniciales de insustentabilidad generadas por las circunstancias económicas, de contaminación, inseguridad, marginación o pobreza.

De esta manera, el itinerario se constituyó como se aprecia enseguida:

Tabla 1. Cronograma de actividades en municipios mexiquenses

Municipio	Actividad	Fecha / Lugar
Ocoyoacac (cabecera municipal).	Reunión con autoridades municipales.	11/03/2022
	Participación como punto focal de la Carta de la Tierra en el Estado de México, en la firma de adhesión a la Alianza por la Sustentabilidad.	22/04/2022
Lerma (cabecera municipal).	Participación en las actividades del Organismo Público Descentralizado para la Prestación de los Servicios de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (Opdapas).	13/05/2022 Opdapas
	Conferencia a jóvenes integrantes del proyecto de investigación científica "Educación integral de la población relación ambiente-salud".	02/06/2022 Conversatorio sobre la Carta de la Tierra con jóvenes (proyecto UAEMéx).
Xonacatlán (cabecera municipal).	Conferencia a jóvenes integrantes del proyecto de investigación científica "Educación integral de la población relación ambiente-salud".	02/06/2022 Conversatorio sobre la Carta de la Tierra con jóvenes (proyecto UAEMéx)
	Participación en el Foro sobre Conciencia Ecológica Sustentable (gestión y manejo de residuos sólidos).	11/06/2022 Foro sobre Conciencia Ecológica Sustentable.
Toluca (cabecera municipal).	Trabajo con la 4ª Regiduría a través de la Comisión para el Cumplimiento de la Agenda 2030.	25/01/2022
	Participación en las actividades de conmemoración del Día Mundial del Medio Ambiente.	05/06/2022

Naucalpan (cabecera municipal).	Participación como punto focal de la Carta de la Tierra en el Estado de México, en la firma de adhesión a la Alianza por la Sustentabilidad.	06/06/2022
Tenango del Valle (cabecera municipal y comunidad de San Francisco Putla).	Impartición del curso sobre manejo integral de residuos y la Carta de la Tierra a estudiantes de nivel medio superior en la comunidad de San Francisco Putla. Recorrido por la comunidad de San Francisco Putla. Recorrido por la cabecera municipal.	05/07/2019 20/01/2022 07/05/2022

Fuente: elaboración propia.

Hacia una estrategia de corresponsabilidad con la Alianza por la Sustentabilidad desde la Carta de la Tierra en municipios del Estado de México

a) Municipios mexiquenses. Acciones y desacciones

Como referimos en el apartado anterior, a partir del trabajo de campo en municipios mexiquenses se detectó la necesidad diferenciada de atención de prioridades ambientales. A esta diferenciación entre acciones y desacciones corresponde una visión del compromiso con la población de los sitios visitados, analizados y referidos aquí, y también una falta de atención a los problemas desde la raíz, lo cual no es sencillo cuando de administraciones trianuales hablamos. Por ello, y desde la teoría fundamentada como herramienta metodológica, se encontró lo siguiente:

Ocoyoacac

La adhesión de este municipio a la Alianza por la Sustentabilidad con la Carta de la Tierra le ha permitido incorporarse a las actividades que la Red Mexicana de la Carta de la Tierra está promoviendo para construir comunidades justas, sustentables y pacíficas mediante la consideración de los cuatro ejes, 16 principios y 64 principios de acción que fomentan los valores para la sustentabilidad, así como para conocer los proyectos que en materia de gestión y manejo de residuos se llevan a cabo en la comunidad. A través de un convenio firmado con la Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Estado de México, se emprendieron estrategias para limpiar distintas áreas que han representado un riesgo de contaminación y para la salud de los ocoyoaquenses.

Cabe señalar que la limpieza del área lacustre cercana a San Pedro Cholula ha quedado en manos de la sociedad civil, que está procurando la regeneración de espacios naturales mediante el desarrollo de proyectos ecoturísticos y la reintroducción de especies lacustres endémicas de la región, como el acocil.

Un tema esencial que se detectó a solicitud de la población local es la necesidad de fortalecer las campañas de conservación, forestación y reforestación del municipio, toda vez que han ido creciendo las zonas

de esparcimiento en el parque otomí-mexica, así como los servicios turísticos que impactan positiva, pero también negativamente, el entorno municipal.

Lerma

Dos actividades esenciales hubo oportunidad de desarrollar en Lerma. En primer lugar, en el marco del 30 aniversario del Organismo Municipal del Agua, se dictó una conferencia ante el presidente municipal, el cabildo e invitados especiales, lo cual permitió que conocieran en qué consiste la Carta de la Tierra, sus orígenes, iniciativa, objetivos y, sobre todo, el contenido, con el fin de que las acciones locales encuentren concordancia entre el plan de desarrollo y las demandas de la población en cuanto a temas como el acceso al agua y la gestión y manejo de residuos.

En la segunda actividad se trabajó con la Carta de la Tierra y un grupo de jóvenes que forman parte del proyecto de investigación científica “Educación integral de la población relación ambiente-salud”, promovido por la Facultad de Medicina y el Centro de Estudios e Investigación en Desarrollo Sustentable de la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMéx). Esto permitió dar a conocer la Carta de la Tierra y poner en la mesa los distintos problemas socioambientales que aquejan a la sociedad lermense, lo cual será de vital importancia para la toma de decisiones de las nuevas generaciones en materia de sustentabilidad.

Xonacatlán

Igual que en Lerma, se desarrolló el trabajo con la Carta de la Tierra y jóvenes integrantes del proyecto de investigación científica “Educación integral de la población relación ambiente-salud”. En Xonacatlán este grupo es coordinado por la Comisión de la Juventud, y sus miembros conocieron los problemas más acuciantes de la comunidad, como la gestión y manejo de la basura, situación delicada porque implica la participación de los productores de artículos de peluche, actividad económica que, si bien ha fortalecido la oferta laboral, también ha significado la generación de desechos en talleres que no tienen control sobre los mismos y están contaminando gran parte del territorio municipal.

Por otra parte, en fecha reciente se participó en el Foro de Ecología y Sustentabilidad en Materia de Residuos Sólidos, evento durante el cual se conoció a detalle la clausura del tiradero de basura en la localidad de Mimiapan, lo que ha traído consigo una serie de impactos escalares en lo económico, social y ambiental. A decir de las autoridades municipales, se tendrá que “comenzar de cero” en el tema de cómo separar y disponer de los residuos, haciendo cada vez más responsable a la comunidad xonacatlense.

Toluca

Fue posible conversar con la cuarta regidora y su equipo de trabajo acerca del desarrollo de actividades conjuntas que tengan como base el cumplimiento de la Agenda 2030. Entre los acuerdos alcanzados sobresale la organización de cursos y talleres de educación ambiental para la sustentabilidad, dirigidos a representantes de la sociedad civil de las localidades del municipio. Lo anterior en el marco de la implementación de estrategias ante el cambio climático.

Asimismo, y para dar seguimiento a los acuerdos, se impartió una conferencia sobre el marco ético de la Carta de la Tierra durante el evento de conmemoración del 5 de junio, Día Mundial del Medio Ambiente. Se destacó la necesidad de reforzar las actividades en materia de separación de residuos, pues durante la pandemia causada por el virus SARS-CoV-2 aumentó en 20% la generación de desechos en el municipio, lo cual es de alto impacto si se considera que actualmente se producen alrededor de 900 toneladas diarias de basura en casa-habitación. En consecuencia, hoy en día no se puede dejar de atender la recolección de basura, pero a la vez se debe hacer hincapié en el desarrollo e implementación de nuevos y más efectivos esquemas de educación ambiental local.

Naucalpan

La oportunidad de visitar uno de los municipios más complejos del Estado de México y del país tuvo como eje su adhesión a la Alianza por la Sustentabilidad con la Carta de la Tierra, lo cual fue muy significativo por la importancia económica, social y ambiental de Naucalpan, con población tanto en grandes zonas urbanas como rurales. La Red Mexicana de la Carta de la Tierra impulsó la firma de adhesión a la alianza y, con ello, el compromiso de fortalecer acciones ambientales con base en los valores que promueve la Carta, considerando la participación del cabildo y sus diferentes áreas.

Uno de los principales problemas ambientales en Naucalpan es la proliferación de muérdago en especies forestales, lo cual ha traído consigo el derribo de árboles enfermos y, por lo tanto, en riesgo de afectar a la población. La tarea es ardua y requiere de la intervención de las autoridades municipales, así como de la decisiva participación social.

Tenango del Valle (San Francisco Putla)

A diferencia de los municipios antes mencionados, con excepción de Xonacatlán y Ocoyoacac, la población de Tenango del Valle está entre las que se catalogan por el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL), con el mayor índice de pobreza y marginalidad en el Estado de México (Medición de la pobreza en México. Estados Unidos Mexicanos 2010-2020. Indicadores de pobreza por municipio). Por lo tanto, fue importante recorrer la cabecera municipal y, en particular, la comunidad de San Francisco Putla, como referente de la situación que se vive. En distintas visitas a esta comunidad, se ofreció

un curso sobre la importancia de la Carta de la Tierra como marco ético para la sustentabilidad a jóvenes de educación media superior, con el fin de generar mayor conciencia sobre el cuidado de su entorno.

San Francisco Putla se ubica en las faldas del Nevado de Toluca y por ello resalta a primera vista. Colinda con otras formaciones que, desafortunadamente, están en proceso de deterioro ambiental debido a la alta tasa de deforestación, de extracción de material pétreo para la construcción, así como de la agricultura extensiva que se sigue valiendo del uso de agroquímicos para su desarrollo. Por otra parte, los cauces de ríos que provienen del Nevado de Toluca se han convertido en depósitos de basura, lo cual agrava las condiciones ambientales de la región.

La evidencia nos mostró la falta de planes y programas de gestión y manejo de los desechos, situación que se complica con la generación de elementos considerados de mayor riesgo, a partir de la tipificación de la Norma Técnica Estatal Ambiental Emergente NTEAE-002-SeMA-GEM-RS-2020 para el manejo de los residuos COVID-19. Esta basura se suma a la hallada en los cauces de los ríos y en la propia localidad.

b) La Alianza por la Sustentabilidad con la Carta de la Tierra. Hacia una estrategia de corresponsabilidad ante el cambio climático

La Carta de la Tierra es una declaración de principios fundamentales para la construcción de la comunidad del siglo XXI, interdependiente y de responsabilidad compartida, que tiene como misión establecer una base ética sólida para la conformación de una sociedad que promueva la esperanza entre todos, para aportar a la dinámica operativa de nuestro planeta, con fundamento en una perspectiva de sustentabilidad, respeto a la naturaleza y los derechos universales de cada individuo, la justicia económica y la cultura de paz.

Es menester considerar que las fuerzas de la naturaleza impulsan una aventura constante en el fenómeno más importante, que es la vida; así, la Tierra nos brinda las condiciones esenciales para la evolución de la comunidad. Por tanto, el pensamiento y actuar humanos, con características como la ignorancia, la injusticia y la pobreza, se manifiestan siempre con violencia, lo cual causa sufrimientos e inseguridad; en consecuencia, los retos ambientales, económicos, políticos, sociales y espirituales están íntimamente interrelacionados y requieren nuevos derroteros para construir sociedades justas, sustentables y pacíficas.

En este contexto, se necesita una visión compartida sobre los valores universales que permita establecer un marco ético para integrar a la comunidad emergente, en donde se consolide la alianza entre sociedad civil, gobierno y sectores empresarial, social, político y cultural, que conlleve el despertar hacia una nueva reverencia ante la vida.

Diversos pronunciamientos nacionales e internacionales se han inspirado en la Carta de la Tierra para construir dicha visión compartida. Tal es el caso de los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS), cuyas metas específicas invitan a una estrecha colaboración y alianzas entre

actores públicos, sociales y privados, como propone la Organización de las Naciones Unidas (ONU).

A partir de la adopción de la Alianza por la Sustentabilidad, y a fin de asumir con responsabilidad y constancia los postulados de la Carta de la Tierra, se busca la mejora continua a través de la práctica cotidiana, donde cada instancia, sector e individuo respete las ideas diversas, se conduzca con tolerancia y privilegie el derecho inalienable de nuestros semejantes a la libre manifestación de sus opiniones.

El artículo 4^o de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos establece que toda persona tiene derecho a un medio ambiente adecuado para su desarrollo y bienestar; el artículo 25 procura el desarrollo sustentable como estrategia para fortalecer la soberanía y el régimen democrático, favoreciendo con ello la libertad y la dignidad de los individuos. En este sentido, al adherirse los municipios a esta Alianza, impulsarán no solo las acciones que plasman en su plan de desarrollo, sino, además, estarán asumiendo un compromiso tanto con la comunidad local como con la comunidad global.

Un aspecto que da a la Alianza un soporte a nivel internacional es la resolución 40 C/80, aprobada por la Conferencia General de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO, por sus siglas en inglés) en su 40^a reunión, en noviembre de 2019. La “Contribución de la Carta de la Tierra a las actividades de la UNESCO relativas a la Educación para el Desarrollo Sostenible” es un documento que “alienta a los Estados Miembros a tomar en cuenta los principios y valores enunciados en la Carta de la Tierra en sus esfuerzos en materia de educación para el desarrollo sostenible (EDS)”.

Además de la resolución señalada, y considerando que la Alianza impacta en la mejor toma de decisiones para el desarrollo de planes, programas y políticas públicas, se suman a la iniciativa de los pilares de la Carta de la Tierra el Pacto Global de Alcaldes por el Clima y la Energía; la Declaración de Edimburgo; el Programa Ciudades con Naturaleza y, sobre todo, el Acuerdo de Escazú.

Asumir el compromiso de la Alianza insta al municipio que la avale a desarrollar, de forma incluyente, un Plan de Acción Municipal que considere los siguientes temas prioritarios:

- a. Mitigación y adaptación ante los efectos del cambio climático.
- b. Desarrollo urbano, transporte y movilidad sustentable.
- c. Gestión sustentable del agua.
- d. Eficiencia energética y uso de energías renovables.
- e. Calidad del aire.
- f. Economía circular y modelos de producción y consumo sustentable.
- g. Conservación de biodiversidad y gestión biocultural.

- h. Participación social, transparencia, rendición de cuentas y acceso a la información pública.
- i. Acceso a la justicia en asuntos ambientales.
- j. Sistemas de planeación y gestión basados en objetivos de desarrollo sustentable.

Finalmente, la Alianza por la Sustentabilidad considera avalar el compromiso con el Programa de Acción Mundial de Educación para el Desarrollo Sostenible, con el propósito de generar la cohesión y participación activa de organizaciones de la sociedad civil, comunidades, representantes sociales, líderes de opinión, redes sociales, consorcios, instituciones educativas y culturales, el gobierno en sus tres órdenes y el sector productivo, para lograr avances significativos en la consecución de los ODS, de acuerdo con las resoluciones de la UNESCO 32 C/17, de 2003, y 40 C/80, de 2019.

Conclusiones

En la época de la tecnología y la información es inaceptable que, a nivel local, no haya corresponsabilidad en la formulación y, sobre todo, en la acción para atender los problemas ambientales. Es del dominio público y académico que cada tres años se reinventa la política al respecto en este orden de la administración pública y ello tiene consecuencias en el desarrollo de los municipios.

Al trabajar en los municipios mencionados, se notó la falta de conocimiento, convicción y voluntad política para la atención de problemas ambientales. Desde el tema del agua, que para casi todos los municipios es una constante, hasta la gestión y manejo integral de residuos no solo sólidos urbanos —competencia municipal—, sino los considerados especiales y peligrosos, y entre estos últimos, los denominados COVID.

Desde la teoría fundamentada, se trata de re-ligar lo que ha estado des-unido. La idea de acciones y desacciones que se planteó en un inicio tiene que ver con una forma de analizar y actuar en la realidad de cada territorio. “No importa lo que haya sucedido... empezaremos de cero”, es la perspectiva típica del pensamiento humano: dejar hacer, dejar pasar, porque detrás de ello hay un grupo de un color o de otro. En contraste, la naturaleza, el ambiente, el entorno, tienen distintas acepciones y, al parecer, no hay consenso sobre la hoja de ruta a seguir.

Con la Alianza por la Sustentabilidad con la Carta de la Tierra, los municipios asumen el compromiso de velar por los intereses de la colectividad, de establecer estrategias que re-valoren el papel de la sociedad civil en la construcción de comunidades justas, sustentables y pacíficas. Además, se establecen no solo a corto, sino a mediano y largo plazos, nuevas formas de trabajo, de involucramiento con sectores como el académico, que únicamente es considerado cuando se

trata de legitimar acciones; la prueba está en las comunidades que van “comenzando de cero” en uno de los temas de mayor relevancia, como es la gestión y manejo integral de los residuos.

Por ello se requiere dejar de pensar desde la visión limitada del ser humano, para pensar y actuar desde otras ópticas. Los problemas ambientales son complejos, no tienen un periodo determinado de cumplimiento ni, en todo caso, de solución; surgen, se presentan, se padecen y no se resuelven; algunos pueden recibir cierta atención en un periodo corto, pero la mayoría serán heredados a otras administraciones y generaciones. Es momento de re-plantearse, de re-crearse y de re-valorar lo más importante: la vida.

Fuentes de consulta

- Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (Coneval). (2021). Medición de la pobreza. Pobreza a nivel municipio 2010-2020. Recuperado de <https://cutt.ly/qNIhVb3>
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). (2022). Sexto informe de evaluación del IPCC. Cambio climático 2022. Recuperado de <https://cutt.ly/JBhGxT5>
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO). (2019). Contribución de la Carta de la Tierra a las actividades de la UNESCO relativas a la Educación para el Desarrollo Sostenible. Recuperado de <https://cutt.ly/ENIEPUd>
- Red Mexicana de la Carta de la Tierra. (2020). La Carta de la Tierra como marco ético para atender con responsabilidad la pandemia COVID-19 del año 2020. Recuperado de <https://cutt.ly/4BhGKyp>
- Rodríguez, V. H. (2021). Naturaleza, resistencia comunitaria y sustentabilidad en el conflicto socioambiental de Jilotzingo, Estado de México 2016-2021. Documento de trabajo sobre los avances de tesis presentado en el coloquio de investigación del Programa de Doctorado en Sustentabilidad para el Desarrollo, CEDeS, UAEMéx, Toluca.

Mitigación del cambio climático: Interrelación entre la Ciencia y las Políticas Ambientales

Climate change mitigation: Interrelationship between Science and Environmental Policies

Marquidia Pacheco*, Joel Pacheco** y Ricardo Valdivia***

Resumen

La crisis climática está íntimamente ligada al uso irracional de los combustibles fósiles y tiene consecuencias fatales para nuestro planeta, pues contribuye a su destrucción porque genera fenómenos naturales cada vez más violentos que, adicionalmente, impactan en el éxodo masivo y en un aumento en la desigualdad social.

En este artículo se realiza un análisis de las tecnologías disponibles actualmente y cómo emplearlas mejor para poder atenuar el impacto ambiental; destaca, además, la importancia de implementar políticas ambientales adecuadas. Del mismo modo, se presentan nuevas tecnologías que se están desarrollando con éxito en México y el mundo para convertir gases de efecto invernadero (GEI) en combustibles limpios, así como para hacer más eficiente el almacenamiento y distribución de energía.

Palabras clave

Crisis climática, tecnologías verdes, políticas ambientales.

Abstract

This article analyzes the available technologies and how to use them in environmental impact mitigation; it also highlights the importance of properly implementation of environmental policies. In addition, presents

* Ingeniera química por el Instituto Tecnológico de Toluca, con maestría y doctorado en física e ingeniería de plasmas por la Universidad "Paul Sabatier" de Toulouse, Francia. Realizó una estancia posdoctoral en el Institut Supérieur de l'Automobile et des Transports (ISAT) de la Universidad de Borgoña. Actualmente labora en el Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares.

** Ingeniero en electrónica industrial y maestro en electrónica de potencia por el Instituto Tecnológico de Chihuahua; doctor en electrónica por el Instituto Politécnico Nacional de Toulouse, Francia. Actualmente labora en el Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares.

*** Doctor en ciencias de la ingeniería por el Instituto Tecnológico de Toluca. Realizó una estancia posdoctoral en el Laboratorio Laplace de la Universidad "Paul Sabatier" de Toulouse, Francia. Actualmente trabaja en el Laboratorio de Aplicaciones de Plasmas del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares.

new technologies that are being successfully developed in Mexico and all of the world to convert greenhouse gases (GHG) into clean fuels, as well as to make energy storage and distribution more efficient.

Keywords

Climate crisis, green technologies, environmental policies.

Introducción

“Vamos en la dirección equivocada, el mundo sigue un rumbo catastrófico”, son las palabras de alerta del secretario general de la ONU, Antonio Guterres, respecto a la probabilidad de un aumento de 2.7 °C en la temperatura media del planeta para el año 2100. Lo anterior significa romper la promesa hecha hace siete años, la cual consistía en buscar que el incremento fuera de no más de 1.5 °C, pero al ritmo que llevamos sobrepasaremos esa expectativa en 50 años o antes (Naciones Unidas, 2021).

Esta crisis climática, la desigualdad social y el mal uso de la energía son los principales problemas que enfrenta la humanidad (ver figura 1), debido a que complicarán alarmantemente el abasto de agua y la alimentación, creando conflictos mayores y guerras a gran escala (Carley y Spapens, 2017; WEF, 2017).

Figura 1. Principales problemas en el mundo



México es el país más impactado por el alza de temperaturas en el mundo (1.4 °C por encima de la media global), además de presentar un déficit de lluvias esperado en 20 por ciento. En las regiones de la mesa del norte y noroeste, el largo de la Sierra Madre Oriental, el sur de los estados de Guerrero y Oaxaca y el norte de Quintana Roo se ha alcanzado hasta 5 °C por arriba del promedio (Conagua, 2021).

Tan solo un séptimo de la población consume el 50% de la energía generada en el mundo, mientras que la mitad de los habitantes apenas

tienen acceso a menos del 10% de dicha energía. Esa parte de la población padece, entonces, una mala distribución o la carencia del servicio básico, es decir, vive en pobreza energética. Son las naciones y regiones más pobres las principales afectadas, tales como África subsahariana, India, China, Indonesia y Latinoamérica, en donde destaca el uso de combustibles sólidos, en especial la biomasa tradicional —madera, carbón vegetal, residuos agrícolas y estiércol—, la biomasa procesada —pellets— y el carbón, que tienen un fuerte impacto en la mortalidad debido a su toxicidad, pues causan de cuatro a siete millones de muertes al año en el mundo (OECD, 2021).

En lo que corresponde a México, la pobreza energética puede alcanzar hasta a 36.7% de los hogares, en específico, 13.5 millones de personas emplean leña o carbón para calentar agua y alimentos (México Evalúa, 2021; García-Ochoa y Graizbord, 2016).

Con base en lo antes descrito, es necesario asegurar que el desarrollo de tecnología y la generación de energía tengan en cuenta la protección del medio ambiente, el desarrollo económico y la igualdad.

De aquí se deriva la importancia de crear políticas en beneficio de estas cuestiones, asociadas a estrategias que permitan disminuir la corrupción, ya que existen estudios que han mostrado que la corrupción es proporcional a la emisión de contaminantes (Omri y Hadj, 2020).

Fomentar el aumento de inversión extranjera para optimizar la creación de energías limpias, así como destinar recursos a investigación y desarrollo, son igualmente puntos fundamentales para combatir la crisis climática.

Uso eficiente de fuentes de energía recomendada por organismos internacionales

Instituciones como la Agencia Internacional de la Energía (IEA, por sus siglas en inglés) o el panel de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) sobre cambio climático han destacado la urgencia de eliminar la quema de combustibles fósiles y hacer uso tanto de fuentes renovables, como de aquella proveniente de los reactores nucleares.

Esta emergencia se ve retratada en las palabras del director de la IEA, Faith Birol:

“Tenemos una desconexión entre nuestras ambiciones y lo que está pasando en realidad. Necesitamos de las fuentes renovables, como la solar y la eólica, pero también de la nuclear. Hemos llegado a un momento en que no podemos darnos el lujo de escoger nuestra fuente de energía preferida”.

Esta postura se sustenta en diversos estudios, como el llamado “Escenario négaWatt” en Francia, en el que se determina que, para poder tener una combinación energética libre de carbono, sin recurrir a la

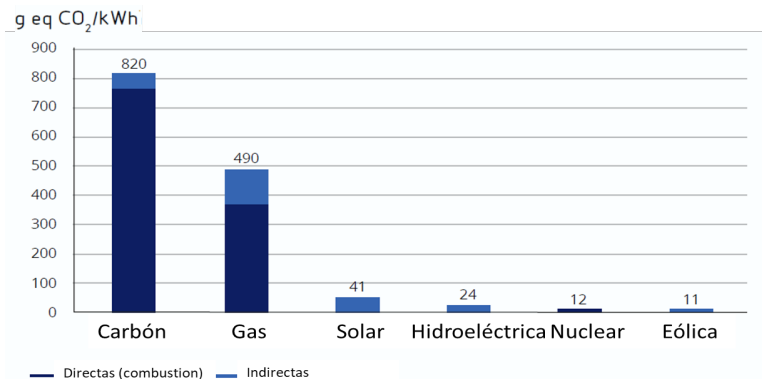
energía nuclear, se requeriría eliminar completamente el uso de combustibles fósiles, emplear energía eólica en su mayoría y mantener una sobriedad energética que consistiría en la reducción del 50% de energía consumida, el fin del transporte aéreo para distancias menores a 800 km y no permitir más crecimiento demográfico.

Dado que estas recomendaciones resultan casi imposibles de efectuar, los escenarios de referencia de la Comisión Europea confirman que la suma de las energías nuclear y renovables será la base de una combinación energética libre de carbono en 2050; adicionalmente, estudios realizados por el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT, por sus siglas en inglés) muestran que el costo de la electricidad será menos elevado entre más diversidad de energías limpias se utilicen (Balakrishnan, 2018; Faudon, 2019).

En esta sección nos enfocaremos brevemente en señalar las ventajas de la energía nuclear, debido a que es la que más reticencia genera entre la población.

Como se aprecia en la figura 2, las energías más limpias, es decir, aquellas que generan menos cantidad de CO₂, son la solar, la hidroeléctrica, la nuclear y la eólica, siendo estas dos últimas las menos contaminantes. Los datos reportados fueron elaborados tomando en cuenta el análisis de ciclo de vida —desde su concepción y durante su tiempo de funcionamiento—, normalizado en 2006 según las normas ISO 14040 e ISO 14044 (Balakrishnan, 2018). Adicionalmente, el uso de la energía nuclear desde 1970 ha evitado 40% de las emisiones de CO₂; en específico, cada año se evitan 2 Gt de CO₂, lo que equivale a la cantidad de emisiones de 400 millones de automóviles (Markandya y Wilkinson, 2007).

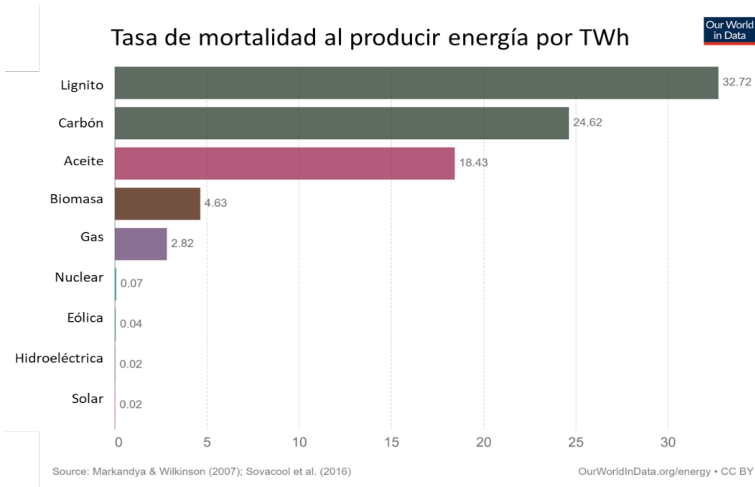
Figura 2. Emisiones de CO₂ de diversas fuentes de energía



Accidentes como el de 2011 en Fukushima, Japón, han hecho que por la presión social algunos gobiernos cierren plantas nucleares; sin embargo, como puede apreciarse en la figura 3, la energía nuclear puede

ser casi tan segura como la eólica y es más de 300 veces más segura que el uso del carbón o del lignito.

Figura 3. Tasa de mortalidad de diversas fuentes de energía



Fuente: Markandya y Wilkinson (2007).

La tasa de mortalidad se mide en muertes causadas por accidentes y por contaminación atmosférica por terawatt-hora producida.

Alemania, Japón y Estados Unidos han cerrado plantas nucleares y, a pesar de que también han hecho una fuerte inversión en energía renovable, sus emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) han aumentado. En Estados Unidos, el total de la electricidad producida por todos los paneles solares apenas proveía en 2015 el equivalente a la generada anteriormente por cinco plantas nucleares —por ejemplo, Fort Calhoun, Kewaunee, Vermont Yankee, Crystal River, San Onofre— que fueron cerradas (Forum Nucléaire, 2022).

El desmantelamiento precipitado de reactores nucleares ha tenido efectos nocivos, como el aumento de CO₂; un ejemplo que describe muy bien esta situación es el apagón masivo ocurrido en California durante la pandemia por COVID-19, ya que, ante la ola de calor extremo con temperaturas cercanas a los 50 °C, la energía eólica no fue suficiente para suplir la demanda de climatización.

Otra ventaja de la energía nuclear es su capacidad de trabajo continuo en situaciones adversas, como los eventos meteorológicos que cada vez son más violentos por el cambio climático. Los fuertes cambios en el clima disminuyen la capacidad de las energías renovables intermitentes; en cambio, la nuclear puede trabajar en fríos extremos,

como sucedió en Estados Unidos en 2014 y 2018, cuando hubo temperaturas inferiores a los $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, y la demanda eléctrica para calefacción fue generada en un 95% por los reactores nucleares que apoyaron a las plantas de gas.

Las plantas nucleares también están diseñadas y construidas para soportar fuertes huracanes, como la central Turkey Point de Florida, que resistió el huracán Andrew, de categoría 5, en 1992, o los reactores de Carolina del Norte y de Nueva Inglaterra, que hicieron frente al huracán Irene, de categoría 3, en 2011 (Faudon, 2019).

Tecnologías emergentes

Una de las desventajas de los reactores nucleares en operación es su costo, por lo que se ha investigado cómo disminuirlo y, a la vez, aumentar la seguridad. Actualmente se encuentran en proceso de certificación los reactores modulares pequeños (SMR), con capacidad de más de 3000 MW, que superan los 700 MW de las plantas nucleares convencionales. El tamaño compacto de los SMR facilita construirlos en serie; además, tienen sistemas inteligentes de seguridad pasiva que utilizan la gravedad o la circulación natural del refrigerante, no requieren fuente de energía externa y pueden funcionar con muy poca intervención humana, lo que incrementa la seguridad. Asimismo, mantienen el combustible operativo por más tiempo, hasta 30 años, y pueden proveer, además de electricidad, calor para calefacción o procesos químicos, y el combustible más limpio: el hidrógeno (Forum Nucléaire, 2022).

En cuanto a las nuevas tecnologías que tienen mayor impacto y dan mejores resultados en el tratamiento de gases tóxicos y GEI, destacan la electrocatálisis, los plasmas y las ultramembranas.

Con la tecnología de plasma, en particular, se puede tratar todo tipo de compuestos tóxicos en las fases líquidas, sólidas o gaseosas. La aplicación de esta técnica al tratamiento de gases tóxicos ha dado buenos resultados con NO_x , SO_2 , olores, COV, MP, virus, bacterias y, finalmente, GEI, con la posibilidad de recuperar uno de los gases con más potencial energético: el H_2 (Alva et al., 2015; Estrada-Martínez et al., 2011; Holub et al., 2014; Pacheco et al., 2018; Pacheco et al., 2015; Xia et al., 2019).

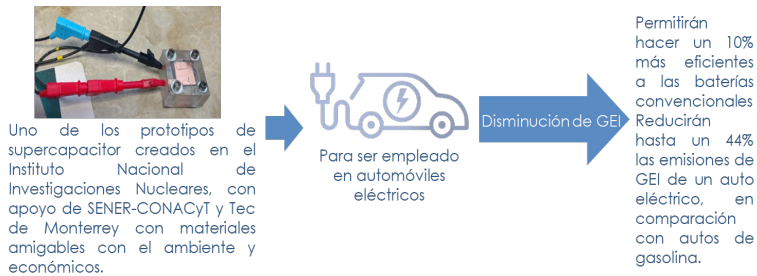
Otra alternativa muy interesante que tiene gran potencial es la conversión de los gases de efecto invernadero en combustibles líquidos, como etanol, que podrían ser usados en vehículos, por ejemplo. En este proceso destacan las técnicas de electrocatálisis (He et al., 2019; Li et al., 2020) y la tecnología de plasma (Pacheco et al., 2021).

A estas tecnologías —plasma y electrocatálisis— es posible acoplarles membranas dopadas con nanoestructuras de carbono (Rashed et al., 2021) para hacer más eficientes los procesos. Las nanoestructuras son capaces de adsorber NO_x , N_2O —una molécula de N_2O tiene el mismo poder de calentamiento de efecto invernadero que 300 moléculas de CO_2 y puede permanecer en la atmósfera superior durante más de 100 años—, dioxinas, CO_2 , CH_4 , entre otros (Yunus et al., 2012;

Yoosefian, 2017; Mochida et al., 1997; Zhang et al., 2008; Mukhtar et al., 2020).

Finalmente, con el propósito de almacenar de manera más eficiente la energía producida en fuentes renovables intermitentes y distribuirla a cualquier hora del día y a regiones apartadas, el uso de supercapacitores está muy recomendado, ya que permiten almacenar y proveer más rápido la energía (Pacheco et al., 2020; Ullah et al., 2020). Los supercapacitores vuelven más eficientes las baterías en alrededor de un 10%, además de alargar bastante su vida útil; esto reduciría en un auto eléctrico hasta un 44% las emisiones de GEI, en comparación con el auto a gasolina (INECC, 2017), como se aprecia en la figura 4.

Figura 4. Supercapacitores acoplados en paralelo a baterías de autos eléctricos para disminuir las emisiones de CO₂



Políticas ambientales

En aras de proteger al planeta y, al mismo tiempo, abatir la pobreza y garantizar la paz, las políticas ambientales deberán estar basadas en los 17 ODS adoptados por la ONU en 2015. En ellos se plantea equilibrar la sostenibilidad social, económica y ambiental, destacando la importancia de la creatividad, el conocimiento y la tecnología, con los respectivos recursos financieros.

En el Estado de México se ha trabajado desde 1997 en programas como el de Gestión para Mejorar la Calidad del Aire (ProAire), tanto para el Valle de Toluca como para la entidad en general. En específico, el programa 2018-2030 contiene estrategias para un uso más eficiente de la energía y sistemas más limpios para movilidad y transporte, acompañados de una regulación de vehículos y de control de sus emisiones. Asimismo, incluye medidas para fortalecer las instituciones educativas y del gobierno, encargadas de la educación ambiental y de propiciar los mecanismos adecuados de participación social (GEM y Secretaría del Medio Ambiente, 2018), acoplándose a lo planteado en los ODS.

Conclusión

A partir de lo antes expuesto, para lograr una eficiencia energética con mínimo impacto ambiental y justicia social se sugiere lo siguiente:

- Evitar el desmantelamiento innecesario de reactores nucleares. Las plantas nucleares podrían apoyar en paralelo al desarrollo de energías renovables, gracias a su capacidad de adaptación de carga.
- Invertir en la investigación con enfoque de género para desarrollar nuevos reactores nucleares más pequeños, a fin de acoplar tecnologías limpias como las basadas en electrocatálisis o plasmas, así como crear sistemas de almacenamiento con supercapacitores más eficientes.
- Desarrollar y aplicar de forma inmediata las políticas enfocadas al medio ambiente, sin olvidar aquellas relativas al combate a la corrupción.

Agradecimientos: al Laboratorio de Aplicaciones de Plasmas del ININ, al apoyo del ININ para el desarrollo de los proyectos AM-608, AM-514, así como a los fondos Sener-Conacyt 245225 y 234737.

Fuentes de consulta

- Alva, R. E., Pacheco, P. M., Gómez, B. F., Pacheco, P. J., Colín, C. A., Sánchez-Mendieta, V., ... y Frías, P. H. (2015). Non-thermal plasma for exhaust gases treatment. *Frontiers of Mechanical Engineering*, 10(3), 301-305.
- Alva, E., Pacheco, M., Colín, A., Sánchez, V., Pacheco, J., Valdivia, R. y Soria, G. (2015, March). Nitrogen oxides and methane treatment by non-thermal plasma. *Journal of Physics: Conference Series*, 591(1), 012052.
- Balakrishnan, V. S. (2018). Global warming: experts demand urgent action to prevent public health crisis. *The BMJ*, 363. Recuperado de <https://cutt.ly/kNtm6m8>
- Carley, M. y Spapens, P. (2017). *Sharing the world: sustainable living and global equity in the 21st century*. UK: Routledge.
- Comisión Nacional del Agua (Conagua). (2021). *Reporte del clima en México. Reporte anual 2020*. Recuperado de <https://cutt.ly/1NeUopC>
- Estrada-Martínez, N., Valdivia-Barrientos, R., Pacheco-Sotelo, J., García-Estrada, R., Garduño-Aparicio, M., Pacheco-Pacheco, M. y Rivera-Rodríguez, C. (2011). Chemical and electrical diagnosis of two configurations of dielectric barrier discharges applied to nitric oxides degradation. *Superficies y Vacío*, 24(3), 88-91.
- Faudon, V. (2019). Le rôle du nucléaire dans la transition électrique. In *Annales des Mines-Responsabilité et environnement* (No. 1, pp. 62-65). FFE. AIEA, Energy, Electricity and Nuclear Power Estimates for the Period up to 2050, 2018 Edition.
- Forum Nucleaire. (2022). *Les réacteurs nucléaires du futur*. Recuperado de <https://cutt.ly/RBhZran>

- García-Ochoa, R. y Graizbord, B. (2016). Caracterización espacial de la pobreza energética en México. Un análisis a escala sub-nacional. *Economía, Sociedad y Territorio*, 16(51), 289-337.
- Gobierno del Estado de México (GEM) y Secretaría del Medio Ambiente. (2018). Programa de Gestión para Mejorar la Calidad del Aire en el Estado de México, ProAire 2018-2030.
- He, Z., Cui, M., Qian, Q., Zhang, J., Liu, H. y Han, B. (2019). Synthesis of liquid fuel via direct hydrogenation of CO₂. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116(26), 12654 - 12659
- Holub, M., Brandenburg, R., Grosch, H., Weinmann, S. y Hansel, B. (2014). Plasma supported odour removal from waste air in water treatment plants: An industrial case study. *Aerosol and Air Quality Research*, 14(3), 697-707.
- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). (2017). Análisis de ciclo de vida para tecnologías de transporte se leccionadas bajas en carbono. Biblioteca Digital de Cambio Climático, reporte 2017.
- Li, D., Rohani, V., Fabry, F., Ramaswamy, A. P., Sennour, M. y Fulcheri, L. (2020). Direct conversion of CO₂ and CH₄ into liquid chemicals by plasma-catalysis. *Applied Catalysis B: Environmental*, 261, 118228.
- Markandya, A. y Wilkinson, P. (2007). Electricity generation and health. *The Lancet*, 370(9591), 979-990.
- México Evalúa. (2021). Vivir a oscuras: la pobreza energética en México. Razones y soluciones. Recuperado de <https://cutt.ly/pNeFSCS>
- Mochida, I., Kawabuchi, Y., Kawano, S., Matsumura, Y. y Yoshikawa, M. (1997). High catalytic activity of pitch-based activated carbon fibres of moderate surface area for oxidation of NO to NO₂ at room temperature. *Fuel*, 76(6), 543-548.
- Mukhtar, A., Mellon, N., Saqib, S., Khawar, A., Rafiq, S., Ullah, S., ... y Tahir, M. S. (2020). CO₂/CH₄ adsorption over functionalized multi-walled carbon nanotubes; an experimental study, isotherms analysis, mechanism, and thermodynamics. *Microporous and Mesoporous Materials*, 294, 109883.
- Naciones Unidas. (26 de octubre de 2021). Cambio climático: el planeta se encamina a un “catastrófico aumento” de 2,7 grados porque no recortamos las emisiones. Noticias ONU. Recuperado de <https://cutt.ly/5BhZdgK>
- Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). (2021). *Gender and the Environment: Building Evidence and Policies to Achieve the SDGs*. OECD Publishing.
- Omri, A. y Hadj, T. B. (2020). Foreign investment and air pollution: do good governance and technological innovation matter? *Environmental Research*, 185, 109469.
- Pacheco, M. J., Vences, L. J., Moreno, H., Pacheco, J. O., Valdivia, R. y Hernández, C. (2021). Mixed-matrix membranes with CNT

- for CO₂ separation processes. *Membranes*, 11(6), 457.
- Pacheco, J., Valdivia, R., Pacheco, M. y Clemente, A. (2020). H₂ yielding rate comparison in a warm plasma reactor and thermal cracking furnace. *International Journal of Hydrogen Energy*, 45(55), 31243-31254.
- Pacheco, M., Monroy, M. F., Santana-Díaz, A., Pacheco, J., Valdivia-Barrientos, R., Tu, X., ... y Ramírez-Palma, M. T. (2020). Enhancement of a green supercapacitor with a hydrogel/carbon nanotubes-based electrolyte. *IEEE Transactions on Nanotechnology*, 19, 711-718.
- Pacheco, J., Valdivia-Barrientos, R., Pacheco, M., De León, J. J. M. P. y Salazar-Torres, J. A. (2018). Warm Plasma Torch for Hydrocarbon Reforming. *IEEE Transactions on Plasma Science*, 46(7), 2413-2419.
- Pacheco, J., Soria, G., Pacheco, M., Valdivia, R., Ramos, F., Frías, H.,... e Hidalgo, M. (2015). Greenhouse gas treatment and H₂ production, by warm plasma reforming. *International Journal of Hydrogen Energy*, 40(48), 17165-17171.
- Rashed, A. O., Merenda, A., Kondo, T., Lima, M., Razal, J., Kong, L., ... y Dumée, L. F. (2021). Carbon nanotube membranes-Strategies and challenges towards scalable manufacturing and practical separation applications. *Separation and Purification Technology*, 257, 117929.
- Ullah, S., Bustam, M. A., Al-Sehemi, A. G., Assiri, M. A., Kareem, F. A. A., Mukhtar, A., ... y Gonfa, G. (2020). Influence of post-synthetic graphene oxide (GO) functionalization on the selective CO₂/CH₄ adsorption behavior of MOF-200 at different temperatures; an experimental and adsorption isotherms study. *Microporous and Mesoporous Materials*, 296, 110002.
- Xia, C., Zhu, P., Jiang, Q., Pan, Y., Liang, W., Stavitski, E., ... y Wang, H. (2019). Continuous production of pure liquid fuel solutions via electrocatalytic CO₂ reduction using solid-electrolyte devices. *Nature Energy*, 4(9), 776-785.
- Yoosefian, M. (2017). Powerful greenhouse gas nitrous oxide adsorption onto intrinsic and Pd doped Single walled carbon nanotube. *Applied Surface Science*, 392, 225-230.
- Yunus, I. S., Harwin, Kurniawan, A., Adityawarman, D. e Indarto, A. (2012). Nanotechnologies in water and air pollution treatment. *Environmental Technology Reviews*, 1(1), 136-148.
- Zhang, W. J., Rabiei, S., Bagreev, A., Zhuang, M. S. y Rasouli, F. (2008). Study of NO adsorption on activated carbons. *Applied Catalysis B: Environmental*, 83(1-2), 63-71.

La importancia y los retos en el fortalecimiento de la
procuración de justicia ambiental en México
*Importance and challenges in strengthening the en-
forcement of environmental justice in Mexico*

Luis Eduardo Gómez García*

Resumen

La justicia ambiental en México, como ámbito especializado para la protección del derecho humano a un medio ambiente sano, enfrenta de manera constante retos y problemáticas cada vez más complejos, derivados de la propia evolución humana, y son precisamente sus efectos en el planeta y el desarrollo de la población en general donde radica la importancia de estos temas. Es por ello que se presenta aquí una serie de puntualizaciones a considerar para fortalecer tanto a las instituciones procuradoras de justicia como a la procuración misma.

Palabras clave
Justicia ambiental, procuración de justicia.

Abstract

Mexico's environmental justice, as an specialized area for the Human Right protection about a Healthy Environment, constantly faces increasingly complex challenges and problems derived from human evolution itself, and are precisely the effects on the planet and about the development of society where we can find the importance of this topics. This is the reason why this article presents some spots to consider to strength in government agencies responsible for environmental justice and law enforcement.

* Doctor en administración pública por la Universidad Anáhuac Norte y la Sorbona de París; maestro en política y gestión energética y medioambiental por la Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (Flacso); y licenciado en derecho por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Es procurador de Protección al Ambiente del Estado de México. Antes se ha desempeñado como director general de Operación Regional de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas; director general de la Coordinación de Delegaciones de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente; director general de Impacto Ambiental y Zofemat; así como secretario técnico de la Comisión Especial sobre Cambio Climático de la Cámara de Diputados, LXI Legislatura. Ha participado en más de 60 foros y publicaciones sobre temas como reconocimiento constitucional de las acciones colectivas, ordenamiento del territorio, energía y medio ambiente.

Keywords
Environmental justice, law enforcement.

Introducción

La preocupación por el creciente deterioro ambiental ha sido una constante internacional a propósito de la cual diversas naciones han trazado y puesto en marcha una gran cantidad de planes, cuyos resultados no necesariamente pueden catalogarse como los deseados.

Desde sus primeros esfuerzos, como la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano, celebrada en la ciudad de Estocolmo, Suecia, en 1972, los países han unido recursos y enfoques para solucionar el inminente daño ambiental, estableciendo así un esquema de directrices bajo las cuales la humanidad podría continuar con su desarrollo en plena seguridad. Después, en 1992, se adoptó la denominada Declaración de Río sobre Medio Ambiente y Desarrollo, uno de cuyos puntos clave fue la ratificación de las pautas marcadas en el acuerdo de Estocolmo, además de promover el desarrollo sostenible.

Derivado de esta constante lucha por la protección del medio ambiente, en 1997 se aprobó el Protocolo de Kyoto, que buscaba comprometer a los países industrializados a limitar y reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero. Pese a la importancia de sus planteamientos, este acuerdo entró en vigor hasta el año 2005, debido a un complejo y tardado proceso de ratificación por parte de las naciones integrantes; México, por ejemplo, lo ratificó el 7 de septiembre de 2000 (United Nations Climate Change, 2022).

Procuración de justicia ambiental en México

Si bien es cierto que aún nos encontramos frente a grandes retos en cuanto al medio ambiente, también lo es que México ha registrado avances en materia de legislación. Tal es el caso de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, que fue promulgada en 1987 con la finalidad de trazar líneas de acción para proteger el derecho a un medio ambiente sano y, además, velar por un desarrollo sostenible.

Es así que, a partir del 28 de junio de 1999, en México se plasmó a nivel constitucional el derecho humano a un medio ambiente sano, el cual se encuentra en el artículo 4.º de nuestra Carta Magna y, en la actualidad, derivado de la reforma de 2012, a la letra dice: “Toda persona tiene derecho a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar.

El Estado garantizará el respeto a este derecho. El daño y deterioro ambiental generará responsabilidad para quien lo provoque en términos de lo dispuesto por la ley” (Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 2021).

A raíz de ello, el Estado mexicano se ha tenido que replantear metas y visiones a fin de lograr el cumplimiento cabal de lo estipulado en la legislación. Y justamente por eso en años recientes se han implementado políticas públicas, así como objetivos claros y medibles, para enfrentar el problema ambiental que aqueja al país y al mundo entero.

En cuanto a la procuración de justicia en México, en teoría en cualquier ámbito está consagrada a realizarse de manera imparcial y siempre en el marco de la legalidad; asimismo, debe ser pronta, expedita y con apego estricto a la protección de los derechos humanos. Empero, este escenario ideal es cuestionable en lo que respecta a la justicia ambiental, debido a los grandes retos actuales.

Es de conocimiento público que las instituciones se han visto rebasadas por las demandas sociales a atender, situación que en cuestión ambiental se agrava porque en México no existen unidades suficientes para hacer frente a la problemática. En el país, de 32 estados únicamente 21 cuentan con decreto de creación de procuraduría ambiental y solo 19 se encuentran operando, es decir, apenas en el 59.3% de las entidades hay este tipo de instituciones dedicadas al cuidado ambiental (ANAAE, 2021), de las cuales, cabe mencionar, no todas tienen facultades sancionadoras por sus distintas naturalezas jurídicas, lo que ya es, en sí, parte del problema a solucionar.

Pero aun contando con instituciones, lo cierto es que su naturaleza y alcance no son suficientes para cubrir las necesidades ambientales estatales, y aunque existen 40 delegaciones de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (Profepa) en toda la república, ni su personal ni sus facultades alcanzan para dar una cabal protección al medio ambiente y tampoco generan una percepción de adecuada procuración de justicia para los afectados.

Parte de la problemática es la falta de sistemas estandarizados y homologados entre las propias instituciones y los estados. Si bien es cierto que las circunstancias ambientales —recursos, dificultades, distancias, climas, etc.— varían mucho de una entidad a otra, también es cierta la imperiosa necesidad de generar estrategias para afrontar los temas comunes y emprender acciones en conjunto en los límites territoriales.

Así surge, en primer lugar, la necesidad de crear convenios de coordinación entre las distintas autoridades del país, no solo entre federales y estatales, sino entre los propios estados. En esta lógica, también hay que procurar la permanente comunicación para intercambiar experiencias y puntos de vista, con el objetivo de lograr, en un futuro cercano, la sistematización de los procedimientos para su agilización, así como la homologación de criterios de inspección y legislaciones, con el fin de crear leyes ambientales de carácter general, que pugnen en todo momento por una justicia ambiental pronta y expedita.

La homologación normativa y de criterios procesales no solo tendría un efecto jurídicamente positivo, al promover la generalización de la legislación ambiental, sino que además daría adecuado cumplimiento a lo establecido en el artículo 4º, pues aunque cada estado es libre y soberano, también se debe tomar en cuenta que el medio ambiente no respeta fronteras.

Para lograr una mayor y mejor percepción y aplicación de la procuración de justicia, resulta necesario introducir algunos conceptos novedo-

sos, tales como la implementación de mecanismos de compensación ambiental, la promoción de las auditorías ambientales, tanto estatales como nacionales, y la implementación de recursos como la mediación ambiental.

La compensación ambiental por sí misma se debe introducir bajo la idea de reparar el daño ecológico, además de contribuir al fortalecimiento de la justicia al crear una responsabilidad entre el infractor y la autoridad vigilante. Cabe recalcar que dichas compensaciones deben ejercerse en pro del medio ambiente, pero también pueden enfocarse en beneficio de ámbitos hermanos, tales como la implementación de energías renovables, el apoyo al sector agrícola, la mejora en los espacios de recreación y de conservación al medio ambiente, etc.

En cuanto a las auditorías ambientales, si bien no son un concepto nuevo, lo cierto es que su puesta en marcha es poco difundida y, por tanto, no muchas empresas y unidades económicas acceden a ellas. La auditoría, en sus dos vertientes —nacional y estatal—, tiene como fin vigilar el cumplimiento de la normatividad ambiental en cada una de las unidades económicas, antes de que esta se incumpla, y, al ser una herramienta de carácter voluntario, brinda al solicitante la percepción social de responsabilidad ambiental. Estos recursos no solo deben utilizarse como medio preventivo para los grandes corporativos: también hay que buscar opciones y programas a los cuales las pequeñas y medianas unidades económicas puedan inscribirse para regularizarse. En el Estado de México, por ejemplo, además de los certificados de industria limpia se cuenta con certificaciones para municipio y empresa limpios, lo que permite la integración de más unidades.

Los medios alternos de solución de conflictos son recursos en extremo publicitados, pero en los distintos ámbitos de la procuración de justicia aún son poco utilizados, ya sea por desconfianza o desconocimiento. Sin duda, en la esfera ambiental la implementación de mecanismos como la mediación ayudaría a dar cumplimiento a la procuración de justicia de manera pronta y eficaz.

Debido a la naturaleza y carga laboral, los procedimientos contra infractores de la normatividad tardan mucho tiempo en ser resueltos, en ocasiones sin que los denunciantes tengan una percepción de justicia.

Con la mediación ambiental sería posible agilizar la solución de conflictos en beneficio del medio ambiente, privilegiando vías colaborativas en las que se implemente el diálogo entre las partes y se pongan sobre la mesa las alternativas más positivas, tanto ambiental como socialmente, obteniendo no solo resultados administrativamente más rápidos, sino también un compromiso entre infractores y afectados para resolver el problema.

También resulta imperativo actualizar el ámbito de procuración de justicia ambiental a la época actual, no solo en cuanto a los desgastes y problemáticas, sino a cómo se efectúa. Allegarse de medios electrónicos, como las tecnologías de la información, se ha convertido en una herramienta fundamental para el acceso a la justicia; las plataformas

digitales deben emplearse no solo para la promoción de planes de cuidado y protección ambiental, sino también para facilitar al ciudadano la denuncia y al infractor dar seguimiento al procedimiento respectivo.

Conviene tocar un punto fundamental para la procuración de justicia: la ciudadanía, cuyo apoyo, en su calidad de afectada directa del deterioro ambiental, es primordial para la protección del marco normativo.

En este sentido, para lograr la adecuada colaboración entre ciudadanía e instituciones resulta ineludible realizar una exhaustiva y permanente campaña de difusión de los organismos de procuración de justicia ambiental, así como de las distintas vías para interactuar con estos, en cuanto a las denuncias, requisitos y seguimiento a los procedimientos.

También cabe recalcar la importancia de mejorar la atención que se brinda a los ciudadanos, para que ellos, a su vez, coadyuven con los distintos órganos de gobierno tanto en la promoción y cumplimiento de conductas de responsabilidad ecológica, como en la divulgación del sentimiento de obligación moral respecto del medio ambiente y la mediación de la dinámica social, amén de su evaluación y comportamiento.

Conclusión

Para finalizar, y derivado de lo antes expuesto, es importante recalcar que para lograr una correcta sinergia entre los recursos, herramientas, modificaciones y esfuerzos antes mencionados, es fundamental crear los organismos impartidores de justicia necesarios y especializados en el tema.

México carece de tribunales en materia ambiental, por lo que su creación resulta vital para poner en práctica lo antes expuesto y concretar la adecuada impartición de justicia ambiental. Estos tribunales, por su naturaleza, deberán contar con personal suficiente y altamente calificado, con el fin de que la aplicación de la normatividad vigente se realice de manera expedita y los conflictos que de su omisión o infracción pudieran surgir sean resueltos por especialistas.

Con la coordinación y unión de esfuerzos entre autoridades, la mejora en las propias instancias de impartición y procuración de justicia y la búsqueda de herramientas y mecanismos alternativos para esta tarea, así como el apoyo entre instituciones y ciudadanía, podemos aspirar a mejorar la calidad del ambiente y a protegerlo de forma adecuada.

Fuentes de consulta

- Asociación Nacional de Autoridades Ambientales, A. C. (ANAAE). (2021). Acta de la Primera Sesión Extraordinaria de la Asamblea General de la ANAAE 2020-2022. Guanajuato, México: Asociación Nacional de Autoridades Ambientales, A. C.
- Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. (2021). Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (última reforma publicada el 28 de mayo de 2021). Recuperado de <https://cutt.ly/7MjTK79>

United Nations Climate Change. (2022). ¿Qué es el Protocolo de Kyoto? Recuperado de <https://cutt.ly/FBhCFPS>¹

¹Nota: parte de este artículo fue publicado en la revista *Derecho Ambiental y Ecología*, del Centro de Estudios Jurídicos y Ambientales (CEJA), en su edición número 87 del año 18, del periodo mayo-agosto de 2022.

La importancia de los estudios de aptitud agrícola como herramientas de adaptación al cambio climático en el Estado de México

The importance of agricultural suitability studies as tools for climate change adaptation in the State of Mexico

Aurora Guadalupe Martínez Ponce*

Resumen

La cartografía de la aptitud agrícola mediante sistemas de información geográfica permite hacer coincidir espacialmente las necesidades o limitaciones de los cultivos con las características agroclimáticas y edáficas del terreno, para apoyar el desarrollo de sistemas de producción más eficientes. En la presente investigación se abordó el fenómeno de los estudios de aptitud de la tierra para la agricultura, las metodologías multicriterio y la modelación de cultivos mayormente aplicados, los cuales son cada vez más importantes para la planeación del territorio y el mejoramiento agrícola. Con tal propósito se incorporó un ejercicio realizado con el método de suma lineal ponderada, a fin de determinar áreas de aptitud para el maíz grano en el Estado de México. Se seleccionaron umbrales de variables agroclimáticas que permiten la correcta evolución del cultivo. En este sentido, se encontró que el estado cuenta con una superficie de aptitud muy alta de 588 mil 879 hectáreas para un periodo base, y de 585 mil 435 hectáreas con la aplicación del modelo MPI ESM LR con horizonte temporal 2045-2060. Asimismo, se prevé una reducción de espacios óptimos para el cultivo de maíz grano, el cual se verá afectado por la disponibilidad hídrica en la entidad.

Palabras clave

Aptitud agrícola, sistemas de información geográfica, cambio climático, agricultura sostenible.

Abstract

The mapping of agricultural suitability using geographic information systems allows to spatially matching crop needs and/or constraints with

* Maestra en análisis espacial y geoinformática. Correo electrónico: <aumar.ponce@gmail.com>.

the agro climatic and edaphic characteristics of the terrain to support the development of more efficient production systems. The following research addressed the phenomenon of land suitability studies for agriculture, multi-criteria methodologies, and crop modeling, which are increasingly important for land planning and agricultural development.

For this purpose, an exercise carried out with the application of the weighted linear sum method, which was incorporate to determine areas of suitability for grain maize in the State of Mexico. Thresholds of agro climatic variables were select in order to allow the optimal development of the crop. In this sense, it was found that the State has an area of very high suitability of 588,879 ha for a base period and 585,435 ha of optimal area with the application of the MPI ESM LR model with a time horizon of 2045-2060. In this sense, a reduction of optimal areas for the cultivation of grain corn is foreseen, which will be affected by water availability in the State of Mexico.

Keywords

Crop suitability, geographic information systems, climate change, sustainable agriculture.

Introducción

Durante la pandemia por COVID-19, en el mundo posiblemente 132 millones de personas pasaron hambre en 2020, a consecuencia de la recesión económica desencadenada por la crisis sanitaria. Por ello, entre las actividades económicas prioritarias destaca la provisión de alimentos, en particular la agricultura. A esto se suma el cambio climático, que aumenta las preocupaciones de la comunidad internacional debido a las alteraciones atmosféricas que causa, como el incremento de la temperatura y la mayor frecuencia de inundaciones, sequías, ondas de calor, huracanes, heladas y granizadas, además de un cambio en el régimen de precipitaciones (Sánchez et al., 2011). La variabilidad en el ciclo hidrológico afecta la disponibilidad del recurso hídrico para hacer funcionar los sistemas naturales y humanos, por lo que se vuelven más vulnerables a las eventualidades climáticas (IPCC, 2014).

La agricultura es uno de los sectores más afectados por el cambio climático, pues este fenómeno impacta negativamente la producción —ciclo biológico de cada cultivo, temperatura, exposición solar y disponibilidad de agua para las plantas—, los medios de vida de quienes dependen de esta actividad, así como el acceso a los alimentos, lo cual llega a perjudicar la nutrición de las personas (FAO, 2018). También daña las infraestructuras para el procesamiento de los alimentos y afecta los bienes e insumos requeridos y la capacidad productiva de los agricultores. Como consecuencia, hay inestabilidad en los precios de los alimentos y también en los mercados, y se origina un entorno que trastoca los sistemas de comercialización agrícola (Origel et al., 2020).

En la actualidad, sobre la agricultura pesa la fuerte presión de generar más alimentos en los próximos 40 años que los producidos en los

últimos 10 mil (Novozymes, 2015); asimismo, un tercio de la humanidad depende de las pequeñas explotaciones agrícolas representadas por 500 millones de agricultores, quienes tienden a negociar sus áreas por cultivos de exportación (Oxfam, 2013). En consecuencia, la tierra es objeto de competencia, lo cual enfrenta a la humanidad al reto de desarrollar estrategias de agricultura global y sostenible para producir comida con valor social y ambiental. En tal contexto, la intención de esta investigación es identificar las alternativas de mitigación que ofrecen los estudios de aptitud agrícola a la relación entre demanda de alimento y sostenibilidad, como parte de la solución que se puede aportar desde el análisis espacial y geoinformática al desafío de la política pública de la agricultura sostenible.

Para ello, se revisó el estado del conocimiento sobre los estudios de aptitud de la tierra. Algunos de los trabajos que se caracterizaron, evaluaron o diseñaron se identificaron con base en datos académicos; también se exploraron ciertas definiciones y se discutió la relación entre sistemas, agricultura, aptitud de la tierra y cambio climático. Después se analizó un ejercicio mediante el cual se evaluó la aptitud de la tierra para el cultivo del maíz grano, haciendo énfasis en la disponibilidad hídrica del Estado de México. Al final, se discutieron los resultados y las oportunidades de investigación en la materia.

Desarrollo

Estudios de aptitud de la tierra

La aptitud es la capacidad de desarrollar alguna actividad específica en un mismo espacio geográfico que obtiene ventajas de sus condiciones y de sus interrelaciones con los elementos disponibles. Así, cada porción del territorio puede ser vista como un sistema resultado de la interacción de factores geológicos, climáticos, geomorfológicos, edafológicos, hídricos, vegetación y fauna silvestre, en combinación con el manejo de las comunidades. Las bases de los estudios de aptitud de la tierra se determinan a partir de una regionalización agroecológica, lo que implica la división de la superficie en unidades más pequeñas que tienen características similares relacionadas con su aptitud, la producción potencial y el impacto ambiental (FAO, 1997).

El proceso de regionalización agroecológica consiste en determinar unidades homogéneas de acuerdo con uno o varios criterios o variables, cada uno de los cuales se representa en mapas e información geográfica mediante modelos cartográficos. Se trata de delinear en términos cualitativos o cuantitativos diferentes niveles de homogeneidad sobre el territorio (Mendoza et al., 2010). De acuerdo con Bocco (2019), las investigaciones de aptitud de la tierra operan con base en dos líneas de acción:

- a) El uso de capas de información almacenadas en un ambiente de sistemas de información geográfica (SIG), las cuales se

someten a procedimientos automatizados de agrupamiento de homogeneidades en un proceso multivariado.

- b) El uso de información preexistente en niveles generales, pero partiendo de una armonización de los sistemas categóricos de las variables seleccionadas, para definir las unidades derivadas de la regionalización. Sin embargo, la regionalización agroecológica no permite describir la aptitud del terreno para uno o varios usos posibles, la cual sí se puede describir por la valoración de la oferta ambiental.

En este sentido, el estudio de aptitud consiste en el proceso de predecir el uso potencial de un terreno sobre la base de sus atributos. La aptitud considera limitantes y restricciones físicas para desarrollar alguna actividad productiva en particular, como la agricultura. Por ello, este concepto está vinculado con la capacidad agroecológica y el uso potencial o vocacional de una porción de territorio.

Métodos multicriterio para la evaluación de idoneidad de la tierra

Hoy en día, el sustento técnico-metodológico de las investigaciones de zonificaciones agroecológicas está compuesto por bases de datos vinculadas a un SIG y a modelos automatizados, que contienen múltiples aplicaciones potenciales en el manejo de los recursos naturales y planificación del uso de la tierra. Con los SIG se pretende obtener resultados confiables para la toma de decisiones, a través del análisis e interpretación de gran cantidad de datos biofísicos, socioeconómicos y estadísticos en forma espacial y temporal, necesarios para generar información integrada en mapas y análisis estadístico (FAO, 1997).

En este sentido, el Análisis de Evaluación Multicriterio (EMC) es una alternativa metodológica que permite investigar cierto número de opciones mediante múltiples criterios; su finalidad es auxiliar a los tomadores de decisiones a describir, evaluar, ordenar, jerarquizar, seleccionar o rechazar alternativas de uso (Malczewski, 1999). A continuación se presentan algunos ejemplos de métodos aplicados en los EMC.

Entre las técnicas más utilizadas destaca la función fuzzy, que permite la estandarización de mapas (Ceballos y López, 2003). La teoría de los conjuntos difusos fue planteada por Zadeh (1965) para definir y determinar cuantitativamente algunas clases que se expresan de manera sucesiva por su grado de importancia. Los métodos convencionales se basan en decisiones dependientes de la experiencia de expertos. Además, tratan las unidades espaciales, como los rangos de valores de atributos, como cantidades específicas que ignoran la continuidad de la variación del suelo y el paisaje (Burrough et al., 1992; Van Ranst et

al., 1996). La modelización bajo este método implica tres momentos: la fuzzificación, la inferencia de reglas difusas y la defuzzificación.

La fuzzificación es el proceso mediante el cual los valores cuantitativos de los parámetros ambientales se convierten en variables lingüísticas de orden adecuado o no adecuado, mediante funciones de pertenencia. Durante esta fase, todos los valores de los factores se asignan a una escala común —es decir, de 0 a 1— (Feng et al., 2017a).

La determinación del valor de pertenencia de los factores ambientales se realiza con inferencia de reglas difusas —por ejemplo, uso de reglas condicionales IF-THEN—, mientras que la defuzzificación convierte los valores de pertenencia en un índice de idoneidad (Feng et al., 2017b).

La aplicación de lógica difusa en la modelización de la idoneidad de la tierra tiene la ventaja de una tolerancia definida por el usuario, tolerancia a los límites de la clase en forma de zona de transición (Burrough et al., 1992).

La principal limitación asociada al enfoque de lógica difusa para el análisis de la adecuación del uso del suelo es la falta de un método para determinar la función de pertenencia (Tang, Van Ranst y R. G., 1997). Las funciones de pertenencia y las ponderaciones desempeñan un papel clave en el modelado difuso del análisis de aptitud, debido a que permiten estandarizar la información espacial.

Por otro lado, el Análisis Jerárquico Analítico (AJA) es un método EMC propuesto por Saaty y Vargas (2001), que descompone una tarea compleja en pares de criterios —opciones de decisión—, mediante una matriz de comparación por pares. El AJA puede aplicarse de dos maneras distintas en el marco del SIG:

- 1) Deriva las ponderaciones asociadas con las capas cartográficas de idoneidad que luego pueden relacionarse con las de atributos, a través de los métodos de combinación aditiva lineal (Romano et al., 2015). Este enfoque es de especial importancia para una tarea que implica un gran número de alternativas representadas por el modelo de datos rasterizados —información geográfica en celdas—, cuando es imposible compararlas por pares (Zolekar y Bhagat, 2015).
- 2) El AJA se ha utilizado en una amplia gama de ámbitos, como la agricultura y la planificación del uso de la tierra. Básicamente, es un método que puede ser empleado para derivar pesos asociados con las capas cartográficas en mapas de aptitud o idoneidad. Los pesos pueden ser combinados con sumas ponderadas lineales.

La asignación de pesos para el análisis de aptitud de la tierra a través del modelo AJA puede mejorarse en gran medida siguiendo un enfoque más robusto. Según Zhang et al. (2015), las incertidumbres en el AJA pueden ajustarse de tres modos:

- 1) En la situación de los datos no asistenciales, la matriz de pares debe derivarse basándose en el objetivo, datos científicos o estadísticos.
- 2) La importancia relativa de los factores estimados individualmente y basados en la opinión de más científicos. Este procedimiento fue adoptado por Zabihi et al. (2015) para la adecuación de tierras y la planificación sostenible de los cítricos; 40 expertos en la producción de cítricos y la ecología-climatología fueron consultados mediante un cuestionario.
- 3) Se debe prestar más atención al límite superior, una relación de consistencia (CR) que debe ser inferior a 0.1 para que se acepte un juicio matricial por pares (Saaty y Vargas, 2001), adoptado en gran medida por el análisis.

Otra alternativa es combinar métodos con las técnicas del AJA. Por ejemplo, Deng et al. (2014) mezclan el método fuzzy y las técnicas AJA para calcular la idoneidad de la tierra para el cultivo de alfalfa al norte de China. Los autores aplican el análisis jerárquico analítico para determinar el peso de cada uno de los criterios.

El Promedio Ponderado Ordenado (PPO) es otro método de análisis multicriterio utilizado para mejorar la aplicación del AJA en agricultura. Jiang e Eastman (2000) afirman que el enfoque PPO proporciona una extensión y generalización de los métodos convencionales de combinación de mapas en el SIG. PPO es una clase de operadores multicriterio que incluye dos conjuntos de ponderaciones: de importancia del criterio y pesos de orden (Malczewski et al., 2003).

Otro método relativamente sencillo es la sumatoria lineal ponderada, que se caracteriza por ser simple e intuitiva y permitir la agregación de los criterios, adjudicándoles un peso en función de su importancia, lo cual es clave en el proceso y responde a un juicio técnico. Es una aceptación absoluta de la compensación entre los criterios en la que el juicio técnico introduce la proporción en que, según su estimación, el valor de un criterio puede compensar el valor de otro. Si se entiende que el criterio es una parte delimitada del juicio, la agregación se intuye como un procedimiento acorde con el modelo (Galacho y Ocaña, 2006).

En el análisis de aptitud de la tierra, se suele recurrir a la opinión de expertos para determinar la selección de parámetros y la importancia

de la ponderación de estos estudios (Krueger et al., 2012). El método que comúnmente utiliza la opinión de especialistas es el AJA. De acuerdo con Bojórquez-Tapia et al. (2001), el número de expertos consultados puede variar en función del tema de investigación.

Estudios de aptitud como estrategias de adaptación al cambio climático

De acuerdo con el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), el impacto negativo de este proceso en el rendimiento de los cultivos en muy diversas regiones ha sido más común que el positivo (IPCC, 2014). El cambio climático provocará severas afectaciones en la disponibilidad y suministro de agua, modificando las precipitaciones, la evaporación, la escorrentía y el almacenamiento de la humedad del suelo, así como una importante variación del régimen de temperaturas.

De acuerdo con Ruiz et al. (2016), el reciente aumento de la temperatura en las regiones de siembra y en las estaciones de crecimiento de la mayoría de los países causó una disminución significativa de la producción mundial de trigo y maíz. Además, el estrés hídrico que se ejercerá sobre los cultivos y el ganado adquirirá un carácter global debido a la variación extrema y al incremento de la temperatura de la estación de crecimiento, con una respuesta negativa en los rendimientos de cereales como trigo, maíz y cebada (Lobell y Field, 2007).

En China se estudió el arroz de regadío en la estación seca y se descubrió que, si bien los efectos de la temperatura máxima eran insignificantes en su rendimiento, el aumento de cada grado en la temperatura mínima de la estación de crecimiento en la estación seca provocó una disminución del 10% en el rendimiento del grano, asociando aumento de la temperatura nocturna con el calentamiento global (Peng et al., 2004). El cambio climático trastocará la disponibilidad de tierras agrícolas, provocando desplazamientos en las zonas de producción de cultivos alimentarios y no alimentarios y reduciendo su productividad (IPCC, 2018).

En América Latina se prevé que para 2050 la temperatura aumente 1.4 °C (FAO, 2018). En México, la variación de su geografía hará más notables los cambios derivados de la crisis climática, como el incremento de las temperaturas máximas y mínimas en todo el país, especialmente durante junio y agosto en el valle central, que es un importante corredor de producción de maíz, trigo y frijol (Prager et al., 2020).

La siembra de maíz es una de las principales actividades económicas del sector rural mexicano, en cuanto a la extensión, la generación de empleo familiar y el suministro de alimentos. El total de la superficie de cultivos anuales del país es de 18 millones de hectáreas (Statista Research Department, 2022), 95% de las cuales se dedican a la producción de granos —maíz, sorgo, trigo, frijol, cebada, soya y arroz—, siendo el maíz el que ocupa más espacio, con alrededor de ocho millones de hectáreas (SIAP, 2022).

El cambio climático podría causar la disminución del rendimiento del maíz y tener un impacto negativo mayor en la economía nacional, pues una tercera parte de la superficie agrícola en México es destinada al maíz, esencial para la seguridad alimentaria del país. Un ejemplo es lo que menciona Oré (2020) respecto a que la falta de lluvias ha reducido cinco veces la producción de maíz en Tehuacán, Puebla.

Desde 2016, la superficie sembrada y la producción de maíz en México han ido retrocediendo. En el ciclo 2016-2017 se sembraron 7.7 millones de hectáreas de maíz y se cosecharon 27.5 millones de hectáreas, de acuerdo con cifras oficiales. Para 2018-2019, la siembra se redujo en 4% y la producción en 7 por ciento. El Grupo Consultor de Mercados Agrícolas (GCMA), con sede en México, estima que las cifras seguirán a la baja, obligando a las empresas a incrementar las importaciones de grano en 2020 al récord de 18 millones de toneladas.

Aunque el clima y el tiempo influyen en los cultivos —tanto la superficie de cultivo como la producción—, la mayoría de los estudios se centran en su efecto en el rendimiento (Sotelo et al., 2016). Se argumenta que es necesario considerar las características geográficas de la superficie de cultivo para tener mayor visión del futuro impacto del cambio climático en la generación de alimentos (Lizumi y Ramankutty, 2015). En este sentido, la determinación de zonas agroecológicas adecuadas y la comprensión de las cuestiones relacionadas con el cambio climático sobre la aptitud del suelo para la producción agrícola son fundamentales para mejorar el rendimiento y, a su vez, el sustento de los agricultores.

Por lo anterior, se ha reconocido la importancia de considerar los análisis de aptitud de superficie agrícola como parte de las herramientas de adaptación ante el cambio climático (Lane y Jarvis, 2007; Liambila y Kibret, 2016; Romeijn et al., 2016). Un ejemplo es el estudio sobre el impacto socioeconómico y del clima en la agricultura del África subsahariana, el cual mostró que las tierras muy aptas y adecuadas disminuirán en determinados escenarios (Fischer et al., 2005). De este modo, es imperativo apostar por investigaciones que permitan desarrollar estrategias de adaptación y el diseño de políticas públicas que coadyuven en la toma de decisiones para gestionar y mitigar los impactos del cambio climático en el suministro mundial de alimentos (Teixeira et al., 2013; Günther et al., 2005).

Instrumentos de política pública y la aplicación de estudios de aptitud agrícola

La agricultura es una actividad económica, social y cultural que provee un amplio rango de servicios ambientales a la población humana. Sin embargo, también es muy sensible a la variabilidad climática, así que los cambios en los patrones del clima tendrán impactos en los sistemas de producción agrícola y en las comunidades que dependen de ella. En consecuencia, es vital identificar y evaluar opciones de adaptación de la agricultura a corto y mediano plazo.

La información derivada de las investigaciones de aptitud del terreno permite la planificación, pues facilita establecer y armonizar lineamientos sobre el tipo e intensidad de usos, así como evaluar conflictos entre la demanda de recursos por parte de la población y la oferta por parte del ambiente (Zinck, 1996). Por otra parte, el análisis de aptitud agrícola es crucial en la evaluación de sustentabilidad de sistemas agrícolas. En México, el Colegio de Postgraduados (Montecillo, Estado de México) es una de las instituciones que ha enfocado sus intereses en generar estudios sobre la zonificación de cultivos, con la participación del Centro de Edafología. Estas investigaciones sentaron las bases para aplicar la metodología en estudios agroclimáticos (Díaz et al., 2000) y agroecológicos (Ruiz, 1998; Villa et al., 2001) en diversos estados y regiones del país.

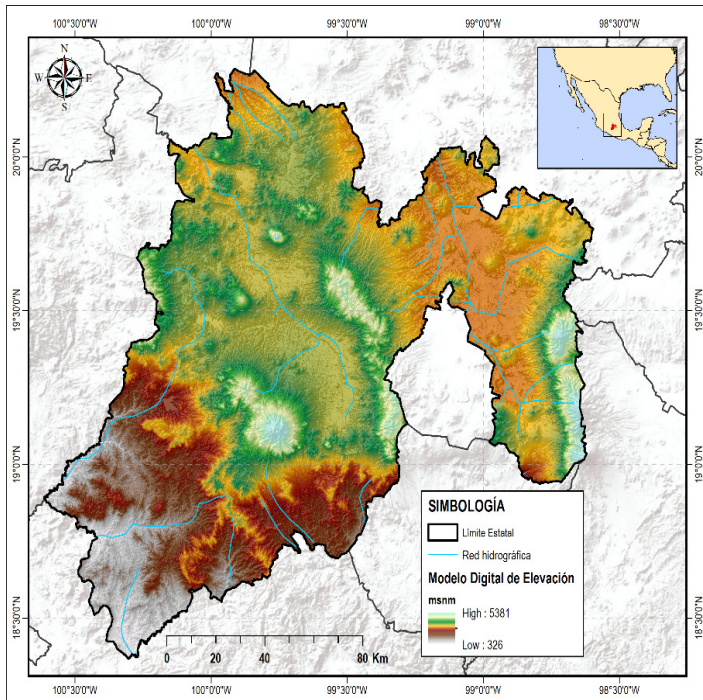
El Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) propuso una metodología para determinar el potencial productivo de especies vegetales que constituyó uno de los primeros intentos por delimitar las zonas potenciales de cultivo (INIFAP, 1995). En esta línea, Medina et al. (1997) formularon otra metodología para calcular el potencial productivo de especies vegetales en México, que consiste en modelar con sistemas de información geográfica datos de clima, suelo y fisiografía, según los requerimientos de los cultivos.

En 2012, el INIFAP realizó un estudio sobre especies agrícolas de importancia socioeconómica en México, en el cual se determinó el potencial productivo de 55 cultivos en diferentes modalidades de humedad y ciclos de producción. El mismo año, el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi) elaboró una carta de uso potencial de carácter nacional que incluye los tipos de utilización agrícola, pecuaria y forestal con posibilidad de ser establecidos en el terreno, así como el grado en que los requerimientos técnicos y biológicos de cada tipo pueden satisfacerse por el conjunto de condiciones ambientales del lugar.

Área de estudio el Estado de México

El Estado de México está situado entre los paralelos 20° 20' 47.4" —latitud norte—, así como los meridianos 98° 35' 19.68" —longitud este—. Tiene una superficie de 22 mil 338 km². En general, presenta una pendiente promedio de 20.23%, con una precipitación anual acumulada de 900 mm para el periodo de lluvias; la temperatura media es de 25 °C en la época más cálida y supera los 3 °C durante el mes más frío. Los factores climáticos impactan sobre los suelos feozem, andosol y cambisol; 50% del total del territorio cuenta con superficies agrícolas y 18% está cubierto de bosques (MadMex, 2018).

Figura 1.



Criterios de decisión para el maíz grano de temporal

Parámetro	No apto	Aptitud baja	Aptitud media	Apto	Aptitud alta	Apto	Aptitud media	Aptitud baja	No apto
	1	2	3	4	5	4	3	2	1
Precipitación (mm)	<27	28-42.7	42.7-62	62-84	85-135	136-151	152-167	168-200	>200
Temperatura (°C)	<9	9-11.8	11.9-17.3	17.4-23.6	23.7-29.8	29.9-32.2	32.3-34.7	34.8-37.5	>37.5
Índice de aridez	<0.05	0.05-0.2	0.2-0.5	0.5-0.65	>0.65				
Pendiente (%)	>40%	30-40%	16-30%	8-16%	<8%				

De acuerdo con Sotelo et al. (2016), los suelos más aptos son feozem y ambisol, en tanto que vertisol —bueno—, acrisol, luvisol y leptosol son bajos para el desarrollo de maíz.

Resultados y discusión

Aptitud agroclimática para el cultivo de maíz grano de temporal

Se determinaron cinco categorías de aptitud agrícola que representan la delimitación de regiones agroecológicas con base en las condiciones climáticas, de aridez, pendiente y suelo, para el cultivo de maíz grano de temporal durante el ciclo primavera-verano. El resultado obtenido con este modelo de evaluación multicriterio es que, para el periodo base 1950-2000, las zonas con mayor aptitud se ubican al centro-norte del

Estado de México, y que aproximadamente la mitad de la superficie agrícola de la entidad cuenta con las condiciones agroclimáticas para sembrar maíz de temporal.

Los terrenos adecuados para el maíz se encuentran principalmente en los valles altos del centro al noroeste del Estado de México, y a pie de monte al sur de la entidad. En total habría 588 mil 879 hectáreas buenas para el cultivo. Se trata de suelos con texturas medias, andosoles, feozem y vertisoles, con profundidades que favorecen la retención de agua aprovechable para las plantas (Violic, s.f.), si bien su distribución se llega a ver afectada por la pendiente. En este periodo se registraron 170 mil 753 hectáreas con aptitud alta; 418 mil 126 aptas; 355 mil 735 con aptitud media; 200 mil 548 con aptitud baja y 37 mil 120 no aptas.

Para el periodo 2045-2060, de acuerdo con el modelo MPI ESL RM la distribución de las superficies aptas y de aptitud alta se mantiene al centro y noroeste del Estado de México; en general, entre las zonas aptas y muy aptas se calcula una superficie óptima de 585 mil 435 hectáreas. Para este escenario, se registraron 275 mil 500 hectáreas con aptitud; 309 mil 935 con aptitud alta; 290 mil 730.02 con aptitud media; 225 mil 172 con aptitud baja y 74 mil 230 no aptas, como se aprecia en la tabla 1.

Tabla 1. Determinación de zonas de aptitud agroecológica del maíz grano

Categoría de aptitud	Superficie de aptitud del maíz (ha)			
	Periodo base 1950-2000	% respecto a la sup. total del Edomex	MPI-ESM-LR RCP 85 2045-2069	% respecto a la sup. total del Edomex
No apto	37,120.31	1.66	74,230.33	3.32
Aptitud baja	200,548.64	8.98	225,172.96	10.08
Aptitud media	355,735.60	15.93	290,730.02	13.02
Apto	418,126.49	18.72	309,935.24	13.88
Aptitud alta	170,753.01	7.64	275,500.69	12.33

Cabe mencionar que no se consideraron las superficies con uso de suelo urbano, cuerpos de agua y Áreas Naturales Protegidas, estas últimas de acuerdo con el archivo vectorial de marzo de 2022 (CONANP, 2022). En comparación con otros estudios, Márquez (1990) delimitó zonas agroecológicas para maíz en el Estado de México y determinó la existencia de 365 mil 297 hectáreas muy aptas. De su lado, Sotelo et al. (2016) calcularon 471 mil 902 hectáreas para la entidad. Sin embargo, esta investigación se enfoca en el ciclo primavera-verano, considerado el más productivo (SIAP, 2022). De acuerdo con el SIAP (2022), hay 489 mil 194 hectáreas de superficie sembrada de maíz grano en territorio mexiquense, lo que significa una diferencia de 99 mil 685 hectáreas

respecto al reporte del periodo base y de 96 mil 241 respecto a la superficie prevista para el periodo 2045-2060.

En la cartografía resultante se representan las zonas con mayor aptitud para el crecimiento del maíz grano; se puede observar una reducción en la extensión de la superficie apta para los valles del centro del estado, respecto al periodo 2045-2060, cuyas condiciones climáticas previstas favorecerán el surgimiento de zonas de aptitud alta al sur y poniente de la entidad.

Por otra parte, para el periodo base las superficies de aptitud baja y no apta se concentran en el sur del territorio, que cuentan con las temperaturas más altas y cuyas condiciones de precipitación no son adecuadas para el cultivo. A estas variables se suman las condiciones de pendiente, que limitan la optimización de tierras para el maíz. No obstante, para el periodo 2045-2060 las zonas no aptas se incrementarían al doble respecto al periodo base, y las superficies de aptitud baja aumentarían alrededor de 1.1 por ciento.

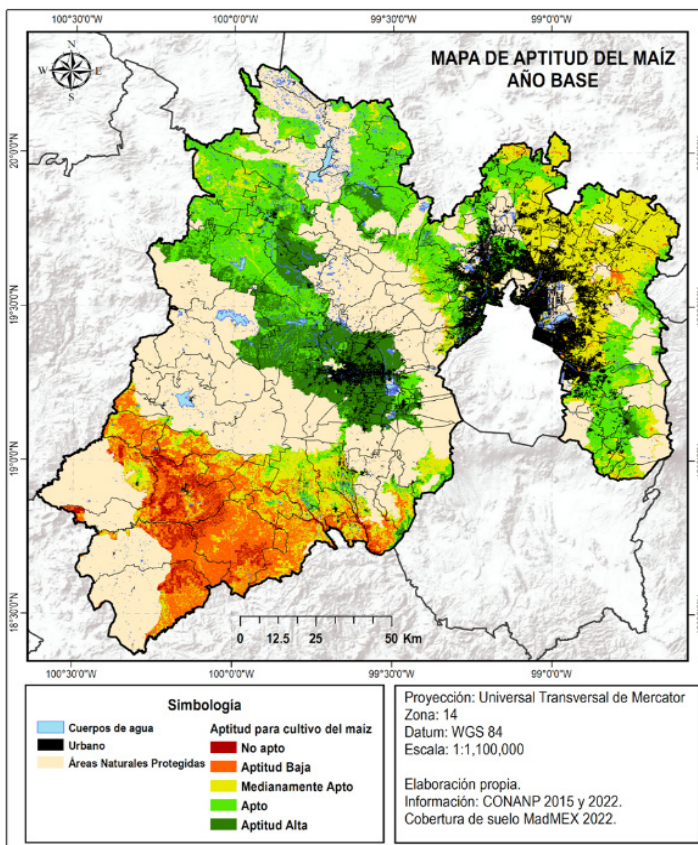
En el periodo base, en los valles del este de la entidad se observa una concentración de zonas con aptitud media que se benefician de la buena precipitación, más que de las condiciones edáficas, ya que esta región tiene suelos de menor profundidad. En laderas de las montañas se pueden apreciar las superficies aptas y de aptitud muy alta para el desarrollo del maíz.

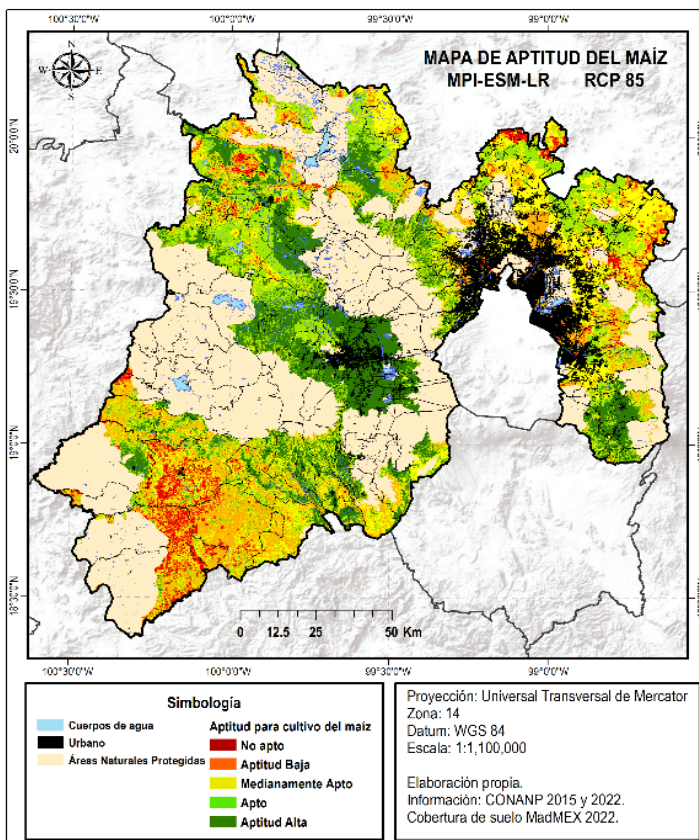
De este modo, las superficies con aptitud media para el año base se distribuyen en una franja este-oeste en el sur del Estado de México, y también hay algunas áreas dispersas al noroeste, con mayor concentración en el noreste. Para el periodo 2045-2060 la distribución de terrenos con aptitud media al noreste se reduce y pierde alrededor de 2.9% de espacio; en contraste, en la región sur se registra ganancia de superficie por esta categoría debido a las condiciones climáticas.

En este sentido, en las cuencas de los ríos Lerma y Pánuco se concentran las condiciones más óptimas para el cultivo de maíz. Sin embargo, aunque la aptitud alta llega a cambiar en 30 años por la severidad del clima, la opción de transición de agricultura de temporal a riego es una limitante en esta área debido a la gestión hídrica del Sistema Cutzamala. En contraste, las zonas aptas de la cuenca del Pánuco se ven más beneficiadas por la concentración de unidades de riego con agua superficial.

En el Estado de México el cultivo de maíz es una de las actividades agrícolas más importantes, pues respecto a los demás cultivos ocupa el 80% de la superficie, la cual se concentra en los valles altos del noroeste de la entidad. De acuerdo con el Icamex (2022), el rendimiento promedio esperado para el cultivo de maíz grano en la entidad es de 5 ton/ha; sin embargo, el reportado es de 3.73 ton/ha (SIAP, 2022). Así, es necesario considerar los estudios de aptitud para alcanzar mayores rendimientos en regiones óptimas.

Figura 2. Distribución espacial de las cinco categorías de aptitud para el desarrollo del cultivo de maíz grano en el ciclo primavera-verano





Nota: en la primera imagen se observa la distribución para el periodo base (1950-2000); en la segunda, la distribución para el horizonte temporal 2045-2060 del escenario MPI ESM LR con RCP 85.

Por otro lado, se ha investigado poco la actividad agrícola de temporal del maíz. Tinoco-Rueda et al. (2011) presentan una distribución potencial utilizando factores climáticos, tipos de suelo y pendiente, y demuestran una disminución de la aptitud debido a que las zonas con mayor pendiente son más vulnerables a las condiciones climáticas y deben estar sujetas a protección y conservación para evitar la degradación de los suelos. De acuerdo con el estudio de Sotelo et al. (2016), las variables que tienen mayor peso en la adaptación del maíz, para el Estado de México, son temperatura, altura, precipitación y tipo de suelo. En tanto, Ruiz-Corral et al. (2000) determinan el efecto de las variaciones climáticas sobre superficies potenciales para producir maíz de temporal.

Entre los estudios similares a la presente investigación para la identificación de las zonas potenciales para el desarrollo y producción de los cultivos están los de Osorio-García et al. (2012), quienes señalan la existencia de una demanda continua para detectar nuevas áreas aptas en México y el mundo, por lo que cada año se impulsa la investigación a fin de generar metodologías que permitan hallar zonas con potencial para este cultivo.

Löffler et al. (2005) mencionan que la eficiencia de un sistema de evaluación de tierras depende del detalle de la información del clima, suelo y genética del cultivo en estudio. Hack-ten Broeke et al. (1993) establecen que, en la evaluación de tierras, la productividad y los efectos ambientales deben ser investigados con datos sobre los tipos de suelo y sus usos.

Para Gómez et al. (2020), la variable climática que determina la falta de aptitud del maíz es la temperatura media anual en combinación con la precipitación. En su evaluación con enfoque de cambio climático también se menciona que las zonas aptas para maíz disminuyen considerablemente en la proporción de la superficie. María (2008) evalúa las unidades de producción de maíz y concluye que se deben tomar en cuenta las características socioeconómicas, el clima y el suelo en este tipo de estudios.

Por otra parte, Andrade et al. (2019) presentan las condiciones ideales para el desarrollo del maíz y propiciar la conservación de los recursos agua-suelo-planta, a fin de garantizar el sustento alimentario para la población. Además, Sifuentes (2018) menciona que la disponibilidad de agua es el factor ambiental más crítico para determinar la calidad y el rendimiento del cultivo.

Por su parte, Van Diepen (1993) propuso dos opciones metodológicas para la evaluación del potencial de rendimiento de granos en cultivos importantes en la Comunidad Europea, las cuales son comparadas con el método de las zonas agroecológicas. Shahbazi y Jafarzadeh (2010) utilizan el sistema automatizado de evaluación de tierras de la FAO (MicroLEIS) y concluyen que es una herramienta excepcional para hacer recomendaciones sobre agricultura, medio ambiente y toma de decisiones.

Finalmente, la metodología multicriterio y los SIG para el manejo de la cartografía espacial resultan de suma importancia al obtener información concerniente a la toma de decisiones que benefician en menor o mayor medida al aumento de la calidad de vida de la población, siempre y cuando los datos base justifiquen su aplicación.

Conclusiones

Con base en los resultados presentados, el Estado de México tiene superficie potencial para maíz, solo hace falta que se tomen en cuenta estudios como este para la implementación y selección de las mejores zonas para la siembra; de ser así, la superficie y los rendimientos serán mayores, lo cual aportará a la seguridad alimentaria a partir del consumo local.

El objetivo de lo expuesto en este proyecto ha sido dar a conocer ciertas consideraciones sobre algunas de las técnicas de análisis para la realización de mapas para la gestión agrícola del territorio, que permitan brindar información útil en la toma de decisiones como parte de la adaptación hídrica ante los posibles efectos del cambio climático.

En este caso de estudio sobre la determinación de áreas óptimas para el cultivo de maíz en el Estado de México, los resultados mostrados pueden contribuir de manera importante al proceso de toma de decisiones ante cualquier problemática, ya que la información generada es de gran utilidad para futuros planes de desarrollo agrícola sustentable.

Con el análisis multicriterio y la incorporación de los factores y restricciones fue posible determinar la localización óptima de zonas destinadas al cultivo de maíz grano a través de los SIG, así como la modelización de los criterios y variables seleccionados. En el mismo contexto, el proceso de sumatoria lineal ponderada es uno de los métodos de evaluación multicriterio para la toma de decisiones más utilizados en la actualidad, y en el presente estudio contribuyó a sistematizar procesos complejos, optimizándolos para el manejo adecuado de la información.

Sin embargo, debe considerarse que los métodos de evaluación multicriterio manejan algún grado de incertidumbre en la asignación de los juicios de valor, debido a que las categorías vinculadas a las clases de los mapas operan en función de criterios cualitativos, de modo que cuanto más conocimiento se tenga sobre el tema tratado, los supuestos, coeficientes y resultados serán más acertados.

Por otro lado, es necesario enfatizar que para este estudio se tomaron en cuenta sólo algunas capas de información disponibles, las cuales sirvieron como factores y restricciones que determinaron en gran parte las características o limitantes para el establecimiento de parcelas de maíz grano, y con un enfoque de la importancia hídrica. Sin embargo, existen datos a los que no fue posible acceder y deberían ser considerados porque son fundamentales para que este modelo sea más consistente, como es el caso de los grados, días de calor y tenencia de la tierra.

En el mismo contexto, la calidad de los resultados dependerá de la calidad de los datos espaciales, así como de su disponibilidad y escala. Por último, la adecuada integración de la información en una EMC, como la suma ponderada en un SIG, puede ofrecer una buena perspectiva en la evaluación de zonas con las condiciones de clima, suelos y fisiografía para la producción de maíz grano en el Estado de México. Destaca el hecho de que esta metodología pudiera ser extrapolada a otros escenarios para enriquecerse con nuevos criterios —factores y restricciones— y así obtener mejores resultados para futuras tomas de decisiones.

Los resultados para el Estado de México, particularmente la región Atlacomulco, que fue la estudiada, revelan un incremento en los rendimientos de la agricultura de temporal, quizá asociado con el aumento

en las temperaturas mínimas, lo que podría reducir el peligro de las heladas que dañan con frecuencia este tipo de cultivos. Sin embargo, otras zonas de la entidad podrían aumentar su vulnerabilidad, ya sea por los decrementos en las superficies aptas para estos cultivos o por la reducción en los rendimientos.

Los resultados previos indicaron que alrededor de 50% de la superficie estatal agrícola presenta algún grado de aptitud para la producción de maíz, de acuerdo con las características geográficas del territorio. En específico, 42% mostró condiciones adecuadas, en tanto que 8.9 y 1.6% indicaron condiciones moderadas y limitadas, respectivamente. Asimismo, cabe considerar analizar el comportamiento del maíz en más de un solo escenario de circulación general.

El método desarrollado en este artículo ha sido aplicado a escala regional para otros cultivos, por lo que puede entenderse como una herramienta útil para nuevos estudios sobre el cambio climático en el país y sus posibles efectos en la distribución de cultivos primordiales en el Estado de México y en la nación. A su vez, se espera que este trabajo sea un parteaguas para la elaboración de investigaciones de aprovechamiento de humedad del suelo para mejorar la eficiencia y productividad del agua en las zonas agrícolas del maíz, ya que es la variable de mayor determinación de áreas óptimas en el horizonte temporal 2045-2060.

Fuentes de consulta

- Bojórquez-Tapia, L. A., Díaz-Mondragón, S. y Ezcurra, E. (2001). GIS-based approach for participatory decision making and land suitability assessment. *International Journal of Geographical Information Science*, 15(2), 129-151, DOI: 10.1080/13658810010005534
- Ceballos, A. y López, J. (2003). Evaluating biophysical variables to identify suitable areas for oat in Central México: a multicriteria and GIS approach. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, (95)1, 371-377.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). (2022). Información espacial de las Áreas Naturales Protegidas. Recuperado de <https://cutt.ly/4BjgPLu>
- Deng, F., Li, X., Wang, H., Zhang, M., Li, R. y Li, X. (2014). GIS-based assessment of land suitability for alfalfa cultivation: a case study in the dry continental steppes of northern China. *Journal of Agricultural Research*, (12)2, 354-375. Recuperado de <https://cutt.ly/VML4x9X>
- Galacho, F. B. y Ocaña, C. (2006). Tratamiento con SIG y técnicas de evaluación multicriterio de la capacidad de acogida del territorio para usos urbanísticos, residenciales y comerciales.
- Gómez, J., Flores, R. y Monterroso, A. (2020). Aptitud actual bajo escenarios de cambio climático para tres cultivos en México.

- Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, (11)4, 777-788. Recuperado de <https://cutt.ly/sMZ7Kjd>
- Hack-ten Broeke, M. J. D., Van Lanen, H. A. J. y Bouma, J. (1993). The leaching potential as a land quality of two Dutch soils under current and potential management conditions. *Geoderma*, 60(1-4), 73-88. Recuperado de <https://cutt.ly/fMZ85X8>
- Löffler, C. M., Wei, J., Fast, T., Gogerty, J., Langton, S., Bergman, M., Merrill, B. y Cooper, M. (2005). Classification of maize environments using crop simulation and geographic information systems. *Crop Science*, 45(5), 1708-1716. Recuperado de <https://cutt.ly/LMZ2gPg>
- María, R. A. (2008). El proceso de análisis jerárquico con base en funciones de producción para planear la siembra de maíz de temporal (tesis de doctorado). Montecillo, Texcoco, Estado de México: Centro de Edafología del Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas.
- Márquez, R. F. (1990). Zonificación agroecológica del maíz (*Zea mays*) de temporal en el Estado de México (tesis de licenciatura). Chapingo, Estado de México: Departamento de Suelos de la Universidad Autónoma Chapingo (UACH).
- Osorio-García, N., López-Sánchez, H., Gil-Muñoz, A., Ramírez-Valverde, B., Gutiérrez-Rangel, N., Crespo-Pichardo, G. y Monte-ro-Pineda, A. (2012). Utilización, oferta y demanda de tecnología para producción de maíz en el valle de Puebla, México. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 9(1), 55-69. Recuperado de <https://cutt.ly/tMZ0sly>
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2022). Producción mensual agrícola. Avance de siembras y cosechas. Recuperado de <https://cutt.ly/gBjgZUm>
- Shahbazi, F. y Jafarzadeh, A. A. (2010). Integrated assessment of rural lands for sustainable development using Micro LEIS DSS in West Azerbaijan, Iran. *Geoderma*, 157(3-4), 175-184. Recuperado de <https://cutt.ly/UMZ6CPF>
- Sifuentes, E. (2018). Los requerimientos hídricos del maíz. *Panorama Agro*.
- Statista Research Department. (2022). El sector agrícola en México. Datos estadísticos. Recuperado de <https://cutt.ly/yBjgC5z>
- Sotelo., E., Cruz, G. González, A. y Moreno, F. (2016). Determinación de la aptitud del terreno para maíz mediante análisis espacial multicriterio en el Estado de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, (7)2, 401-412. Recuperado de <https://cutt.ly/tMZfXJk>
- Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. *Inf. Control*, 8, 338-353.

Talleres de educación ambiental y cambio climático
en pandemia y pospandemia en la Universidad
Pedagógica Nacional, Unidad 151, Toluca
*Workshops on environmental education and climate
change in pandemic and post-pandemic at the Uni-
versidad Pedagógica Nacional, Unit 151, Toluca.*

Dr. Saúl Alejandro García*
Dr. Delfino Israel Herrera Peralta**

Resumen

El cambio climático es un tema que en los últimos años ha cobrado importancia por los estragos que genera en el medio ambiente y, asimismo, por sus impactos colaterales en las dimensiones económica, política, social y cultural.

En el ámbito educativo, el asunto no ha sido abordado de manera directa debido a la poca información que hay. Si bien en los medios de comunicación y en escritos académicos se habla sobre los efectos y causas del cambio climático, no existen metodologías y pedagogías al respecto, lo más cercano ha sido la educación ambiental.

En la Universidad Pedagógica Nacional, Unidad 151, ubicada en Toluca, los temas ambientales empezaron a ser trabajados desde hace cinco años. Lo que aquí se presenta tiene como propósito narrar las experiencias pedagógicas en torno a las cuestiones ambientales y climáticas durante la pandemia por COVID-19, en estos momentos ya en la pospandemia.

Palabras clave

Educación para el cambio climático, educación ambiental, pedagogía de la tierra, medio ambiente.

Abstract

Climate change is an issue that in recent years has gained importance due to the havoc it causes to the environment, but collaterally, it has had an impact on the economic, political, social and cultural dimensions.

* Profesor investigador de la Universidad Pedagógica Nacional, Unidad 151, Toluca. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores (SNI), nivel 1. Correo electrónico: <otopame@yahoo.com.mx>.

** Profesor investigador de la Universidad Pedagógica Nacional, Unidad 151, Toluca. Correo electrónico: <delfino.herrera@seiem.edu.mx>.

From the educational dimension, the issue has not been addressed directly due to the lack of information on the subject. Although the media and academic writings talk about the effects and causes of climate change, however, there are no methodologies and pedagogies about it, the closest has been environmental education.

At the Universidad Pedagógica Nacional, Unit 151, Toluca, environmental issues began to be worked on five years ago. The purpose of the work presented here is to narrate the pedagogical experiences on environmental and climate issues during the COVID-19 pandemic, in these moments since the post-pandemic.

Keywords

Climate change education, environmental education, earth pedagogy, environment.

Introducción

El cambio climático se ha convertido en un asunto que preocupa a los sistemas de gobierno porque pone en riesgo la diversidad biológica del mundo entero y, con ello, los ecosistemas. Empero, más allá de las variaciones climáticas que afectan los nichos ecológicos, están sus consecuencias en las sociedades humanas y todas sus implicaciones.

La variación climática ha sido una constante desde el origen de la Tierra y hasta la actualidad. Lo que ha sucedido es que las actividades del ser humano han acelerado esas variaciones porque las formas de producción en los sectores industriales y alimenticios incrementan las emisiones de dióxido de carbono (CO₂). Esto ha provocado una devastación del orden natural de los ecosistemas, forzando cada vez más la sobreexplotación de lo que comúnmente denominamos “recursos naturales”.

Para poner sobre la mesa las vicisitudes del ser humano respecto al tema, debemos decir que los problemas que han acrecentado el cambio climático han obedecido en gran medida a los modelos económicos y el sistema productivo montado en la historia del capitalismo. En efecto, la economía capitalista es la principal causa del aceleramiento de la crisis climática en las últimas décadas. Desde 2011, la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (Unesco) reconoce la transición del llamado Holoceno al Antropoceno, que “podría convertirse en uno de esos periodos de extinciones masivas que la Tierra ya ha conocido, como la que produjo la desaparición de los dinosaurios hace 65 millones de años. De una manera sin precedentes, el cambio climático muestra a las claras nuestras limitaciones” (Irwin, 2011).

El momento más salvaje del Antropoceno es el actual. Basta ver los fuertes estragos de los años recientes, como la crisis de agua en Monterrey, Nuevo León, o las elevadas temperaturas en Europa durante el verano de 2022.

Las alertas sobre los efectos del cambio climático fueron lanzadas desde la década de los setenta y en la actualidad están siendo tomadas en cuenta con más fuerza debido a los impactos económicos, sociales y ambientales que ya se aprecian en diferentes partes del mundo. Entre las alternativas para enfrentar el problema destaca la implementación de políticas públicas orientadas a su mitigación; sin embargo, la reducción del CO₂ no depende solo de las acciones derivadas de las actividades económicas, sino de un verdadero respeto y cuidado de la naturaleza.

La situación descrita compete a las sociedades humanas, más que a los gobiernos, si bien estos últimos deberían impulsar estrategias desde las formas organizativas de la sociedad civil. En ese sentido, el presente trabajo tiene como propósito visibilizar las acciones orientadas desde la educación ambiental y su impacto sobre los ecosistemas, que, finalmente, tienen una implicación climática.

El escrito recupera dos cuestiones importantes: primero, una reflexión en torno al cambio climático y la educación ambiental; segundo, la descripción de lo emprendido en la Universidad Pedagógica Nacional, Unidad 151, con sede en Toluca, respecto a proyectos y estrategias pedagógicas relacionadas con el medio ambiente.

Educación ambiental para la sustentabilidad y cambio climático

En 1972 se realizó en Estocolmo, Suecia, la primera Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano, en el marco de la cual se adoptaron 26 principios (Gutiérrez, 1996) que significaron el inicio de una serie de cumbres cuyo propósito era plantear acciones contra la contaminación ambiental, dados los altos índices de CO₂ originados por la industria y el aumento de vehículos automotores y productos de uso doméstico, como el DDT o el gas:

Además de las fuentes de la contaminación atmosférica de tipo industrial, que son responsables de una importante alteración del aire que se respira (centrales térmicas, emisiones de industrias químicas, siderúrgicas, cementeras, metalúrgicas del aluminio, etc.), la contaminación derivada del transporte, en su doble carácter de transporte individual y de uso colectivo es responsable de una buena parte de las emisiones de óxido de nitrógeno y de plomo. Tampoco se puede olvidar la llamada contaminación doméstica, producida por las calderas de calefacción y de agua caliente, que emplean combustibles fósiles (Atilio de la Orden, s.f., p. 34).

A pesar de estos llamados, durante las décadas de los setenta y ochenta los gobiernos no prestaron atención ni, mucho menos, desarrollaron políticas públicas encaminadas a aminorar los problemas de contaminación atmosférica originados por el efecto invernadero. Fue hasta los años noventa que los temas ambientales empezaron a ser preponderantes en la política internacional, primero en la Cumbre de la Tierra

celebrada en Río de Janeiro, en 1992 (Gutiérrez, 1996; Eschenhagen, 2007), donde después de 20 años de lo abordado en Estocolmo, y a seis años de distancia del Informe Brundtland (1987), las naciones generarían una serie de compromisos ambientales entre los que destacan la conservación de los recursos naturales, la mitigación del cambio climático y cuestiones sobre biodiversidad; a ello se sumó la enorme preocupación respecto al hambre, la pobreza y el acceso limitado a los recursos que no toda la población tiene.

A partir de la Cumbre de Río —también llamada Agenda 21, donde se establecieron metas para el siglo XXI que actualmente siguen en la Agenda 2030—, empezaron a sucederse los eventos de este tipo:

- Río + 5, celebrada en Nueva York en 1997.
- Cumbre del Milenio, también en Nueva York, en el año 2000, donde se fijaron las metas del milenio.
- Cumbre de la Tierra de Johannesburgo, en 2002.
- Nueva York, en 2005, 2008 y 2010, para ver los avances de las metas del milenio.
- Río + 20, en 2012, para hacer un balance de las metas del milenio y temas como el agua, economía verde, energías alternativas, mares y otros.
- Las reuniones en Nueva York de 2013 y 2015, que darían forma a la Agenda 2030, de la cual surgen los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

Y aunque en estas reuniones se ha hablado de asuntos ambientales, energía, acceso a los recursos, conservación, preservación y cuestiones socioeconómicas, el clima ha tomado una línea paralela a través de las llamadas COPS o Conferencias del Clima (Conference of the Parties), un órgano de la Convención Marco de las Naciones Unidas que agrupa a diversos países del mundo para actuar ante el cambio climático (Conciencia Eco, 2019).

Estas conferencias, como se ha señalado, comenzaron en 1972, pero alcanzaron formalidad en 1995, con la realizada en Berlín, Alemania, a partir de la cual se han llevado a cabo año tras año. La de 2021, la COP26, tuvo lugar en Glasgow, Reino Unido; y en noviembre de 2022 se desarrolló la más reciente, en Sharm El-Sheikh, Egipto.

Entre estas conferencias destaca la de Kioto, Japón, porque se estableció el llamado Protocolo de Kioto, con los acuerdos de reducción de emisiones de CO₂ al medio ambiente, que países como Estados Unidos se han negado a firmar. En 2007, en la COP13, realizada en Bali, se empezó a hablar por primera vez del calentamiento global y se desarrolló el Plan de Acción de Bali, que fue un fracaso. En 2011 se reiteró el Protocolo de Kioto y Estados Unidos abandonó el acuerdo. En las COP de 2013, 2014 y 2015 se reconoció que la principal causa del calentamiento global es el ser humano, y se asumió la urgencia de aminorar las emisiones debido al peligro que representan para el planeta. También hubo

convenios entre China y Estados Unidos, que son los mayores emisores de contaminantes, y finalmente el Acuerdo de París en la COP21.

Hasta la fecha, las COP han estado orientadas a seguir empujando el Acuerdo de París a través de acciones y políticas públicas internacionales. No obstante, la pandemia por COVID-19, la crisis energética derivada del conflicto entre Rusia y China, así como la crisis alimentaria que empieza a sentirse en diversas partes del mundo, ponen en riesgo el cumplimiento de los acuerdos, con lo cual pelagra el bienestar humano y planetario.

A pesar del panorama apocalíptico que se avecina, ha habido acciones locales en pro de la naturaleza y buscando restablecer ciertos “equilibrios” con el medio ambiente. Estas provienen de la iniciativa de la sociedad civil y, en muchos casos, de prácticas y conocimientos ancestrales de grupos indígenas y tribales, cuyos estilos de vida y formas de concebir la naturaleza pueden ser una alternativa para reparar la relación humano-naturaleza, según han manifestado incluso científicos de las ciencias sociales y naturales.

Por ejemplo, hay experiencias de comunidades originales, como las asentadas en el sistema de playas del Pacífico colombiano, que se encuentran en constante amenaza de desastres por erosión costera, inundaciones o marejadas, pero que a través de prácticas culturales asociadas al medio ambiente han establecido estrategias agroecológicas y otras para evitar esos estragos (Durán, 2022).

Otro caso es el de las comunidades indígenas del Paraguay, donde la filosofía del Ñande reko ha permitido establecer prácticas individuales y colectivas organizativas rurales, encaminadas a la sostenibilidad ambiental, encabezadas por mujeres y jóvenes (Cerna, Carrizosa y Rodríguez, 2022).

Desde las organizaciones de la sociedad civil, las empresas e instituciones educativas, existen diversos movimientos que tratan de cuidar el medio ambiente a través de operaciones particulares, ya sea la implementación de prácticas sustentables en las empresas —como separación de basura, utilización de empaques e insumos con menor impacto ambiental o la optimización de otros recursos necesarios para la producción—; estrategias de conservación, preservación, restauración y manutención de espacios “verdes” por parte de organizaciones ecologistas y pro ambientales; acciones de agrupaciones rurales y productores locales con actividades agroecológicas, ecotecnias, comercio verde y justo, en instituciones educativas de todos los niveles que promueven la investigación científica en el diseño de proyectos e impactos ambientales —en tierra, agua y aire—, así como propuestas metodológicas para mejorar la participación social y la educación ambiental (Chapela et al., 2016).

En el campo de la educación ambiental hay diversas líneas de acción emprendidas por las universidades y otros sistemas y subsistemas educativos de formación básica —en el caso de México, jardín de niños, primaria y secundaria— y media superior. Estas líneas se han ido

adecuando en función de las perspectivas teóricas, metodológicas y las visiones filosóficas sustentadas en perspectivas culturales y cosmogónicas. En un primer momento, la educación ambiental estuvo orientada al fomento de la separación y generación de residuos y desechos —reciclaje—, y al cuidado del agua y recursos naturales.

El fracaso de las políticas ambientalistas, amén de la insistencia del modelo capitalista en mantener un sistema basado en el consumismo y la obsolescencia programada, ha propiciado problemas ambientales de mayor envergadura, como el cambio climático. Por ello, la educación ambiental de las últimas generaciones busca promover la llamada ética ambiental, establecer una base de conciencia y sensibilidad hacia la naturaleza, que conlleve a un mejor manejo de los recursos y conservación de la diversidad ambiental y cultural de la humanidad (Leonard, 2007).

En consecuencia, en los últimos años se ha transitado de una educación ambiental a una educación para la sustentabilidad, y una de las líneas que se ha empezado a trabajar es el cambio climático, que, desde nuestra perspectiva, ha sido un tema forzado por la presión gubernamental y de la política internacional, para evitar el incremento de la temperatura y daños en los sistemas económicos.

El calentamiento global y el cambio climático empiezan a ser abordados en el ámbito educativo, pero con escasa dirección, pues queda en la mesa del docente la responsabilidad de educar al estudiantado en la idea de cuidar el medio ambiente y preservar los recursos. Y se hace ya no como un tema ambiental, sino de emergencia climática, es decir, hay un reduccionismo en el asunto de ver estos asuntos exclusivamente desde sus efectos.

De hecho, y como sostienen González-Gaudio y Meira-Carda (2020), muchos educadores consideran que su trabajo debe estar orientado a proporcionar información científica sobre las ciencias del clima y sus implicaciones, es decir, a alfabetizar respecto al clima:

La primera parte, educar sobre el clima, implica, como ya se señaló, una alfabetización climática, ecológica o científica. Su abordaje es competencia principal de las ciencias naturales —y de la didáctica aplicada de estas ciencias— y consiste en transponer información que genere conocimientos sobre la composición y los procesos atmosféricos para entender la interrelación del sistema climático en el espacio y en el tiempo [...]. Este enfoque es similar al que ha concentrado la mayor parte de los esfuerzos en materia de educación ambiental, esto es: incorporar al medio ambiente como un eje del currículo escolar traducido en fortalecer los contenidos programáticos, vistos como consustanciales a las ciencias naturales, con apoyo de la formación de profesores, el diseño de materiales didácticos, etc. (p. 161).

El problema es que muchos profesores se quedan en este nivel, y lo que busca González-Gaudio con sus escritos es que los educadores

para el cambio climático puedan tener una visión más crítica y no solo la información científica. Al respecto, en los últimos años se han generado diversos materiales que, sin duda, son buenos y ayudan a proporcionar información sobre el tema, como Introducción al cambio climático. Manual para el docente, de Robles et al. (2021); Guías didácticas de educación ambiental, de Ferreras et al. (2011); y El clima en nuestras manos. El cambio climático y la tierra. Manual para docentes de primaria y secundaria, de Klein, Tricoire y Wilgenbus (2022), por mencionar algunos.

Lo que se busca es establecer una conciencia integral sobre los temas ambientales y, en automático, se contribuye a los del cambio climático; por ejemplo, educar al ciudadano desde el ámbito escolar o la educación informal sobre el consumo:

Así, educar para el consumo sustentable implica generar presiones en el mercado que puedan impulsar una racionalidad diferente para extender un patrón de consumo orientado hacia la calidad de los productos y las condiciones de su producción, distinguiendo necesidades de deseos. Un patrón de consumo que contribuya a alcanzar una mayor equidad social y un menor stress ambiental, mediante procesos educativos que impulsen un pensamiento crítico acerca de cómo escoger entre varias opciones y por qué no elegir aquellas que han sido promovidas como signos de distinción social (González-Gaudiano, 2007, pp. 41-42).

La idea es trabajar desde la integralidad ambiental en sus diferentes dimensiones: ambiental, económica, política, social, cultural y científica, pues solo así podremos establecer una educación para la sustentabilidad y el cambio climático.

Prácticas pedagógicas ambientales en la UPN Toluca

La Universidad Pedagógica Nacional (UPN) se creó por mandato presidencial el 25 de agosto de 1978, con la intención original de nivelar a docentes ya en el ejercicio de la profesión, pero sin un título profesional. Hoy en día, la UPN forma profesionales de la educación y se ha constituido como un espacio de preparación continua para el profesorado de educación básica, así como de nuevos cuadros de docentes. En todo México hay 70 unidades y 208 subsedes regionales donde se imparten licenciaturas y posgrados.

En los últimos años, la UPN ha incorporado temas de relevancia nacional e internacional, sin dejar de lado los que tradicionalmente se viven en las aulas del país, como problemas de aprendizaje y enseñanza de la lectoescritura, razonamiento matemático, historia y cultura mexicana. Estas cuestiones se relacionan con el medio ambiente, el acceso a la justicia, la salud, la alimentación, los valores, la convivencia sana y pacífica, entre otros asuntos. La intención es formar profesionistas del ámbito educativo que sean también agentes de cambio.

Los actuales programas educativos —planes de 2011, 2017 y 2022— dan importancia a temas como el medio ambiente, la sustentabilidad, la diversidad cultural, la convivencia armónica y el manejo de emociones, entre otros. Resalta que en el nuevo plan curricular de 2022 se contempla el cambio climático.

En el caso de la UPN, Unidad 151, de Toluca, así como sedes regionales, se han empezado a trabajar los temas de educación ambiental como se describe a continuación:

- Con diplomados y talleres de educación ambiental, como el titulado “Formador de formadores”, el cual ha apoyado a estudiantes universitarios, profesionales de las áreas ambientales y de otros perfiles, en la comprensión y diferenciación de los principales enfoques de la educación ambiental. Talleres virtuales —durante la pandemia por COVID-19— con estudiantes de la UPN 151 y sus sedes regionales —Acambay, Jilotepec, Ixtlahuaca y Tejupilco—. En estos talleres se realizaron ejercicios relacionados con la realización de abonos naturales, problemas del agua, tipos de plantas, sugerencias para el manejo de residuos, entre otros temas. Debemos decir que después de la pandemia, en el semestre “B” de 2021 y el semestre “A” de 2022, la estrategia fue hacer talleres “híbridos”, esto es, en “vivo”, de manera abierta al público —principalmente para profesores de educación básica— y con educadores ambientales del Centro de Educación Ambiental de Toluca y del Parque Ecológico Bicentenario. En estos eventos se abordaron cuestiones relacionadas con acciones de huerto y jardines polinizadores.
- Participando en el Sindicato Nacional de Trabajadores de la Educación (SNTE) con talleres para profesores sobre proyectos escolares de educación ambiental.

Lo más significativo de las actividades descritas ha sido tratar de establecer conciencia y sensibilidad entre los asistentes, a través del intercambio de saberes y el diálogo crítico y constructivo.

Además, los profesores han podido desarrollar líneas de trabajo que empiezan a ser compartidas con investigadores del Centro de Estudios e Investigación en Desarrollo Sustentable (Cedes), de la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMéx), con quienes se abordan temas como la Carta de la Tierra y la construcción de un diplomado con investigadores de la UPN, Unidad Ajusco, y de la Universidad Intercultural del Estado de México.

Se tiene el interés por seguir desarrollando proyectos ecológico-culturales con los estudiantes de la universidad, como huertos tradicionales y jardines polinizadores, además de promover los conocimientos locales de las comunidades indígenas —al menos tres sedes regionales están en contextos rurales indígenas— en torno a cuestiones ambientales, participación comunitaria, salud y, sobre todo, el amor a la madre tierra.

Finalmente, y a manera de conclusión, los profesores de educación ambiental estamos convencidos de la importancia de trabajar con temas ambientales y, desde luego, incorporar en talleres y proyectos el cambio climático. Cabe mencionar que los aspectos ambientales que se han venido abordando no son ajenos a los del cambio climático; por el contrario, la educación ambiental sustentable contribuye en gran medida a establecer propuestas y estrategias pedagógicas para estudiar el calentamiento global, el clima y la mitigación de los efectos negativos.

Queda claro que es desde las experiencias colectivas de las comunidades indígenas, de los conocimientos generados por la ciencia en torno a tecnicismos e investigaciones sobre el tema y de las acciones emprendidas por organizaciones sociales que estas problemáticas se tienen que incorporar en el contexto de los educadores ambientales en formación. Esto es así porque desde la escuela y la casa se debe fomentar la conciencia y sensibilidad sobre los problemas ambientales y climáticos que vivimos hoy en día; asimismo, hay que rescatar en las instituciones formadoras el papel de las y los docentes, así como el liderazgo de los directivos y las autoridades educativas.

Fuentes de consulta

- Atilio de la Orden, E. (s.f.). Contaminación (serie didáctica realizada para alumnos de las carreras de ingeniería agronómica e ingeniería del paisaje). Recuperado de <https://cutt.ly/aBjhUy1>
- Cerna, S. P., Carrizosa, A. y Rodríguez, M. I. (2022). Ñande reko o experiencias del “buen vivir” en las organizaciones rurales femeninas, indígenas y de jóvenes: estrategias socioeconómicas y ambientales de mitigación de impactos del cambio climático en Paraguay. En T. Cuenca et al., Ambiente, cambio climático y buen vivir en América Latina y el Caribe. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Clacso.
- Chapela, F., Ogarrio, R., Rojas, S., Zambrano, R. y Bezaury-Creel. (2016). Las empresas, las organizaciones de la sociedad civil y las organizaciones sociales. En Capital natural de México, vol. IV: capacidades humanas e institucionales (pp. 99-126). México: Conabio.
- Conciencia Eco.(9 de diciembre de 2019). La historia de las COP-Conferencias sobre el Cambio Climático. Recuperado de <https://cutt.ly/lBjhzBk>
- Durán, L. C. (2022). Capacidad de resiliencia comunitaria de la población afrocolombiana de La Barra frente a los fenómenos meteorológicos extremos agravados por el cambio climático. En T. Cuenca et al., Ambiente, cambio climático y buen vivir en América Latina y el Caribe. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Clacso.
- Eschenhagen, M. L. (2007). Las cumbres ambientales internacionales y la educación ambiental. OASIS, 12, 39-76.

- Ferreras, J., Estada, P., Herrero, T., Velázquez, A., Jiménez, G., Jiménez, J. M., Santos, A., Solís, E. y García, V. (2011). Guías didácticas de educación ambiental. España: Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía.
- Gutiérrez, R. (1996). El desarrollo sustentable: un camino a seguir. *Espiral*, II (5), 197-227. Recuperado de <https://cutt.ly/4MB3vQS>
- González-Gaudiano, E. (2007). Educación y cambio climático: un desafío inexorable. *Trayectorias*, IX (25).
- González-Gaudiano, E. y Meira-Carrea, P. (2020). Educación para el cambio climático ¿Educar sobre el clima o para el cambio? *Perfiles Educativos*, XLII (168).
- Irwin, R. (2011). Bienvenidos al Antropoceno. *El correo de la Unesco*. Recuperado de <https://cutt.ly/rMBklpd>
- Klein, S., Tricoire, M. y Wilgenbus, D. (Coords.). (2022). El clima en nuestras manos. El cambio climático y la tierra. Manual para docentes de primaria y secundaria. París: Office for Climate Education (OCE).
- Leonard, A. (2007). Historia de las cosas, de cómo nuestra obsesión por las cosas está destruyendo el planeta, nuestras comunidades y nuestra salud y una visión de cambio. Buenos Aires, Argentina: Fondo de Cultura Económica.
- Robles, C., Montañó, J., Andrade, J. C. y Morales (2021). Introducción al cambio climático. Manual para el docente. México: Innovación en la Enseñanza de la Ciencia, A. C./Centro "Mario Molina" (Innovec).

Decisiones para la sustentabilidad y la mitigación del
cambio climático.

Aportaciones desde la administración pública
*Decisions for sustainability and climate change
mitigation.*

Contributions from the public administration

Juan José Alva Sánchez*

“Wenn du mich siehst, dann weine”.

(Si me ves, llora)

ANÓNIMO

“No me explico que en un día gris pueda hacer tanto calor. Es como si el viento y la lluvia se hubieran ido para siempre y un vengativo Sol invisible reinara sobre el planeta muerto de sed.

Me dicen en la aldea: Hay calor amarillo y calor verde. El de ahora es calor rojo. No, el infierno no ha ascendido a la superficie. Es que a causa del progreso la Tierra desciende al orbe subterráneo en donde solo existe fuego oscuro. Poco a poco bajamos sin darnos cuenta hasta el centro de las llamas. Nos fundiremos con la hoguera en que empezó este error irreparable”.

JOSÉ EMILIO PACHECO

* Licenciado en ciencias políticas y administración pública por la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMéx), y maestro en alta dirección de gobierno y políticas públicas por el Instituto Universitario “José Ortega y Gasset”, sede México. Inició su carrera profesional como asesor académico del presidente de El Colegio Mexiquense A.C., lo que le permitió desarrollar el tema de investigación “Democracia y clientelismo en México”, y presentarlo en foros académicos en México, Argentina y Chile. Cuenta con 15 años de experiencia en el sector gubernamental —a niveles municipal y estatal—, donde, entre otras responsabilidades, ha sido coordinador de Giras e Información de la Secretaría de Turismo del Estado de México, asesor en elaboración de discursos del gobernador mexiquense y secretario particular del Secretario del Medio Ambiente mexiquense. Actualmente se desempeña como titular de la Unidad de Información, Planeación, Programación y Evaluación de la Secretaría del Medio Ambiente.

Resumen

Los seres humanos tomamos varias decisiones en nuestra vida cotidiana y prácticamente todas repercuten en lo que hace poco empezamos a llamar “huella ecológica”.

Los gobiernos tienen la posibilidad de promover programas, acciones y políticas públicas que permitan generar conciencia ecológica, a la vez de permitir que las decisiones sustentables de los ciudadanos puedan ser reales.

Palabras clave

Cambio climático, transversalidad, toma de decisiones, huella ecológica, gobierno, políticas públicas.

Abstract

Human beings make various decisions in our daily lives; practically all of them have repercussions on what has recently been called the “ecological footprint”.

Governments have the possibility of promoting programs, actions and public policies that allow generating ecological awareness while allowing the sustainable decisions of citizens to be real.

Keywords

Climate change, transversality, decision making, government, ecological footprint public policy.

Introducción

Justo en los días en que se escribe esta contribución ocurre una de las sequías más importantes que ha registrado el estado de Nuevo León en el último siglo.

La mayoría de los medios de comunicación enfocan sus notas en las repercusiones económicas que esta crisis tendrá para miles de habitantes, y otros más aprovechan la oportunidad para enunciar las medidas —o la falta de ellas— que ha optado por implementar la administración estatal.

En otras palabras, la problemática se observa desde la óptica de un “desastre natural” que se resolverá con la llegada de la lluvia o con políticas de protección civil e infraestructura hidráulica de corto y mediano plazos.

También en estos días se pueden leer diversos artículos periodísticos acerca de la severa sequía que se vive en varias regiones de Europa y que ha provocado que ríos como Rin, Elba y Po tengan niveles de agua extraordinariamente bajos (DW, 2022). En el norte de Italia, el gobierno ha declarado “estado de emergencia” y solicitado a los pobladores de más de 100 ciudades que limiten el consumo de agua (Reuters, 2022).

Asimismo, en países como Alemania y República Checa, debido al bajo afluente de estos cauces hidrológicos están quedando al descu-

bierto las llamadas “piedras del hambre” —Hungerstein—, con leyendas como “Si me ves, llora”, “Quien me vio, lloró”, “Cuando vuelvas a ver esta piedra, llorarás. Tan poco profunda era el agua en [el año] 1417” (Orgaz, 2022). Estas frases son advertencias de pobladores de diversas épocas que padecieron problemáticas como hambruna, aumento de precios, enfermedades, entre otras, debido a la escasez de agua.

Los ciudadanos de aquel entonces expresaban en sus inscripciones la idea de que el caudal del agua regresaría con el paso del tiempo. De hecho, es la misma forma de pensar de los gobiernos actuales, que plantean estrategias a corto y mediano plazos ante este tipo de crisis hidrológicas.

Sin embargo, prácticamente al mismo tiempo varios países del hemisferio norte del planeta están atravesando una ola de calor con pocos precedentes en la historia reciente de la humanidad. Solo por mencionar un ejemplo, Reino Unido ha registrado niveles récord de temperaturas altas desde que se tiene medición (Mathis y Kar, 2022).

De hecho, el último lustro es considerado el más caliente en la Tierra, por lo menos desde hace dos siglos.

Al respecto, distintos gobiernos han optado por solicitar a sus ciudadanos no realizar actividades a la intemperie en ciertos horarios o hidratarse de forma adecuada, como medidas para evitar daños a la salud.

Es cierto que la historia de nuestro planeta está ligada a fluctuaciones climáticas que conllevan olas de calor o sequías importantes que no tienen origen antropogénico.² Sin embargo, en los últimos años el 95% de los científicos a nivel mundial coinciden en que el cambio climático actual obedece a las transformaciones y ritmo de consumo producidos por el ser humano desde la Revolución Industrial.

Actualmente, el planeta está 1.1 grados más caliente que al comienzo de la Revolución Industrial; de continuar esta tendencia, según la Organización Meteorológica Mundial (OMM, 2022), se puede esperar que las temperaturas aumenten 3.2 grados al finalizar este siglo.

Los Acuerdos de París ya son insuficientes, pues incluso si todos los compromisos climáticos, que son voluntarios, se llegaran a aplicar plenamente, no se alcanzaría ni la mitad del esfuerzo que se necesita para frenar la aceleración de la crisis climática, según han advertido los científicos.

² De hecho, Benjamin Lieberman y Elizabeth Gordon (2021) hacen una importante reseña al respecto. Debido a su forma elíptica/heliocéntrica, la Tierra provoca las estaciones —hace aproximadamente 11 mil años, en la época actual del invierno se vivía el verano, por ejemplo—. Varias civilizaciones pudieron haber desaparecido debido a cambios climáticos —la del Indo puede ser un caso— y otras más florecieron debido a los beneficios de un clima adecuado y estable —Roma, por ejemplo—. Desde 2021 no ha habido un solo mes en el que la temperatura media global sea inferior a la presentada a partir de 1985. Es decir, hoy no existe un niño o adolescente que haya vivido un mes con características como las de hace casi 40 años.

Lejos de observar un escenario catastrófico sobre el futuro del planeta, derivado del cambio climático, es fundamental concientizarnos acerca de la responsabilidad y el rol que debemos desempeñar como ciudadanos del mundo y el grado de compromiso que deben asumir los gobiernos.

De hecho, varios estudios demuestran que el comportamiento que tengamos los seres humanos en este par de décadas es fundamental para el futuro inmediato de la humanidad.

Su importancia —como he mencionado— radica en que hoy en día este cúmulo de decisiones está modificando el clima en todo el mundo, lo que produce, entre otras cosas, cambios en la dinámica de los ecosistemas y, en consecuencia, de gran parte de las especies que viven en ellos. Son cambios irreversibles y catastróficos.³ Está en cada uno de nosotros, en nuestra forma de pensar y actuar, y en nuestro ámbito de responsabilidad, revertir esta situación.

Con estos elementos, es una “verdad de Perogrullo” afirmar que los gobiernos tienen la responsabilidad de plantear estrategias para la mitigación del cambio climático; sin embargo, considero importante aportar una serie de elementos imprescindibles para la elaboración de políticas públicas con perfil sustentable.

1. Toma de decisiones para la sustentabilidad

Todos los días, los seres humanos tomamos decisiones, desde básicas y casi automáticas, hasta complejas. Una persona, por ejemplo, a partir de un abanico de posibilidades, podría elegir qué tipo de transporte puede o debe utilizar para llegar a su trabajo, qué deberá comer durante el día y dónde adquirirlo, qué tipo de utensilios y productos utilizar para su aseo, entre miles de elecciones que hacemos.

Cada una de ellas tiene repercusión en la vida de otros ciudadanos y en el medio ambiente, lo que recientemente se ha llamado “huella ecológica”.

En la actualidad, la mayoría de nosotros tomamos estas decisiones desde una visión lineal, es decir, con el simple objetivo de satisfacer nuestras necesidades sin incorporar a ellas el factor ambiental. En el mejor de los casos, nos sumamos a acciones que no conlleven un cambio drástico en nuestros hábitos y patrones de consumo.

Un ejemplo de ello lo desarrolla el biólogo Luis Zambrano en su libro *Planeta (in)sostenible* (2019), donde comenta la reacción que se suscitó a partir de la viralización de un video en el cual se observa la extracción de un popote del orificio nasal de una tortuga. El impacto social que generó llevó a establecer medidas, impulsadas y consensadas en la sociedad, sobre la pertinencia de dejar de utilizar popotes.

³ En términos económicos, algunos estudios sugieren que en 2030, con la tendencia actual de nuestros patrones de consumo, el costo de los fenómenos meteorológicos relacionados con el cambio climático representará para México el 1.1 por ciento de su Producto Interno Bruto. Véase Boyd e Ibararán (2018).

Si bien esto representa un avance en la medida en que el tema medioambiental se incorpora a los principales círculos de debate social, los resultados de estas acciones lineales serán marginales en comparación con temas de mayor magnitud. Un ejemplo está en el hecho de que muchas cafeterías comenzaron a entregar sin popote bebidas para llevar, pero continuaron sirviendo productos en vasos de plástico de un solo uso, lo que en términos contemporáneos se denomina *greenwashing*.⁴

Derivado de una serie de transformaciones que vivimos día a día —por ejemplo, las prolongadas sequías y las olas de calor ya mencionadas—, se puede revivir un debate que tiene sus orígenes hace varias décadas y aborda el tipo de planeta que heredaremos a las futuras generaciones.

Si bien este debate fomenta —aunque no por añadidura— una sociedad con más información, no necesariamente estamos en camino de tener una sociedad más consciente sobre las repercusiones de cada una de las decisiones que diariamente tomamos.

Por ello es importante, como apunta Luis Zambrano (2019), generar una nueva forma de comprender la dinámica de la naturaleza y, así, un cambio de paradigma no solo en la manera de generar y transmitir información y conocimiento, sino también en el modo de actuar de ocho mil millones de personas que habitamos este planeta. Estas modificaciones en nuestro pensar y, en consecuencia, en nuestros hábitos, son trascendentales para la naturaleza como en ninguna otra época.

Empero, el tema no es tan simple. Muchas de las opciones sustentables o verdes no son costeables para la mayoría de las personas. Tal es el caso, por ejemplo, de los vehículos híbridos, los paneles solares, los techos verdes, entre muchos otros.

De ahí la importancia para los gobiernos de generar las políticas públicas necesarias para que estas opciones sean accesibles al ciudadano promedio y que, a la par —y esto es imprescindible—, influyan positivamente en su toma de decisiones cotidiana al cambiar, de manera gradual, el pensamiento lineal por uno más racional acerca de la huella ecológica de nuestros hábitos.

En otras palabras, la propuesta sería promover una cultura ambiental en la que cada habitante pueda tomar decisiones ecológicamente sustentables y, a su vez, que estas sean accesibles.

Desde luego, el factor económico actúa de forma dinámica en el proceso de toma de decisiones ciudadanas, pero también es importante dejar en claro que para tomar una decisión real deben existir opciones.

Cuando no se cuenta con opciones, no se puede elegir. Schick lo deja muy en claro: “Elegir es llegar a querer algo, algo que es una opción para nosotros. La segunda cláusula no puede ser omitida, porque no todo llegar a querer es una opción” (1999, p. 18).

⁴ *Greenwashing* es un término usado para referirse a empresas que realizan *marketing* verde de manera engañosa, presentando sus productos como respetuosos con el medio ambiente sin serlo.

Si preguntáramos a diversos ciudadanos qué elegirían para ir diariamente al trabajo, si un “transporte público de bajas emisiones contaminantes” o un “transporte público regular”, con certeza podemos afirmar que la gran mayoría —quizás la totalidad— se inclinaría por el primero, pero ¿qué pasa cuando no se cuenta con opciones sustentables?

La organización de la sociedad civil española Vida Sostenible, en su página electrónica (Fundación Vida Sostenible, s.f.), invita a hacer un ejercicio para conocer el grado de emisiones contaminantes que genera cada persona en su trayecto diario a su lugar de trabajo. La primera pregunta es “¿Qué vehículos usas para tus viajes cotidianos?”; las posibles respuestas son: a) caminar; b) bicicleta sin motor; c) bicicleta eléctrica; d) metro; e) tren; f) autobús urbano; g) motocicleta; h) coche privado. De entrada, no es complicado analizar cuáles opciones son más contaminantes; sin embargo, los ciudadanos, dependiendo de dónde vivan, podrán tener algunas de las posibilidades mencionadas, pero en ciertos casos tendrán solo una y no podrán tomar decisiones.⁵

Me refiero a este como un ejemplo de la toma de decisiones sustentables que cada uno puede —o no— adoptar diariamente y cómo están constreñidas a las posibilidades reales que cada individuo tiene en su entorno; sin embargo, existe también la posibilidad de que, aun cuando hayamos tomado una decisión sustentable, esta no reditúe finalmente en una acción ecológica.

Imaginemos a un ciudadano que, derivado de una lectura sobre economía circular y sus repercusiones en la protección y cuidado del medio ambiente, ha decidido separar los residuos que él y su familia generan a diario, en orgánicos, inorgánicos y reciclables. A los pocos días nota, sin embargo, que el camión recolector mezcla indiscriminadamente la basura, por lo cual, su esfuerzo no tuvo ningún efecto positivo. Inclusive, si decidiera llevar los desechos reciclables a algún lugar especializado para su tratamiento, todavía tendría que analizar el costo económico que para él representaría esta acción adicional.

En estos ejemplos, como en muchos otros, es importante para la sustentabilidad que, a través de la conciencia ecológica, adoptemos decisiones responsables-sustentables a partir de dos o más opciones reales.

2. Una responsabilidad desde el sector público

Desde luego que existen muchas decisiones sustentables que no dependen necesariamente de las opciones que generen los gobiernos y que entran en el plano directo de la conciencia ecológica —ducharse diariamente en un tiempo mínimo, evitar el consumo de plásticos de un solo uso, hacer compras en tiendas locales, evitar la adquisición excesiva de ropa, por ejemplo— .

⁵ En este ejemplo, cada ciudadano enfrenta diversos factores para la toma de decisiones, entre ellos su capacidad económica, la infraestructura de transporte y movilidad con que cuenta su ciudad, los riesgos de movilidad, la distancia a su centro de trabajo, por mencionar algunos.

Sin embargo, considero que, en una coyuntura como la que vivimos, existe la responsabilidad de los diferentes ámbitos y niveles de gobierno de crear políticas públicas que cambien la visión lineal con que se ha tratado el tema medioambiental en las últimas décadas.

En la Zona Metropolitana del Valle de México, en los meses de mayo y junio, por lo regular vivimos condiciones atmosféricas negativas debido a la contaminación por partículas PM2.5 y ozono (Comisión Ambiental de la Megalópolis, 2022). Esta situación ha propiciado que los gobiernos federal, de la Ciudad de México y del Estado de México, elaboren programas que devienen en acciones de los sectores empresarial, gubernamental y civil, para disminuir la emisión de contaminantes atmosféricos. Para los ciudadanos del Valle de México, una de las medidas de mayor impacto mediático fue la restricción vehicular en un día a la semana, de acuerdo con el engomado.

Derivado de esta situación, muchas personas optaron por comprar vehículos híbridos en lugar de vehículos con motores de combustión en los últimos años.⁶

Aunque cabe la posibilidad de que muchos de estos automóviles hayan sido adquiridos por gente que pretende circular diariamente sin restricciones y no pensando en su contribución al cuidado del medio ambiente —pensamiento lineal—, es importante resaltar, como ejemplo, que este tipo de medidas ha llegado a influir en los ciudadanos para que, en su toma de decisiones, contemplen opciones verdes.⁷

En México, el entramado institucional en los últimos años ha creado leyes, programas, políticas e, inclusive, dependencias de la administración pública especializadas en el cuidado y protección del medio ambiente y la mitigación del cambio climático. Si bien es cierto que en estas materias se registran avances importantes, aún falta un largo camino por transitar para incorporar eficazmente y de forma transversal el elemento de la sustentabilidad. Si hacemos un análisis personal, cada uno de nosotros podremos notar qué tipo de hábitos cambiar para disminuir nuestra huella de carbono y qué otros —aunque lo deseemos— están constreñidos por diversos factores.

Desde esta perspectiva, la creación de ciudadanos sustentables germina en un caldo de cultivo donde existe conciencia ecológica y, además, los gobiernos han generado las condiciones para que cada decisión individual pueda ser real.

⁶ Según datos de la Asociación Mexicana de la Industria Automotriz (2020), en el primer semestre de 2019, uno de cada dos vehículos híbridos vendidos en el país se adquirió en la Ciudad de México o en el Estado de México.

⁷ Derivado de esta coyuntura, la Protectora de Bosques del Estado de México (Probosque) tuvo un número inusitado de solicitudes ciudadanas y de organizaciones no gubernamentales para participar activamente en la campaña estatal de reforestación 2019, pues la preocupación por la contaminación atmosférica les habría generado conciencia de que debemos aportar, con acciones, al cuidado del medio ambiente.

Conclusiones

En los últimos años diversos gobiernos decidieron atender el tema de la protección y cuidado del medio ambiente a través de la creación de dependencias que, a su vez, generaran programas y políticas públicas al respecto.

Si bien es cierto que esta medida ha promovido avances importantes en la materia, un siguiente paso podría ser propiciar los mecanismos necesarios para que los ciudadanos puedan hacer elecciones sustentables en su cotidianidad.

Desde luego, no hay un catálogo a seguir, sino que se trata de implementar una visión transversal de la sustentabilidad al interior de la administración pública y evitar la visión lineal prevaleciente.

Fuentes de consulta

- Asociación Mexicana de la Industria Automotriz. (2020). Ventas de vehículos híbridos y eléctricos. Recuperado de <https://cutt.ly/YBjk0NP>
- Boyd, R. e Ibararán, M. E. (2018). El costo del cambio climático en México: análisis de equilibrio general de la vulnerabilidad intersectorial. *Gaceta de Economía*, 16(1). Recuperado de <https://cutt.ly/gBjk8rW>
- Comisión Ambiental de la Megalópolis. (2022). Comunicado de prensa. Recuperado de <https://cutt.ly/SBjk7ek>
- Deutsche Welle (DW). (2022). La sequía en Europa y sus ríos. Recuperado de <https://p.dw.com/p/4FTw5>
- Fundación Vida Sostenible. (s.f.). Recuperado de <https://www.vidasostenible.org>
- Lieberman, B. y Gordon, E. (2021). El cambio climático en la historia de la humanidad. España: Editorial Almuzara.
- Mathis, W. y Kar, T. (2022). Reino Unido alcanza temperatura más alta desde que se llevan registros. *Bloomberg Línea*. Recuperado de <https://cutt.ly/KBjlq4w>
- Organización Meteorológica Mundial (OMM). (2022). State of the Global Climate 2021. Recuperado de <https://cutt.ly/RBjlrO9>
- Orgaz, C. (2022). “Si me ves, llora”: las “piedras del hambre” que la sequía de los principales ríos de Europa pone al descubierto. *BBC News Mundo*. Recuperado de <https://cutt.ly/wBjlykF>
- Pacheco, J. E. (2009). *La edad de las tinieblas: cincuenta poemas en prosa*. México: Era.
- Reuters. (2022). Italia declara estado de emergencia en el norte por su peor sequía en 70 años. *El Economista*. Recuperado de <https://cutt.ly/sBjliW>
- Schick, F. (1994). *Hacer elecciones. Una reconstrucción de la teoría de la decisión*. Barcelona: Gedisa.
- Zambrano, L. (2019). *Planeta (in)sostenible*. España: Turner.

Juicio de Amparo en materia ambiental a partir de
los recientes criterios jurisprudenciales
*Amparo Trial in environmental matters based on
recent jurisprudential criteria*

Cinthya Aurora Pérez Tirado*
Luis Felipe Hernández Llop**

Resumen

El presente artículo promueve una reflexión sobre el Juicio de Amparo en materia ambiental a partir de las reformas constitucionales de 2011, además de la trascendencia del interés legítimo como el reto de mayor importancia que tienen los ciudadanos al momento de acudir al juicio de garantías. También se abordan los principios de prevención y precaución como los ejes torales en el Juicio de Amparo ambiental, y para finalizar se analiza la trascendencia de que se hiciera extensiva a todos los órganos jurisdiccionales, con independencia de su esfera de competencia, la obligación de salvaguardar el acceso al medio ambiente sano, considerando los últimos criterios jurisprudenciales sostenidos por el Poder Judicial de la Federación.

Palabras clave

Juicio de amparo, protección al ambiente, jurisprudencias.

Abstract

This article promotes a reflection on the Amparo Trial in Environmental Matters from the Constitutional reforms of 2011 as well as the importance of legitimate interest as the most important challenge that citizens have when they go to the Amparo Trial, then The principles of prevention and precaution are addressed as the main axes in the environmental protection trial and finally the extension to all Jurisdictional Bodies of safeguarding access to a healthy environment is addressed, regardless of their sphere of competence, taking into consideration the latest Jurisprudential criteria upheld by the Judicial Power of the Federation.

* Coordinadora jurídica y de igualdad de género de la Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Estado de México; máster en derecho ambiental y de la sostenibilidad por la Universidad de Alicante, España.

** Jefe del Departamento de Estudios y Asesoría Jurídica de la Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Estado de México; maestro en derecho ambiental por la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMéx).

Keywords

Amparo Trial, environmental protection, jurisprudence.

Introducción

Nuestro país se ha caracterizado por sumarse a los compromisos internacionales en materia ambiental. Así, desde la Primera Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente, celebrada en Estocolmo, Suecia, en 1972, el Estado mexicano se adhirió a la agenda ambiental; sin embargo, debieron transcurrir casi tres décadas para que en 1999 se consolidara la primera reforma a la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (CPEUM), en la que se adicionó el párrafo quinto al artículo 4º para garantizar el derecho de toda persona a un medio ambiente adecuado para su desarrollo y bienestar.

Esta reforma, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 28 de junio de 1999, también incluyó cambios en el primer párrafo del artículo 25 constitucional, que estableció en concordancia la obligación del Estado de garantizar que el desarrollo nacional fuera integral y sustentable, dando así oportunidad a los ciudadanos de acudir al juicio de amparo como instrumento jurídico para obligar a las autoridades administrativas a adoptar las medidas necesarias para contar con tal derecho.

La reforma referida detonó el interés de personas físicas, organizaciones de la sociedad civil y sociedad en general para, a través del juicio de garantías, materializar el derecho a un medio ambiente adecuado. Empero, esta acción de control constitucional resultaba difícil, por no decir imposible, toda vez que la Ley de Amparo, Reglamentaria de los artículos 103 y 107 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 10 de enero de 1936, exigía que el quejoso acreditara indispensablemente el interés jurídico con que promovía el juicio, entendiéndose por este a la afectación directa de un derecho del cual era titular.

La transición de este requisito de procedibilidad en el juicio de amparo tardó más de una década, pues las reformas a nuestra Carta Magna se publicaron en el Diario Oficial de la Federación hasta el 6 y 10 de junio de 2011, para concretar la posibilidad de interponer el juicio de amparo por derechos difusos, como lo es la materia ambiental, bastando con acreditar el interés legítimo, ya sea por personas físicas en lo individual o mediante la acción colectiva.

Estas reformas constitucionales marcaron el inicio de la décima época en el Semanario Judicial de la Federación, a partir del 29 de agosto de 2011, cuando, de manera exponencial, la ciudadanía empezó a acudir al juicio de garantías con la finalidad de buscar el amparo y protección de la justicia federal para salvaguardar los derechos ambientales de los que aducían ser titulares. En ese mismo orden de ideas, los órganos jurisdiccionales, y en particular la Suprema Corte de Justicia de la Nación (SCJN), han sostenido un mayor número de jurisprudencias y tesis aisladas que permiten esclarecer los criterios de los juzgadores a partir de los casos concretos que son puestos a su conocimiento.

Lo anterior es así porque en materia ambiental la complejidad radica en detectar a los titulares de los derechos en atención, pues este derecho de tercera generación rompe el paradigma del interés jurídico e inserta el interés legítimo, como la situación especial, identificable y diferenciada del resto de la población, que guarda una persona o comunidad con el ecosistema o derecho que estima vulnerado.

Interés legítimo para acudir al amparo en materia ambiental

Al promover un juicio de amparo en materia ambiental, el principal reto para los quejosos o promoventes es acreditar el interés con que se promueve. En efecto, antes de la reforma a la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos del 6 de junio de 2011, cuando se reformaron los artículos 94, 103, 104 y 107, resultaba indispensable que el quejoso acreditara el interés jurídico con el que promovía; es decir, debía acreditar ante el Juez ser el titular de un derecho, lo que en materia ambiental requería forzosamente ser titular de un derecho personal o real para acudir al amparo, por ejemplo, ser propietario del predio en que se presumía se estaba materializando el daño ambiental, lo que limitaba en gran medida la posibilidad de que los ciudadanos pudieran exigir a las autoridades garantizar un medio ambiente sano para el desarrollo.

En ese sentido, cabe señalar que acreditar la titularidad de los recursos naturales o de los elementos de base, como el aire, el agua o el bosque, es complejo; esto se incrementa exponencialmente cuando se trata de los servicios ambientales —de apoyo, abastecimiento, regulación y culturales— que dichos recursos generan, como la captación de dióxido de carbono, captación y filtración de agua, mitigación de los efectos del cambio climático, generación de oxígeno, asimilación de diversos contaminantes y belleza escénica, por citar algunos ejemplos.

Las reformas constitucionales de 2011 facilitaron la posibilidad de acudir al juicio de garantías acreditando el interés legítimo, entendiéndose este como la situación jurídica identificable, surgida de la relación específica con el objeto de protección que alega, ya sea de carácter particular o derivado de una regulación sectorial o grupal, que le permite al quejoso hacer valer la afectación a su esfera jurídica, circunstancia que lo diferencia del resto de la población.

Resulta preciso distinguir entre el interés legítimo y el simple, ya que este último es insuficiente para acudir al juicio de garantías. Por ejemplo, un ciudadano del Estado de México carece de interés legítimo para interponer un juicio de amparo respecto de una obra que está ejecutándose en Chiapas. Lo anterior es así porque, aunque los ecosistemas y riqueza natural de esa entidad federativa pertenecen a todos los mexicanos, la Primera Sala de la Suprema Corte de Justicia de la Nación determinó que los quejosos deben acreditar que se benefician con dichos servicios ambientales o, en su caso, que les genera un perjuicio en su entorno inmediato tal afectación o daño ambiental.

En ese sentido, con el fin de dar claridad y hacer la distinción precisa entre el interés legítimo y el simple en materia ambiental, en diciembre

de 2018 la Primera Sala emitió dos tesis cuyos rubros son: “Interés legítimo para promover un juicio de amparo en materia ambiental” e “Interés legítimo para promover un juicio de amparo en materia ambiental. Obligación de los juzgadores en su análisis”. En dichas tesis se sostiene que la procedibilidad del juicio de amparo en materia ambiental depende de la especial situación que guarda la persona o comunidad con el ecosistema que se estima vulnerado, particularmente con los servicios ambientales que provee; por lo tanto, es necesario que los quejosos acrediten que se benefician con dichos servicios o, en su caso, que la acción u omisión les genera un perjuicio en su entorno inmediato.

Asimismo, en abril de 2022 la Primera Sala también emitió la jurisprudencia con el rubro “Juicio de amparo en materia ambiental. Uso del ‘entorno adyacente’ como criterio de identificación del interés legítimo para promoverlo por personas físicas”, en el que sostuvo que, para acreditar el interés legítimo de un individuo o un colectivo en un juicio de amparo, puede utilizarse el entorno adyacente, es decir, basta que demuestren ser vecinos o colindantes del ecosistema que estiman vulnerado.

Ahora bien, otro planteamiento importante para la acreditación del interés legítimo para interponer el juicio de garantías está relacionado con el tipo de persona que lo promueve, pues si bien la reforma de 2011 al artículo 107 constitucional previó la interposición del juicio de amparo de forma colectiva, es decir, que un grupo de personas en colectivo, ya sea por su condición de vecinos o por pertenecer al mismo sector, se unan para hacer valer sus derechos, la Constitución y la Ley de Amparo no especifican si esto debe realizarse a través de una figura jurídica colectiva o solo de forma conjunta, sin la protocolización de esa sociedad.

Llegados a este punto, hay que señalar que el derecho distingue entre las personas físicas y las jurídico colectivas, anteriormente denominadas “morales”, las cuales, por su intrínseca naturaleza al ser personas ideales, es decir, no corpóreas, no gozan de todos los derechos humanos o garantías previstas en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, como el derecho a la salud o al medio ambiente sano, porque su naturaleza no es compatible con tales derechos, aun cuando su objeto sea el fomento y protección a la salud pública o al medio ambiente, entre otros.

Al respecto, el Décimo Octavo Tribunal Colegiado del Primer Circuito en la Ciudad de México, en abril de 2021 sostuvo estas tres tesis aisladas: “Personas morales. Carecen de interés legítimo en el juicio de amparo para defender derechos fundamentales de los que carezcan, por no ser compatibles con su naturaleza” (2021), “Personas jurídicas. No son titulares de un derecho humano al medio ambiente sano y, por tanto, carecen de interés legítimo” (2021) y “Objeto social de una persona jurídica. No acredita el interés legítimo”, (2021). En estos criterios, el Tribunal Colegiado sostiene atinadamente que las personas jurídico colectivas, al interponer el juicio de amparo, no acreditan el interés legítimo en razón de su naturaleza ideal, aun cuando su objeto esté relacio-

nado con la protección del medio ambiente; por lo tanto, los miembros de dicha sociedad deberán interponer el juicio de garantías de forma colectiva como personas físicas, ejerciendo una acción conjunta, pero no a través de la persona jurídico colectiva, que está diferenciada de las personas físicas que la conforman; asimismo, la persona jurídico colectiva por sí misma no puede representar los intereses de las personas físicas que la integran, si no cuenta con el mandato para ello.

Amparo Ambiental a la luz de los principios de Prevención y Precaución

Recientemente, el 4 abril de 2022, se publicaron en el Semanario Judicial de la Federación cuatro jurisprudencias aprobadas por la Primera Sala de la Suprema Corte de Justicia de la Nación, las cuales resultan de observancia obligatoria y sus rubros son: “Principio de prevención en materia ambiental. Su relación y alcance con el deber de cuidar el medio ambiente regulado por el marco normativo convencional de la materia” (2022), “Derecho humano a un medio ambiente sano. El análisis de los servicios ambientales debe ser conforme al principio de precaución” (2022) y “Derecho humano a un medio ambiente sano. Diferencia entre los principios de prevención y de precaución” (2022), “Derecho humano a un medio ambiente sano. Por virtud del principio de precaución, resulta constitucional adoptar decisiones jurisdiccionales en situaciones que puedan producir riesgos ambientales, incluso ante la falta de certeza científica o técnica al respecto” (2022). En estas jurisprudencias se refuerza la obligatoriedad de los órganos jurisdiccionales federales de instruir a las autoridades administrativas que observen en todo momento los principios de prevención y precaución, los cuales, junto con el resto de los principios del derecho ambiental, fueron adoptados desde la Conferencia de Estocolmo, que, al haber sido suscrita por nuestro país, es de observancia obligatoria.

La aplicación del principio de prevención radica en la adopción de todas aquellas medidas destinadas a evitar un daño significativo al ambiente, para lo cual las autoridades deben evaluar adecuadamente los impactos ambientales, crear normas para prevenir, controlar y, en lo posible, mitigar la generación de emisiones contaminantes, contar con un régimen de responsabilidad ambiental y sancionar las conductas que atenten contra el medio ambiente.

Por su parte, el principio de precaución establece que la falta de pruebas científicas que reflejen puntualmente los “beneficios de la naturaleza” no puede ser motivo para considerar que cierto ecosistema no presta un servicio ambiental, o bien, que su beneficio no repercute en determinada persona o comunidad. El principio de precaución revierte la carga de la prueba hacia el agente contaminante para romper el paradigma del principio general del derecho, consistente en que “el que afirma un hecho tiene que probarlo”; lo anterior es así porque en materia ambiental no basta que la autoridad responsable o el tercero interesado nieguen el daño ambiental, sino que deberán acreditar que dicho daño no existe.

En atención a la trascendencia de la materia ambiental, la aplicación de los principios de prevención y precaución obliga a las autoridades o terceros interesados a probar que el acto reclamado no violenta la normatividad ambiental y, en consecuencia, no causa un daño inminente al medio ambiente; en ese sentido, el derecho ambiental viene a sumarse a los derechos sociales, como el laboral y agrario, puesto que en materia de Amparo otorga la carga de la prueba a los agentes presuntamente contaminantes en favor de los quejosos, quienes alegan que su derecho a un medio ambiente sano es vulnerado.

Así, el más alto tribunal de nuestro país sostiene que estos dos principios constituyen la columna vertebral y son rectores del derecho humano a un ambiente sano, sin menoscabar los otros principios, lo cual se traduce en que si los quejosos aducen que una obra, ya sea desarrollada por una autoridad administrativa o por particulares, pudiera ocasionar daños al ambiente, se otorguen de manera inmediata las suspensiones provisionales o definitivas para que sea paralizada y mantenga el estado que actualmente guarda. Asimismo, aunque las autoridades responsables o los terceros interesados aleguen que dichos actos reclamados no contravienen las disposiciones normativas en materia ambiental, la negación implicaría la reversión de la carga de prueba para el quejoso que afirma los hechos; esto no ocurre así porque, no obstante la negación del acto, se debe acreditar ante la autoridad jurisdiccional que los daños ambientales no existen o que se encuentran dentro de los parámetros previstos en las leyes aplicables.

Extensión de la protección constitucional ambiental a todos los órganos jurisdiccionales

En seguimiento a los planteamientos anteriores, cobra relevancia la tesis aislada publicada el 17 de junio de 2022, cuyo rubro es “Derecho humano a un medio ambiente sano. Los tribunales nacionales están obligados a proveer las medidas necesarias y pertinentes dentro de sus competencias para garantizarlo” (2022), pues la ejecución de medidas precautorias para lograr un ambiente sano no solo puede provenir de los órganos jurisdiccionales de protección constitucional, sino de todos los tribunales nacionales, con independencia de su especialización o fuero territorial, en atención a la relevancia de la materia ambiental.

En este escenario, podría darse una controversia del orden civil o mercantil en la que, con independencia de litigio sobre derechos reales, cualquiera de las partes pudiera aducir la necesidad de dictar medidas precautorias con el fin no solo de salvaguardar derechos reales, sino además los servicios ambientales que los predios ofrecen. Asimismo, ese criterio robustece la posibilidad de exigir a las autoridades administrativas que, sin importar el ordenamiento que las regula, adopten medidas favorables a la protección constitucional del medio ambiente, como en el caso materia de estudio en dicho criterio jurisprudencial, que fue la transición a los medios digitales con el fin de disminuir sustancialmente el uso de papel.

Conclusiones

El Juicio de Amparo sigue siendo el mecanismo más efectivo para salvaguardar los derechos humanos consagrados y reconocidos en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. A partir de la reforma constitucional de 2011 se abrió la posibilidad de que las personas, titulares de un derecho personal o real sobre su entorno adyacente acudan, bajo la figura del interés legítimo, ante los órganos jurisdiccionales competentes para solicitar el amparo y protección de la justicia federal, con el fin de salvaguardar y garantizar su derecho a un ambiente sano para su desarrollo y bienestar. Para tal efecto, es indispensable que los quejosos acrediten fehacientemente el interés legítimo; basta con comprobar que son vecinos del ecosistema que se estima vulnerado o beneficiarios de los servicios ambientales que este provee.

En el caso de los juicios de amparo colectivos, para su procedencia deberán promoverse por personas físicas de forma conjunta y representadas por conducto de una persona jurídico colectiva, ya que esta, por su naturaleza, al ser diferenciada de las personas físicas que la integran, no acredita por sí misma el interés con el que promueve. En el Juicio de Amparo en materia ambiental, los principios de prevención y precaución adoptados desde la Conferencia de Estocolmo son columna vertebral para la concesión de las medidas cautelares y de la resolución. Al revertir la carga de la prueba a la autoridad responsable, así como, en su caso, al tercero interesado, que resulta ser el agente contaminante, se obliga a este, con independencia de que niegue o afirme los daños ambientales, a demostrar al juez que su actividad no causa los daños que aduce el quejoso o, en su caso, que se encuentran controlados o dentro de los parámetros permisibles de las normas aplicables. Asimismo, bajo dichos principios, los jueces, ante la incertidumbre de si existen o no daños ambientales, otorgarán las medidas cautelares necesarias para que se mantengan las cosas en el estado que actualmente guardan, hasta que se resuelva en definitiva el asunto. Dicho criterio no solo deberá ser observado por los jueces de control constitucional, sino por todos los órganos jurisdiccionales, con independencia de la materia o fuero de su competencia.

En conclusión, considerando la experiencia de la administración pública en la defensa del medio ambiente, las últimas reformas constitucionales y criterios sostenidos por la Suprema Corte de Justicia de la Nación, permiten a la ciudadanía sumarse y participar de forma activa en el diseño de políticas públicas, con el fin de exigir a las autoridades competentes la instrumentación de los mecanismos idóneos para garantizar el medio ambiente sano y adecuado para el desarrollo de la sociedad toda, a través del Juicio de Amparo en materia ambiental, que rompe los paradigmas y principios de individualización, lo cual deriva en una protección constitucional que trasciende la esfera particular del quejoso, en beneficio de la colectividad.

Fuentes de consulta

- Congreso de la Unión. (10 de junio de 2011). Decreto por el que se modifica la denominación del Capítulo I del Título Primero y reforma diversos artículos de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Diario Oficial de la Federación. Recuperado de <https://cutt.ly/oBznril>
- Congreso de la Unión.(6 de junio de 2011). Decreto por el que se reforman, adicionan y derogan diversas disposiciones de los artículos 94, 103, 104 y 107 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Diario Oficial de la Federación. Recuperado de <https://cutt.ly/nBzbNXN>
- Congreso de la Unión. (28 de junio de 1999). Decreto por el que se declara la adición de un párrafo quinto al artículo 4º. Constitucional y se reforma el párrafo primero del artículo 25 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Diario Oficial de la Federación. Recuperado de <https://cutt.ly/tBzbzT1>
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (s. f.). Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano, 5 a 16 de junio de 1972, Estocolmo. Recuperado de <https://cutt.ly/C1hKRjz>
- Suprema Corte de Justicia de la Nación (SCJN). (abril de 2022). Tesis: 1a./J. 8/2022. Semanario Judicial de la Federación y su Gaceta, undécima época, libro 12, tomo II, 846. Reg. digital 2024385.
- SCJN. (abril de 2022). Tesis: 1a./J. 12/2022. Semanario Judicial de la Federación y su Gaceta, undécima época, libro 12, tomo II, 850. Reg. digital 2024395.
- SCJN. (abril de 2022). Tesis: 1a./J. 9/2022. Semanario Judicial de la Federación y su Gaceta, undécima época, libro 12, tomo II, 841. Reg. digital 2024375.
- SCJN. (abril de 2022). Tesis: 1a./J. 11/2022. Semanario Judicial de la Federación y su Gaceta, undécima época, libro 12, tomo II, 840. Reg. digital 2024374.
- SCJN. (abril de 2022). Tesis: 1a./J. 10/2022. Semanario Judicial de la Federación y su Gaceta, undécima época, libro 12, tomo II, 843. Reg. digital 2024376.
- SCJN. (junio de 2022). Tesis: I.3o.C.1 CS. Semanario Judicial de la Federación y su Gaceta, undécima época, libro 14. tomo VII, 6255.Reg. digital 2024838.
- SCJN. (abril de 2021). Tesis: I.18o.A.36 K. Semanario Judicial de la Federación y su Gaceta, décima época, libro 85, tomo III, 2208.Reg. digital 2023050.
- SCJN. (abril de 2021). Tesis: I.18o.A.39 K. Semanario Judicial de la Federación y su Gaceta, décima época, libro 85, tomo III, 2202.Reg. digital 2023046.
- SCJN. (abril de 2021). Tesis: I.18o.A. 42 K. Semanario Judicial de la Federación y su Gaceta, décima época, libro 85, tomo III,

2021.Reg. digital 2023017.

SCJN. (diciembre de 2018). Tesis: 1a. CCXCI/2018. Semanario Judicial de la Federación y su Gaceta, décima época, libro 61, tomo I, 335. Reg. digital 2018693.

SCJN. (diciembre de 2018). Tesis: 1a. CCXC/2018. Semanario Judicial de la Federación y su Gaceta, décima época, libro 61, tomo I, 335. Reg. digital 2018694.

Características de las políticas públicas efectivas de mitigación del cambio climático

Features of effective climate change mitigation policies

Alejandra Andrade Jardón*

Resumen

El presente trabajo parte de la premisa de que existen similitudes subyacentes entre políticas públicas efectivas sobre el cambio climático, mismas que pueden significar la razón de su efectividad. Por consiguiente, se ha analizado una selección de políticas públicas que han disminuido las emisiones de gases de efecto invernadero en China, Unión Europea, Estados Unidos y Noruega. Este ejercicio se considera una valiosa aportación para que los tomadores de decisiones adopten elementos de éxito en sus políticas públicas, de acuerdo con sus propios contextos.

Palabras clave

Políticas efectivas, transversalidad, control, investigación y desarrollo.

Abstract

This paper starts from the premise that there are underlying similarities between effective public policies on climate change. These may be the reason for their effectiveness. Therefore, an analysis has been made on a selection of public policies that have reduced greenhouse gas emissions in China, the European Union, the United States and Norway. This is considered a valuable contribution, so decision makers adopt elements of success in their policies, according to their own context.

Keywords

Effective policies, transversality, control, research and development.

* Licenciada en ciencias ambientales por la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMéx) y maestra en administración pública. Obtuvo la Presea "Ignacio Manuel Altamirano" en 2020.

Introducción

Diversas formas de acción climática se han desarrollado durante las últimas décadas, moldeando un nuevo paradigma sobre lo que la humanidad debe hacer y rehacer para garantizar a su descendencia un entorno sano y habitable. En el sector público, a pesar de un escepticismo menguante, algunos gobiernos no solo han reconocido el cambio climático como una amenaza, sino que también han desarrollado estrategias exitosas resultantes en la disminución de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), cuya presencia excesiva en la atmósfera es la causa comprobada del incremento de la temperatura promedio global, que intensifica los cambios en los patrones del clima.

Es preciso recalcar la gravedad del cambio climático. No solo se estima que su costo económico en este siglo podría ser hasta del 51% del Producto Interno Bruto (PIB) global (UCL, 2021), sino que se están perdiendo vidas humanas en olas de calor, incendios, ciclones, inundaciones, entre otros desastres naturales, además de aquellas a las que se les agotan los recursos mínimos necesarios para subsistir, como el agua y suelo fértil. Estamos por alcanzar tipping points, o puntos de inflexión, que, según alertan los científicos, son indicios de una reacción en cadena de catástrofes climáticas altamente difíciles de revertir. El derretimiento de la criosfera, es decir, la capa de hielo de la Antártida y Groenlandia, así como el deshielo del permafrost que libera grandes cantidades de reservas de carbono y metano, son ejemplos de ello (Hoegh-Guldberg et al., 2018).

Una vasta literatura, no solo de la comunidad científica, sino también de tratados y publicaciones gubernamentales, tales como planes y programas, narra lo que en teoría resulta efectivo para el combate del cambio climático. Sin embargo, una reducida, e incluso insuficiente, literatura describe la implementación de esta teoría y, más aún, los resultados. De este modo, la revisión de evidencia documental enfocada en resultados positivos de reducción de emisiones de GEI representa un valioso aporte al análisis y comprensión de las políticas públicas.

Así, el presente trabajo deriva de la pregunta de investigación: ¿cuáles son las características que tienen en común las políticas públicas efectivas de mitigación del cambio climático? Para ello se destina un apartado de resultados, donde se describen cuatro políticas públicas y sus principales logros; también, una sección de discusión, en la cual se desarrollan las características de valor, ejemplificadas a partir de las políticas públicas presentadas.

Metodología

La metodología empleada, a través de cuatro etapas, es la siguiente:

1. Selección de políticas públicas efectivas. A partir de una revisión inicial de la literatura, la atención se centró en las políticas públicas con antecedente histórico de su implementación, en un periodo dado y con

evidencia documental de sus resultados; además, su efectividad se considera por haber logrado reducir las emisiones de GEI. Como punto de partida se optó por el trabajo de Hanna Fekete et al. (2021), que es un concentrado de las directrices de mitigación del cambio climático exitosas, de 2007 a 2017. A pesar de que dicha investigación incluye proyecciones de una hipotética réplica de buenas políticas en el resto de los países del mundo, la obtención de información para este artículo se enfocó en los datos históricos y los indicadores de desempeño.

Más aún, la reducción a solo cuatro políticas públicas discutidas aquí se sujetó a la disponibilidad de información sobre ellas. Destaca el hecho de que también se aplicó un criterio de diversidad de sectores atendidos.

2. Análisis de cada política pública seleccionada. Se realizó una investigación documental sobre cada una, analizando sus elementos y procesos en la implementación.

3. Identificación de elementos de valor. Se reconocieron las características que denotan un aporte valioso a la política pública y su desarrollo, siendo incluso determinantes para los resultados positivos que se reportan.

4. Análisis y correlación de los elementos de valor entre la selección de políticas públicas. Se identificó la presencia de características en común entre las cuatro políticas públicas revisadas.

Resultados

Plan de Acción de la Estrategia de Desarrollo Energético (2014-2020) y los Planes Quinquenales Energéticos de China

El gobierno chino ha demostrado estar consciente de que, para lograr su seguridad energética, en medio de un rápido crecimiento y desarrollo económico, debe ampliar el uso de energías renovables. Por ello, el incremento histórico de 1% anual de generación de electricidad a partir de energías renovables, así como su porción de 25% de la demanda mundial de electricidad también generada así, de 2007 a 2017, reportados por Fekete et al. (2021), pueden ser explicados por las principales medidas de acción climática establecidas en documentos rectores como el Plan de Acción de la Estrategia de Desarrollo Energético (2014-2020) y los Planes Quinquenales Energéticos.

El éxito obtenido por el 11º Plan Quinquenal Energético (2006-2010) sentó las bases para metas más ambiciosas en torno a las energías renovables y, por ende, la disminución de GEI. Durante este periodo se hizo efectiva la Ley de Energía Renovable de 2005, reformada en 2009, por la cual se establecieron y expandieron mercados y se incrementó la comercialización y exportación de tecnologías de energía renovable. Esto a pesar de retos propios de la época, como el elevado costo de

desarrollo y uso de las mismas, así como su distribución desigual y la interrupción en los procesos de fabricación (Ming et al., 2012), que motivaron a China a trabajar en fortalecer su capacidad técnica de innovación tecnológica para integrar eficientemente la electricidad renovable en el mercado doméstico.

De hecho, el 12° Plan Quinquenal (2011-2015) contempló una serie de apoyos al mercado nacional, en forma de incentivos financieros; préstamos; subsidios, como el Programa de Subsidio BIPV y el Golden Sun; tarifas de alimentación que brindan a los productores de energía limpia acceso a la red, contratos a largo plazo y precios de compra garantizados; uso de energía solar en la agricultura; fomento a la inversión extranjera directa en la fabricación de innovaciones y la participación de empresas en el mercado, impulsada por los propios municipios. Todo esto desencadenó un auge no solo de las energías limpias, sino de la investigación y desarrollo (I&D), a la cual se le debe, considerablemente, la reducción de costos en la fabricación de paneles solares e innovaciones en el procesamiento del silicio y el ensamblaje de las células, por ejemplo (AIE, 2022).

Durante el 13° Plan Quinquenal (2016-2020) continuó el fomento a la inversión en I&D, además de que el gobierno chino fortaleció la estrategia de innovación tecnológica a través del establecimiento de laboratorios de investigación; incentivos para que las empresas crearan sus propios laboratorios (AIE, 2022) y apertura de “zonas de demostración para la innovación en la implementación de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible” (Wang et al., 2020).

Por su lado, el Plan de Acción de la Estrategia de Desarrollo Energético (PAEDE 2014-2020) estableció topes a las energías fósiles. En primer lugar, contempló para 2020 un límite al consumo anual de energía primaria en 4 mil 800 millones de toneladas equivalentes de dióxido de carbono (MTCO₂e) (140,676.48 petajoules/PJ). Para entender mejor esta cantidad como una meta ambiciosa para China, pensemos en el segundo país en la lista de mayor consumo anual de energía primaria, Estados Unidos, que en 2021 alcanzó 102 mil 690.27 PJ (EIA, 2022).

En segundo lugar, el consumo anual exclusivo de carbón se limitó a 4 mil 200 millones de toneladas (123,091.92 PJ), es decir, un 16.3% de margen mayor a los 3 mil 600 millones de toneladas del año anterior, 2013 (Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment, s. f.). Este objetivo en específico es fácil de alcanzar, no solo por la ampliación del margen, sino también por las cifras reales de consumo. De acuerdo con la Agencia Internacional de Energía (AIE, 2021a), China es el mayor consumidor de carbón en el mundo desde 2011, con 56% del total global, o de 87,638 PJ a 2020; es decir, el límite de 123,091.92 PJ es un margen bastante amplio. Sin embargo, no se resta mérito a una reducción interanual récord de 3,388.2 PJ en 2016.

Además, en 2015 China obtuvo el primer lugar del mundo en capacidad instalada acumulada de energía eólica, la cual ha aumentado exponencialmente desde 2009, siendo 1/3 de la global, con 129.34 gi-

gavatios/GW. De la misma manera, obtuvo el primer lugar del mundo en capacidad instalada acumulada de energía solar, 43.18 GW, 1/5 del global total, con un incremento de casi 74% durante 2014 (China Dialogue, 2016).

Asimismo, las energías renovables ganaron terreno gracias al cierre definitivo de las existentes, viejas e ineficientes centrales eléctricas alimentadas por carbón y la cancelación de algunos planes para construir nuevas (Fekete et al., 2021).

Régimen de Comercio de Derechos de Emisión de la Unión Europea

De entre la gama de instrumentos económicos y de mercado existentes, el comercio de bonos de carbono o permisos de emisión ha probado su efectividad en la reducción de emisiones de GEI, contribuyendo a la mitigación del cambio climático porque fomenta la adaptación de los emisores para controlar, modificar o compensar sus actividades contaminantes de producción.

Conforme a lo reportado por el Parlamento Europeo (2022), la Unión Europea (UE) disminuyó, entre 2005 y 2020, un 40% las emisiones de sus centrales eléctricas y fábricas, rebasando su meta inicial de 23 por ciento. A la fecha, se mantiene el patrón de disminución, el cual inspiró su más reciente meta de Net Zero o neutralidad de carbono para 2050. El Régimen de Comercio de Derechos de Emisión de la UE (RCDE UE) resulta, pues, un mecanismo valioso para lograr el balance cero, en el cual se genera la misma cantidad de emisiones que se retira de la atmósfera.

El régimen sigue el principio cap and trade o tope y comercio, en el que el total de las emisiones de GEI de sectores seleccionados está limitado por un máximo de derechos de emisión, que disminuye cada determinado periodo. Un derecho de emisión permite liberar a la atmósfera una tonelada de dióxido de carbono o la cantidad equivalente de otros GEI; las empresas pagan por los derechos y, a su vez, los pueden comercializar si cuentan con un excedente.

El RCDE UE inició en 2005 y ya se han concluido tres fases basadas en los compromisos asumidos en el Protocolo de Kioto y en las características descritas en la tabla 1. Cabe resaltar que, a pesar de que los precios se mantuvieron bajos, lo cual puede ser preocupante, al suponer que las empresas ni siquiera se molestarán en cumplir, esto no afectó la reducción de emisiones (Bayer y Aklin, 2020).

Tabla 1. Características de las fases del RCDE UE

	Primera fase (2005-2007)	Segunda fase (2008-2012)	Tercera fase (2013-2020)
Fuentes de emisiones	CO ₂ de generadores de electricidad (por combustión, refinarias) e industrias con alto consumo energético (metalurgia, mineral, papel y cartón).	Se incorporaron las emisiones de óxido nítrico (N ₂ O) de la fabricación de ácido nítrico y del sector de la aviación desde 2012.	Se incluyeron más gases, como perfluorocarbonos, y otros sectores.

Derechos de emisión	Casi la totalidad se entregó gratuitamente a las empresas.	Varios países subastaron y las empresas pudieron comprar créditos internacionales por un total de mil 400 millones de toneladas equivalentes de CO ₂ .	Un tope único de emisiones aplicable para toda la UE.
Sanción por incumplimiento (por tonelada)	40 euros.	100 euros.	100 euros, incrementando conforme al Índice de Precios al Consumo Armonizado (IPCA) europeo.
Oferta y demanda	Se establecieron topes nacionales con base en estimaciones, por lo que la oferta de permisos superó la demanda. Al terminar la fase, el precio de un permiso era de cero.	Los topes se redujeron 6.5%, al haber un registro más preciso de las emisiones. Sin embargo, la crisis económica de 2008 provocó una contracción en las emisiones, lo que derivó en un superávit de permisos y se mantuvo el precio bajo.	Se conservaron 300 millones de permisos en la Reserva de Nuevos Entrantes, lo cual ajustó la oferta-demanda y permitió financiar innovación y proyectos de captura de carbono.
Monitoreo y verificación	Se instaló la infraestructura necesaria para notificar y verificar las emisiones.	Se creó el Registro de la Unión para registros nacionales, titularidad de los permisos de emisión y transacciones.	Se determinaron normas para los permisos gratuitos y requisitos de informes obligatorios.

Fuentes: Comisión Europea (s. f.) y Oficina Española de Cambio Climático (2021).

Programa Gas Natural STAR de la EPA de Estados Unidos

Medidas coercitivas, como las ya expuestas sobre la Unión Europea, son tan necesarias como las no coercitivas, pues una vez reconocidos los riesgos de la crisis climática ante una falta de cambio en nuestros sistemas, es también posible incrementar la acción colectiva a través de mecanismos que favorezcan la reducción de emisiones de manera voluntaria. Sin ser vinculante, el Programa Gas Natural STAR de la Agencia de Protección Ambiental (EPA, por sus siglas en inglés) de Estados Unidos es muestra de ello.

Este esfuerzo del gobierno estadounidense busca fortalecer las capacidades tecnológicas del sector privado, por lo cual la EPA invita a empresas con operaciones de petróleo y gas natural a convertirse en socios del programa, y así implementar tecnologías y prácticas que disminuyan las emisiones del principal gas de efecto invernadero: el metano (CH₄).

El metano es un potente gas de efecto invernadero, cuyas emisiones, según el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), se dispararon mientras las de CO₂ disminuyeron, debido al confinamiento implementado por la pandemia por COVID-19 en 2020. Dado que “su poder de calentamiento es más de 80 veces mayor que el CO₂” (PNUMA, 2021), reducir sus emisiones tiene un impacto a corto plazo en la lucha contra el cambio climático, pues tarda aproximadamente una década en descomponerse en la atmósfera, en tanto que el CO₂ necesita hasta miles de años.

De acuerdo con la AIE (2021b), 40% de las emisiones de metano del petróleo y gas corresponde a la producción de petróleo, y el 60% restante a las fugas en la cadena de valor del gas natural. En específico, las operaciones de upstream —exploración, perforación, extracción y procesamiento— representan más de ¾ partes del total. En Estados Unidos, 54% de las emisiones de metano provienen del sector energético y son precisamente las actividades upstream del petróleo y gas, en mar y en tierra, las principales causantes.

A lo largo de la cadena de valor se producen emisiones, algunas intencionales y otras por fugas. Las principales emisiones de metano en Estados Unidos corresponden a las “ventiladas”, que son intencionales, por razones de seguridad o requerimientos operativos, como la ventilación de una tubería para dar mantenimiento. Una solución consiste en la adopción de prácticas y tecnologías “técnicamente factibles”, que a su vez abaratarán costos, como la detección y reparación de fugas, apearse a estándares de equipamiento y limitar la quema y ventilación, excepto en casos de emergencia (AIE, 2021b).

Así pues, desde su lanzamiento en 1993 y hasta 2017, la red de socios del Programa Gas Natural STAR empleó 151 prácticas y tecnologías en la cadena de valor, que redujeron 720,263,916.27 toneladas equivalentes de dióxido de carbono (EPA, 2021). Esto equivale a retirar de las calles 155,194,713 vehículos a gasolina por un año (EPA, 2022).

Paquete de incentivos para los vehículos de emisión cero en Noruega

En Noruega, en tan solo nueve años, la participación en el mercado de autos eléctricos e híbridos pasó de 0.3% en 2010 a 56% en 2019 (Fekete et al., 2021). La razón fue un paquete de incentivos que incrementó considerablemente el atractivo de autos que, en países como México, son inalcanzables para la mayoría de la población por su elevado precio.

En contraste, en Noruega la mayoría de los autos eléctricos son más baratos que los que ocupan gasolina. Por ejemplo, el Volkswagen e-Golf cuesta 33,286 euros, contra el Golf a gasolina de 34,076 euros. Este último incluye impuestos a GEI, como el dióxido de carbono y óxidos de nitrógeno (Norsk Elbilforening, 2021). Si casi 800 euros no son suficiente razón para preferir adquirir el e-Golf, sí lo debe ser el ahorro indiscutible en su mantenimiento, que va de 106 a 279 euros anuales, dependiendo la marca (Fernández, 2021).

La estrategia es clara: no a las prohibiciones, sí a persuadir, convirtiendo la opción sustentable en la más atractiva económicamente. Desde 1990, con la exención del impuesto a la compra e importación de vehículos eléctricos, se ha fortalecido un sistema de impuestos e incentivos, como se ve en la tabla 2. Los autos que más contaminen pagan más, permitiendo inclusive que de este ingreso se amortice lo correspondiente a los incentivos.

Por otra parte, el gobierno noruego se aseguró de que existiera la infraestructura necesaria para dar atención al incremento de los vehículos eléctricos. En 2015 estaban disponibles siete mil puntos de carga en mil 800 estaciones (Nørbech, 2015).

Tabla 2. Incentivos del gobierno noruego a vehículos eléctricos, aplicados antes de 2019

Incentivo	Periodo de aplicación
Sin impuesto a la compra e importación	A partir de 1990
Exención de 25% del IVA en la compra	A partir de 2001
Sin impuesto anual de circulación	1996-2021
Sin cobro en las autopistas de peaje	1997-2017
Descuento máximo de 50% del importe total en las autopistas de peaje	A partir de 2018
Sin cobro en las tarifas de los ferris	2009-2017
Descuento máximo de 50% del importe total de las tarifas de los ferris para los vehículos eléctricos	A partir de 2018
Aparcamiento municipal gratuito	1999-2017
Acceso a los carriles de autobús	A partir de 2005
Autoridades locales pueden limitar el acceso a los carriles de autobús solo a los vehículos eléctricos con uno o más pasajeros	A partir de 2016
Reducción de 50% del impuesto sobre vehículos de empresas	2000-2018
Reducción de 40% del impuesto sobre vehículos de empresas	A partir de 2018
Exención de 25% del IVA en arrendamiento	A partir de 2015

Fuentes: Norsk Elbilforening (2021) y Fluchs y Kasperk (2017).

Discusión

La efectividad de una política pública de cualquier índole depende de múltiples factores, tales como la realidad social, económica y política del territorio, así como de su planeación, implementación y seguimiento. En cuanto a estrategias ambientales, el reto para los tomadores de decisiones se vuelve mayor, dada la complejidad de los sistemas naturales. Sin embargo, en lo que concierne al cambio climático, el principal remedio es conciso: disminuir la emisión de gases de efecto invernadero derivada de actividades antropocéntricas. Y si bien cualquier esfuerzo que tenga esto como fin máximo resulta provechoso, es indiscutible que es casi imposible formular y ejecutar políticas públicas libres de falla.

En este escenario, el análisis de las que han resultado exitosas permite rescatar lo favorable y aprender de los errores para adaptarlas a nuestros contextos. De manera que, a continuación, se ahonda en tres características identificadas en las políticas públicas discutidas.

Transversalidad

El primer punto en común es la transversalidad, es decir, la aplicación de estrategias en distintos sectores para atender todas las vertientes del problema. El cambio climático afecta cada aspecto de la vida humana, desde sus causas, como la emisión a la atmósfera de contaminantes que afectan la salud, hasta sus efectos, como la pérdida de cultivos por las inclemencias del clima. Es por ello que políticas públicas que busquen mitigar la compleja problemática deben aplicarse desde diferentes frentes, con una mezcla de políticas o policy mix (Sosa-Nunez, 2016; Krogstrup y Oman, 2019; Rogelj, Shindell y Jiang, 2018).

En efecto, de acuerdo con el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) (Rogelj, Shindell y Jiang, 2018), las estrategias más encaminadas a mantener a raya el aumento de 2 °C de la temperatura media global incluyen una mezcla de “congruentes” políticas públicas, que van desde lo fiscal hasta la tecnológico, pasando por el uso de suelo y transporte.

Así, en nuestra selección de políticas públicas se evidenció el entendimiento de las autoridades sobre las diversas esferas involucradas en el cumplimiento de sus objetivos, ya sea que de la política pública derivaran otras, aplicables a otros sectores, o que fuera parte de una estrategia transversal mayor.

La necesidad de poner un límite al consumo total de carbón en China se vinculó directamente con la contaminación atmosférica y la mala calidad de aire, que implica un aumento en las enfermedades respiratorias. En las regiones centro y oriente, con alto consumo de carbón, se concentró la peor calidad de aire (Yang, 2013). Para cumplir con lo estipulado en el PAEDE (2014-2020), esto es, reducir el consumo total en las regiones Beijing-Tianjin-Hebei-Shandong, y deltas de los ríos Yangtze y Pearl, con el Plan de Acción de Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica se implementó un plan de trabajo para controlar el uso de carbón en las 10 ciudades con la peor calidad de aire.

Esto se logró con una reducción del consumo de 4.9% durante el 12° Plan Quinquenal, con respecto al 11° (Comisión Nacional de Desarrollo y Reforma de China, 2016).

De manera similar, el Régimen de Comercio de Derechos de Emisión de la UE se creó con la esencia de un sistema del que derivaron instituciones, normas e instrumentos secundarios, como las subastas y los créditos internacionales. Este sistema forma parte de un paquete legislativo transversal de acción climática en los países miembro, en el cual se orienta a los programas a una acción sólida y coordinada, sin contraponerse. Más aún, se estableció que todos los ingresos del Régimen se utilicen para la acción climática y brindar apoyo a los afectados por la transición energética, como sucede con el Fondo para el Clima (Parlamento Europeo, 2022).

Los policy package, o paquetes de políticas públicas, han mostrado avances más rápido que las políticas individuales (Fekete et al., 2021; Krieglner et al., 2018). Que Noruega posea el primer lugar mundial en la lista de la participación de autos eléctricos en el mercado no habría sucedido con solo reducir un impuesto. Aquí no aplica el “menos es más”; al contrario, un paquete de más de 10 incentivos y los que se agreguen en años recientes multiplican el efecto deseado.

Por su parte, el Programa Gas Natural STAR se aseguró de incluir en su estrategia todos los elementos que integran las operaciones de petróleo y gas. Es decir, para cada eslabón de la cadena de valor, el programa ofrece una propuesta de cambio, lo cual también representa transversalidad.

Control

La segunda característica de las cuatro políticas públicas efectivas es que todas incorporan el control, a través del cual se reúne información sobre los resultados para así evaluar, comparar con las metas establecidas y, en su caso, ejercer acciones correctivas de mejora (Velázquez, s. f.).

Los Planes Quinquenales de China se basaban en los resultados del plan previo. Para formularlos, “los responsables chinos aprovechan las enseñanzas de los anteriores y recogen información de diversos expertos, funcionarios, académicos y niveles subnacionales de gobierno”. De hecho, a la mitad del plan en curso, una evaluación favorece la actualización de prioridades y la preparación del siguiente (Koleski, 2017).

En el RCDE UE, desde 2004 se establecieron lineamientos para el monitoreo y reporte de las emisiones de GEI, que se enmendaron al finalizar la primera fase en 2007 y posteriormente cada año, adaptándose a los requerimientos del sistema, del mercado y tratados internacionales como el Protocolo de Kioto y el Acuerdo de París. En consecuencia, los reportes anuales de emisiones suministrados por las empresas son corroborados y validados por verificadores independientes acreditados (Comisión Europea, s. f.).

Además, la aplicación puntual de sanciones a los emisores que no

cumplen con las regulaciones asegura el adecuado funcionamiento del RCDE UE. No solo los acreedores a multas son exhibidos en informes disponibles al público, sino que, entre sanciones civiles y la cuota por tonelada, el costo por incumplir puede llegar a ser considerable. En 2017, la multa más alta fue de más de 344,000 libras esterlinas, impuesta a un emisor por no proporcionar los derechos de emisión correspondientes (Lavington y Tilling, 2017), mismos que, a pesar de ser pagada la sanción, deberán ser adquiridos y entregados (Parlamento Europeo, 2003).

El Programa Gas Natural STAR reconoce el valor de los informes anuales presentados voluntariamente por sus socios, donde se documentan las acciones de reducción de emisiones de metano. Para ello se cuenta con un reporte individual que resume el registro histórico de los logros de cada empresa, el cual se comparte entre la red de socios para intercambiar experiencias y aprendizaje.

En cuanto al paquete de incentivos a vehículos eléctricos, al término del periodo establecido para su aplicación se revisaban sus impactos y se tomaban determinaciones sobre su continuidad. Algunos incentivos se mantenían, pero con ajustes, otros se eliminaban y las condiciones de otros se pasaban a cargo de los gobiernos locales. Es un ejemplo claro de control y rectificación.

Fomento a la investigación y desarrollo (I&D)

Ya sea por medio de un fomento directo con inversión y estímulos, como en el caso de China, o de manera indirecta, como la Unión Europea, establecer normas a cumplir a través de nuevas tecnologías e impulsar la investigación y desarrollo por parte del gobierno es esencial para una inaplazable transición energética.

Así, tal como reporta la Agencia Internacional de Energía (2022), China se convirtió en líder manufacturero de tecnologías energéticas, como los sistemas fotovoltaicos, las turbinas de energía eólica y las baterías para vehículos eléctricos. Esto a partir de cuatro principales factores para la creación de innovación tecnológica: 1) impulso de recursos provenientes de financiamiento público, del sector empresarial y capital de riesgo; 2) gestión del conocimiento, con fomento del capital humano, impulsado por colaboraciones entre redes de universidades y centros de investigación nacionales e internacionales, además de reformas a regímenes de propiedad intelectual; 3) atracción del mercado, a partir de la creación de mercados y una cultura innovadora en la industria; y 4) apoyo sociopolítico a través de instituciones gubernamentales, como el Ministerio de Ciencia y Tecnología y la Comisión Nacional de Energía, que rigen sus actividades por directrices políticas de alto nivel, como los Planes Quinquenales.

Las regulaciones establecidas por el RCDE UE detonaron las actividades corporativas de I&D a gran escala, pues quedó claro que los emisores debían encontrar la manera de reducir sus emisiones o pagar. En consecuencia, se incrementó mucho la investigación, desarrollo y

demostración de tecnologías, principalmente de captura de carbono (Rogge et al., 2010), al igual que el financiamiento privado y público, como el Fondo de Innovación (Comisión Europea, s. f.).

En el Programa Gas Natural STAR, una vez reportadas las actividades de innovación, la EPA facilita talleres de transferencia tecnológica y aplicación para asistir a sus socios en la adopción de nuevas prácticas. Asimismo, se cuenta con una base de datos, disponible al público, de tecnologías puntuales recomendadas por miembros, sobre las que se comparte un amplio análisis técnico, económico y ambiental, pues han sido implementadas previamente (EPA, 2021).

Teniendo como eje principal el fomento de vehículos de cero emisión, Noruega ha ampliado la inversión y financiamiento a la I&D, concentrándose en las especificaciones de la batería, el ruido, emisiones, fiabilidad y diseño de los autos (Bjerkkan et al., 2016). Ello obedece a que había que sobrepasar los obstáculos que enfrentaban los vehículos eléctricos como tecnología nueva, para penetrar en el mercado (Fluchs y Kasperk, 2017).

Conclusión

Son bastantes los motivos por los cuales no prosperan las buenas intenciones plasmadas en políticas públicas, y son también un tema digno de un análisis específico. Sin embargo, es oportuno prestar mayor atención a las acciones gubernamentales que han mostrado su efectividad en la mitigación del cambio climático, especialmente considerando la premura con que la crisis climática exige actuar.

A pesar de las disparidades entre ideologías, formas de gobierno, economías y culturas alrededor de las cuales se crean políticas públicas, resulta imperativo encontrar puntos de coincidencia para enfrentar una problemática transfronteriza, como lo es el cambio climático. Por fortuna, de entre una gama de acciones climáticas se ha logrado identificar en las políticas públicas presentadas elementos compartidos de valor que han sido determinantes para su efectiva implementación.

Dado que las políticas públicas de mitigación requieren incorporar a la solución los diferentes aspectos del complejo cambio climático, la transversalidad aplicada en los cuatro casos combinó estrategias aptas para atender las necesidades de los sectores involucrados. Ello demandó una estricta coordinación entre el gobierno federal, principal promotor de la política pública, y el resto de los niveles de gobierno.

Las cuatro políticas públicas llevaron a cabo un estricto registro de información que permitió dar seguimiento puntual a los primeros años de desarrollo. Al establecer cierta periodicidad para la evaluación y replanteamiento de las medidas emprendidas, los gobiernos ejercieron control con base en resultados previos.

La innovación tecnológica es clave en todas las propuestas de mitigación del cambio climático. Sin ella, la modificación de prácticas nocivas insostenibles no sería posible. De ahí que los cuatro gobiernos hayan cumplido con impulsar, de manera directa o indirecta, la investigación y

desarrollo de soluciones tecnológicas.

Por otro lado, es preciso destacar que las investigaciones complementarias resultan pertinentes, pues hay información adicional que no se pudo incluir aquí para poder acotar el objeto de estudio. En tal caso están los estudios sobre las políticas públicas de países con un rápido crecimiento del uso de energías asequibles, como Dinamarca, Marruecos, Filipinas, Chile, Colombia (CCPI, 2021) o Costa Rica, este último con su atinada estrategia de áreas naturales protegidas. También es necesaria una actualización de los resultados más recientes de los cuatro casos analizados, así como los de políticas públicas de gobiernos subnacionales, de los cuales debe ampliarse la información disponible.

Fuentes de consulta

- Agencia Internacional de Energía (AIE). (2022). Tracking Clean Energy Innovation. Focus on China. Recuperado de <https://cutt.ly/5BzUumL>
- Agencia Internacional de Energía (AIE). (2021a). Coal Information: Overview: Consumption. Recuperado de <https://cutt.ly/VBzY2Um>
- AIE. (2021b). Methane Emissions from Oil and Gas: Tracking Report. Recuperado de <https://www.iea.org/reports/methane-emissions-from-oil-and-gas>
- Bayer, P. y Aklın, M. (2020). The European Union Emissions Trading System reduced CO₂ emissions despite low prices. Proceedings of the National Academy of Sciences, 117(16), 8804-8812. Recuperado de <https://cutt.ly/k1zUpNe>
- Bjerkan, K. Y., Nørbech, T. E. y Nørdtomme, M. E. (2016). Incentives for promoting Battery Electric Vehicle (BEV) adoption in Norway. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 43, 169-180. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.trd.2015.12.002>
- China Dialogue. (2016). Climate, energy and China's 13th Five-Year Plan in graphics. China Dialogue. Recuperado de <https://cutt.ly/EBzUhl1>
- Climate Change Performance Index (CCPI). (2021). The Climate Change Performance Index 2022: Results. German Watch. Recuperado de <https://www.germanwatch.org/en/21110>
- Comisión Europea. (s. f.). Régimen de comercio de derechos de emisión de la UE (RCDE UE). Climate Action. Recuperado de <https://cutt.ly/U1zDrNA>
- Comisión Nacional de Desarrollo y Reforma de China. (2016). China's Policies and Actions for Addressing Climate Change. Recuperado de <https://cutt.ly/xBzUPWb>
- Fekete, H., Kuramochi, T., Roelfsema, M., Den Elzen, M., Forsell, N., Höhne, N., Luna, L., Hans, F., Sterl, S., Olivier, J., Van Soest, H., Frank, S. y Gusti, M. (2021). A review of successful climate change mitigation policies in major emitting economies and the potential of global replication. Renewable and Sustainable

- Energy Reviews, 137. Recuperado de <https://cutt.ly/X1zaxe4>
- Fernández, S. (2021). ¿Es realmente más barato el mantenimiento de un coche eléctrico? Hacemos los números. Xataka. Recuperado de <https://cutt.ly/CBzllZK>
- Fluchs, S. y Kasperk, G. (2017). The Influence of Government Incentives on Electric Vehicle Adoption: Cross-national Comparison. Joint Discussion Paper Series in Economics by the Universities of Aachen, Gießen, Göttingen Kassel, Marburg, Siegen.
- Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment. (s. f.). Energy Development Strategy Action Plan (2014-2020). Recuperado de <https://cutt.ly/qBzImdB>
- Hoegh-Guldberg, O. et al. (2018). Impacts of 1.5 °C Global Warming on Natural and Human Systems. Reino Unido: Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) y Cambridge University Press. Recuperado de <https://cutt.ly/J1IMtMp>
- Koleski, K. (2017). U.S.-China Economic and Security Review Commission. Staff Research Report. The 13th Five-Year Plan. Recuperado de <https://cutt.ly/4BzUncS>
- Kriegler, E. et al. (2018). Short term policies to keep the door open for Paris climate goals. Environmental Research Letters, 13. Recuperado de <https://cutt.ly/hBzIUZy>
- Krogstrup, S. y Oman, W. (2019). Macroeconomic and financial policies for climate change mitigation: A review of the literature. Danmarks Nationalbank Working Papers, 140. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10419/227858>
- Lavington, S. y Tilling, S. (2017). Six-figure penalties for non-compliance with climate change regulations. Burges Salmon. Recuperado de <https://cutt.ly/bBzI9bw>
- Ming, Z., Chunquan, L., Mingjuan, M., Lilin, P., Binjie, Y., Na, L. y Song, X. (2012). Renewable Energy Development Thrives During China's 12th Five-Year Plan. Power. Recuperado de <https://cutt.ly/HBzI545>
- Nørbech, T. E. (2015). Norway-EV incentives in and beyond the first phase of market introduction. Recuperado de <https://cutt.ly/TBzOe5p>
- Norsk Elbilforening. (2021). Norwegian EV policy. Recuperado de <https://cutt.ly/bBzOyBp>
- Oficina Española de Cambio Climático. (2021). Régimen de Comercio de Derechos de Emisión de la UE (RCDE UE). Recuperado de https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/comercio-de-derechos-de-emision/folleto_rcdeue_tcm30-533107.pdf
- Parlamento Europeo. (2022). Progreso de la UE hacia sus objetivos de cambio climático para 2020 (infografía). Noticias. Recuperado de <https://cutt.ly/OBzOHXI>

- Parlamento Europeo. (2003). Directiva 2003/87/CE del Parlamento Europeo y del Consejo. Recuperado de <https://cutt.ly/iBzla0z>
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). (2021). Las emisiones de metano están acelerando el cambio climático. ¿Cómo podemos reducirlas? Recuperado de <https://cutt.ly/kBzOLEC>
- Rogelj, J., Shindell, D. y Jiang, K. (coords.) (2018). Mitigation Pathways Compatible with 1.5°C in the Context of Sustainable Development. Recuperado de <https://cutt.ly/r1z9uAT>
- Rogge, K. S., Schneider, M. y Hoffmann, V. H. (2010). The innovation impact of EU emission trading: findings of company case studies in the German power sector. Recuperado de <https://cutt.ly/IBzOVdN>
- Sosa-Nunez, G. (2016). Transversal Environmental Policies. E-International Relations. Recuperado de <https://cutt.ly/wBzJCir>
- U. S. Energy Information Administration (EIA). (2022). U. S. Energy facts explained. Recuperado de <https://cutt.ly/XBzYNFq>
- United States Environmental Protection Agency (EPA). (2022). Green house Gas Equivalencies Calculator. Energy and the Environment. Recuperado de <https://cutt.ly/uBzJ5P1>
- EPA. (2021). Natural Gas STAR Program. Recuperado de <https://cutt.ly/dBzJ2Di>
- University College London (UCL). (2021). Economic cost of climate change could be six times higher than previously thought. UCL News. Recuperado de <https://cutt.ly/GBzKrlM>
- Velázquez, F. (s. f.). El enfoque de sistemas y de contingencias aplicado al proceso administrativo. Colombia: Universidad ICESI.
- Wang, Y., Yuan, J. y Lu, Y. (2020). Constructing demonstration zones to promote the implementation of Sustainable Development Goals. *Geography and Sustainability* 1(1), 18-24. Recuperado de <https://cutt.ly/s1zci3b>
- Yang, J. (2013). Air Pollution and Total Coal Consumption Control. Recuperado de <https://cutt.ly/KBzKfxk>

Experiencias como directora de Medio Ambiente en
Nicolás Romero, Estado de México
*Experiences as Environment Director at Nicolas
Romero, State of Mexico*

Blanca Estela Chávez Sandoval*

En el presente artículo comparto mi experiencia como directora de Medio Ambiente en Nicolás Romero, Estado de México, durante 2019; resalto la participación femenina en la política pública del municipio. Nicolás Romero cuenta con aproximadamente 35% de áreas verdes, por lo que la Dirección de Medio Ambiente tiene que colaborar de forma muy estrecha con ejidatarios y comuneros. También destaco la importancia de los logros obtenidos para el uso sostenible de los recursos naturales y la mitigación del cambio climático, desde mi perspectiva como participante en la administración pública.

Palabras clave

Dirección de Medio Ambiente, Nicolás Romero, administración pública, cambio climático, equidad de género.

Abstract

In this article I present my experience as director of Environment in Nicolas Romero, State of Mexico, in the year of 2019, highlighting female participation in the public policy of municipality. Nicolas Romero has approximately 35% of green areas, so from the environment Department is necessary to collaborate very closely with shareholder of common lands. Also emphasize the importance of the achievements obtained for the sustainable use of natural resources and the mitigation of climate change, from my perspective, as an actor in the public administration.

Keywords

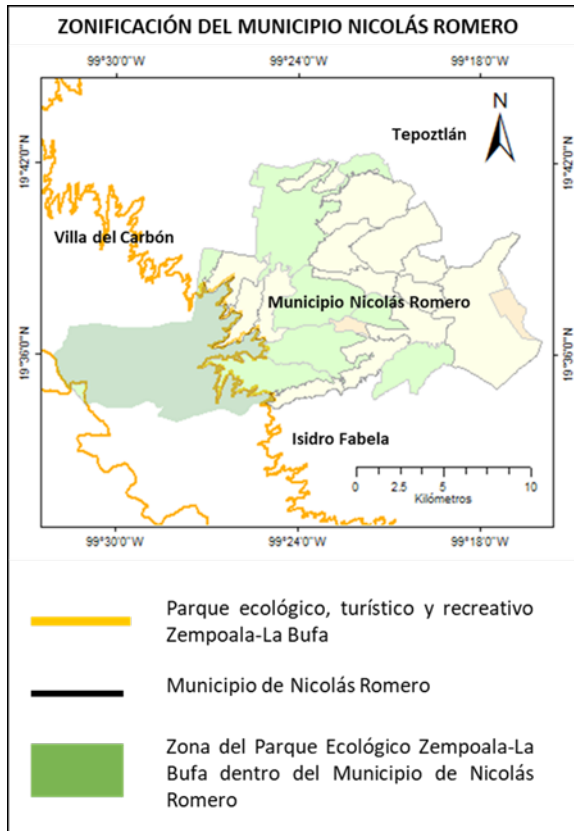
Environment Department, Nicolas Romero, public administration, climate change, gender equality.

* Docente en la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional (ENCB-IPN). Correo electrónico: <blanchavez29@gmail.com>.

Introducción

El municipio de Nicolás Romero lleva este nombre para honrar la memoria del coronel Nicolás Romero, quien participó en la llamada Guerra de Reforma al lado de las fuerzas juaristas; se ubica en la región noroeste del Estado de México, en el extremo occidental de la cuenca de México; en las coordenadas geográficas extremas $19^{\circ}42'19''\text{N}$, $99^{\circ}32'25''\text{W}$ y $19^{\circ}33'47''\text{N}$, $99^{\circ}15'56''\text{W}$. Limita al norte con Villa del Carbón y Tepoztlán; al sur con Atizapán de Zaragoza e Isidro Fabela; al este con Cuautitlán Izcalli; y al oeste con Jiquipilco y Temoaya (IEEM, 2015). Cuenta con 233.51 km^2 de superficie total (H. Ayuntamiento de Nicolás Romero 2019-2021), de la cual aproximadamente 35% son áreas verdes, y tiene incluso un parque ecológico, turístico y recreativo, el Zempoala-La Bufa, denominado Parque Otomí-Mexica —ver figura 1—.

Figura 1. Mapa de ubicación de Nicolás Romero y zonificación del área correspondiente al Parque Otomí-Mexica



Fuente: elaboración propia.

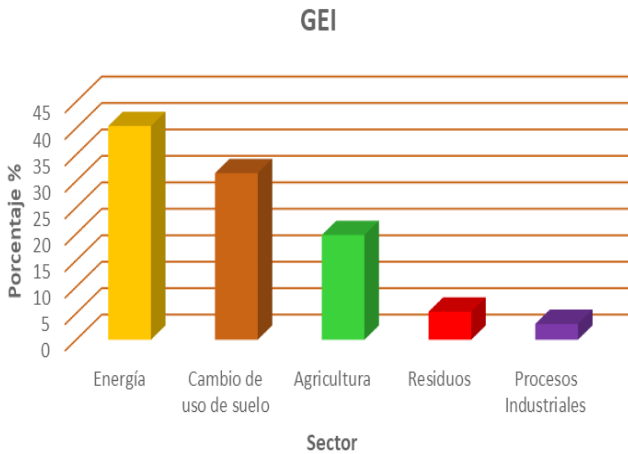
Mitigación del cambio climático

Actualmente estamos viviendo alteraciones meteorológicas significativas debido al cambio climático originado por el aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) de diferentes sectores, como el energético, agricultura, cambio de uso de suelo y silvicultura, residuos, procesos industriales, entre otros —gráfica 1—. La evolución y estructura de las emisiones en América Latina y el Caribe muestran que los GEI provenientes de energía representan 40.4%; 19.8% corresponden a la agricultura; 31.5% son del cambio de uso de suelo y silvicultura; 5.3% son de residuos y 3% de procesos industriales (CEPAL, 2015).

A nivel mundial se ha reportado un incremento de la temperatura media global de 0.85 °C, respecto al periodo de 1880 a 2012 —de 0.65 °C a 1.06 °C—. De continuar sin acciones para modificar las emisiones de GEI, las proyecciones climáticas medias para este siglo sugieren un aumento en la temperatura en un rango de entre 1 °C y 3.7 °C para el año 2100 (CEPAL, 2014).

Estos datos son lamentables porque el cambio climático afecta de manera significativa los patrones de precipitación, generando una gran incertidumbre en su proyección y mucha heterogeneidad regional, pues lo mismo se observan áreas con fuertes precipitaciones que otras con sequía severa (CEPAL, 2015). Esta situación ya se vive en México, en cuya región norte hay sequía y falta de agua potable para la población.

Gráfica 1. Porcentaje de emisiones de GEI en América Latina y el Caribe

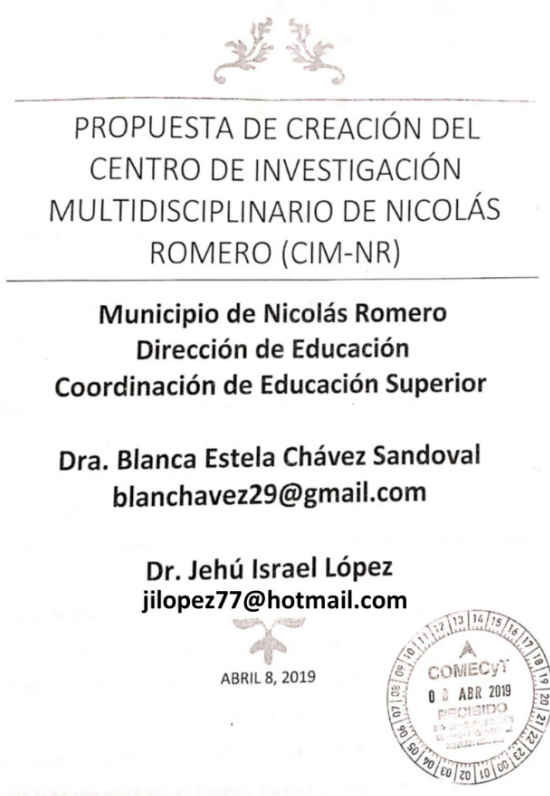


Fuente: elaboración propia, con base en CEPAL (2015).

Acceso a la Administración Pública

En el verano de 2018, una vez que se dio a conocer que el proyecto de Andrés Manuel López Obrador había arrasado en las elecciones federales del domingo 1 de julio de ese año, me invitaron a participar con un grupo de personas para conformar la Dirección de Educación en el municipio de Nicolás Romero. El 1 de enero de 2019 ingresamos a laborar y se me encargó la Coordinación de Educación Superior, desde donde impulsamos convenios con la Universidad Tecnológica “Fidel Velázquez” (UTFV) y el 8 de abril de 2019 se solicitó al Consejo Mexiquense de Ciencia y Tecnología (Comecyt) presupuesto para la creación de un Centro de Investigación Multidisciplinario en Nicolás Romero (CIM-NR) —ver figura 2—.

Figura 2. Solicitud entregada al Comecyt para la creación del CIM-NR



Fuente: elaboración propia.

Sin embargo, en la Dirección de Medio Ambiente se requería un biólogo que se certificara ante el Instituto Hacendario del Estado de México (IHAEM), y me invitaron a ocupar ese puesto. El 10 de mayo de 2019 tomé protesta como directora de Medio Ambiente del municipio de Nicolás Romero, según el acuerdo 008/15/OR/2019, de la decimoquinta sesión ordinaria de cabildo. Me certifiqué en “Administración de las acciones para la protección y preservación del medio ambiente, biodiversidad y el desarrollo sostenible” ante el IHAEM, el 7 de noviembre de 2019, con folio AAPyPMABYDS-023-2019, y el 7 de noviembre de 2022, con el número de acuerdo GDC/ORD/VI/ AC006/11/2019, hice lo propio ante la Comisión Certificadora de Competencia Laboral de los Servidores Públicos del Estado de México (Cocertem).

Logros, actualidad y perspectivas para el uso sostenible de los recursos naturales en Nicolás Romero

Como directora de Medio Ambiente, obtener el certificado de competencia laboral ante el IHAEM fue muy enriquecedor, ya que conocí a colegas de todos los municipios del Estado de México y coincidimos en que se deben implementar proyectos en coordinación, para el manejo adecuado de nuestros recursos naturales —ver figura 3—.

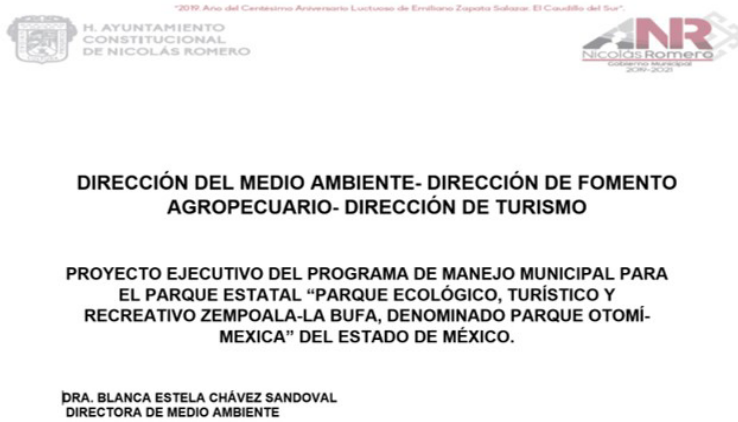
Figura 3. Imágenes del proceso de certificación ante el IHAEM



Fuente: elaboración propia.

También inicié trámites con las direcciones de Fomento Agropecuario y de Turismo para, en conjunto, solicitar al Gobierno del Estado de México el manejo sustentable del Parque Ecológico, Turístico y Recreativo Zempoala-La Bufa, denominado parque Otomí-Mexica, y en la dependencia a mi cargo desarrollamos el proyecto ejecutivo —ver figura 4—.

Figura 4. Carátula del proyecto ejecutivo del programa de manejo municipal para el Parque Zempoala-La Bufa



Fuente: Chávez (2019).

Reuniones con ejidatarios y comuneros

En coordinación con la Dirección de Fomento Agropecuario y la Protectora de Bosques del Estado de México (Probosque), se realizaron diversas reuniones tanto en el municipio como en los ejidos y áreas comunes, para organizar y promover un plan de trabajo que priorizara el manejo sustentable de los recursos naturales con que contamos, pues, por ejemplo, ejidatarios y comuneros tienen aprovechamiento de truchas (*Oncorhynchus mykiss*) y se pueden realizar diferentes actividades ecoturísticas y de educación ambiental en la zona boscosa —ver figura 5—.

Figura 5. Reuniones con ejidatarios y comuneros de Nicolás Romero



Fuente: elaboración propia.

Curso de capacitación para incorporar UMA

Como parte de las reuniones con ejidatarios y comuneros, se concluyó que es muy importante crear Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMA) de las especies que hay en Nicolás Romero y que se encuentran en peligro de extinción o tienen poblaciones muy disminuidas, como es el caso del ajolote (*Ambystoma sp.*). Por ello, la dirección a mi cargo gestionó que personal de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat) acudiera a nuestro municipio e impartiera un curso de capacitación para el registro o renovación de UMA —ver figura 6—.

Figura 6. Curso de capacitación para el registro o renovación de UMA con personal de Semarnat



Fuente: elaboración propia.

El ajolote (*Ambystoma sp.*) en Nicolás Romero

A partir de la capacitación de Semarnat, los ejidatarios y comuneros que ya se dedicaban a cultivar truchas, vieron la importancia de preservar nuestras especies endémicas, desarrollando e implementando estrategias para la recuperación de aquellas en riesgo, vinculadas con los programas de manejo de Áreas Naturales Protegidas (ANP), con base en el programa de acción para la conservación de las especies *Ambystoma spp.* (Semarnat y Conanp, 2018). En consecuencia, se interesaron mucho en registrar una UMA de ajolote (*Ambystoma sp.*), toda vez que ya cuentan con infraestructura acuícola y hay ejemplares en la zona. Para ello organizamos con comuneros una visita para observar a los ajolotes en Quinto Barrio, ejido de Cahuacán, donde encontramos dos especies. Enviamos fotografías a la Facultad de Estudios Superio-

res Iztacala, de la Universidad Nacional Autónoma de México (FES-I, UNAM), y después de estudiar sus características se nos informó que pertenecen a las especies *Ambystoma granulosum*, en peligro crítico de extinción, y *Ambystoma altamirani*, en peligro de extinción.

En la figura 7 se muestran los ajolotes encontrados en la zona boscosa de Nicolás Romero.

Figura 7. Dos especies de ajolotes observados en la zona boscosa de Nicolás Romero



Fuente: elaboración propia.

Incursión en Quinto Barrio de Cahuacán, Nicolás Romero, para erradicar actividades ilegales de deforestación

Un tema de gran relevancia que tiene muy preocupados a los ejidatarios y comuneros de Nicolás Romero, así como a las autoridades de todos los niveles de gobierno, es el de la tala ilegal.

Si bien el municipio cuenta con aprovechamientos aprobados por Probosque, hay diversos inconvenientes en cuanto a si se deja el tiempo suficiente de recuperación del bosque, las plagas en los árboles por microorganismos y escarabajos descortezadores, así como las actividades ilegales de deforestación.

No debemos olvidar, además, que el bosque provee de agua en calidad y cantidad al municipio, y que al estar ubicado a aproximadamente 16 km de la Ciudad de México, constituye un pulmón importante para la buena calidad del aire en el Valle de México y Zona Metropolitana.

Por ello, desde la Dirección de Medio Ambiente se visitó el área conocida como Pilitas y Doña Juana, en Quinto Barrio de Cahuacán, para documentar la magnitud del problema.

Nos encontramos con una amplia zona de actividades ilegales de deforestación: troncos talados sin las marcas de Probosque; espacios de reforestación con ejemplares jóvenes que fueron arrasados para ingresar a las áreas con árboles más grandes; dos camiones cargados,

con placas de Michoacán, que fueron confiscados por las autoridades competentes. Tuvimos el apoyo de los cuerpos de policía municipal y estatal, e incluso llegó el Ejército mexicano.

Las imágenes de la figura 8 hablan por sí solas; es urgente la participación coordinada de autoridades de los distintos niveles de gobierno, para erradicar esta problemática.

Figura 8. Tala ilegal en Pilitas y Doña Juana, Quinto Barrio de Cahuacán, Nicolás Romero



Fuente: elaboración propia.

Estas experiencias son solo algunas de las muchas que viví. Habría que añadir la firma de la Agenda 2030; el festejo del Día Mundial del Medio Ambiente en 2019; las reuniones con regidores y médicos del municipio para regularizar los hospitales, farmacias y consultorios, entre otras. Lo más gratificante ha sido que los habitantes del municipio, ejidatarios y comuneros, reconocieron que los apoyé para eliminar las actividades ilegales de deforestación, un tema muy serio que funcionarios anteriores no salieron de su oficina a enfrentar; además, que fuera yo, una mujer, quien los acompañó siempre en lo concerniente al cuidado y uso sostenible del bosque.

Conclusiones

- La certificación en la norma institucional “Administración de las acciones para la protección y preservación del medio ambiente, biodiversidad y el desarrollo sostenible”, ante el IHAEM, me permitió

tener una visión mucho más amplia de lo que significa estar al frente de una dirección en la administración pública; también conocer a colegas, algunos de los cuales incluso son ahora buenos amigos.

- El acceso a la administración pública en un municipio con gran rezago educativo, aún con una evidente cultura machista e incluso autoritaria, me transformó en una mejor persona; hoy apoyo más a mis vecinos y sé que desde mi gestión se logró avanzar para disminuir la brecha de género.
- Estoy gratamente sorprendida por las especies de ajolote que logramos observar y describir. Espero sinceramente que se concreten los proyectos de UMA y que Nicolás Romero sea un referente por sus especies endémicas y en peligro de extinción y por la protección que se les brinda.
- La mitigación del cambio climático en Nicolás Romero depende de varias estrategias; por ejemplo: impulsar una economía incluyente y que se desarrollen fuentes de empleo en la localidad para que los habitantes no se trasladen a la Ciudad de México; la implementación y registro ante Semarnat de UMA de ajolote; mejorar y ampliar las vías de acceso al municipio; abrir espacios recreativos ecoturísticos y de educación ambiental; construir nuevos centros educativos de nivel medio superior y superior, así como hospitales de alto nivel; dar continuidad a la fundación del CIM-NR ante Comecyt, entre otras acciones para la conservación y el uso sustentable de nuestro ecosistema de montaña.
- La erradicación de las actividades ilegales de deforestación es un gran reto. La tala ilegal es un grave problema por resolver si queremos disminuir la pérdida de biodiversidad y asegurar los servicios ambientales que brinda el bosque tanto a Nicolás Romero como a los municipios limítrofes y a la Ciudad de México, ya que los ecosistemas de montaña son especialmente vulnerables frente al cambio climático.

Agradecimientos

Agradezco infinitamente a todas las personas que directa o indirectamente participaron para que se me diera la oportunidad de ser directora de Medio Ambiente en el municipio de Nicolás Romero. A todas las personas que durante mi gestión me apoyaron y creyeron en mí, como el Dr. Óscar Jiménez González, el C. P. Sergio Figueroa y el Lic. Armando Navarrete López.

También agradezco a la Ing. Lucero Guadalupe Silva Mancilla y a la Mtra. Alejandra Andrade Jardón, por la invitación para escribir estas experiencias que sinceramente espero sirvan a la comunidad.

Fuentes de consulta

Chávez, B. E. (2019). Proyecto ejecutivo del Programa de Manejo Municipal para el Parque Estatal "Parque Ecológico, Turístico y Recreativo Zempoala-La Bufa, denominado

- Parque Otomí-Mexica” del Estado de México. Nicolás Romero, Estado de México: Dirección de Medio Ambiente.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2015). Estudios de cambio climático en América Latina y el Caribe. Santiago, Chile: Naciones Unidas.
- CEPAL. (2014). La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe. Paradojas y desafíos del desarrollo sostenible. Santiago, Chile: Naciones Unidas.
- Instituto Electoral del Estado de México (IEEM). (2015). Nicolás Romero. Plataforma Electoral Municipal 2016-2018. Recuperado de <https://cutt.ly/wBQXuU0>
- H. Ayuntamiento de Nicolás Romero 2019-2021. (5 de febrero de 2020). Bando municipal de Nicolás Romero, Estado de México. Recuperado de <https://cutt.ly/nBQXrsU>
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat) y Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (Conanp). (2018). Programa de acción para la conservación de las especies: *Ambystoma* spp. Recuperado de <https://cutt.ly/nbqxpaq>

La sustentabilidad en la transformación digital de la
administración pública
*Sustainability in digital transformation of public
administration*

Elizabeth Toriz García*
Marcelino Aparicio Ponce**
J. Manuel Díaz Toriz**

Resumen

La transformación digital es una nueva realidad que trasciende al mundo físico y virtual; ya venía cambiando a gran velocidad y la pandemia la precipitó, logrando, como en una película de ciencia ficción, el movimiento acelerado en el tiempo. Así, las demandas y necesidades que se esperaban en los próximos cinco o 10 años ocurrieron en meses. En la administración pública se manifestó la necesidad de otorgar servicios que favorecieran el distanciamiento social y la no movilidad de la ciudadanía. El mundo está conectado digitalmente, lo que conduce a un aumento considerable en el número de usuarios de dispositivos electrónicos, creando una era de “infobesidad” que hace consumir cada vez más energía, lo cual no contribuye a la sustentabilidad.

El propósito de esta investigación es proponer un marco de competencias para fructificar el potencial de los empleados inmersos en una administración pública digital y fortalecer su compromiso con la sustentabilidad.

Palabras clave

Transformación digital, administración pública, principios de sustentabilidad, servidor público, innovación, energías de baja aportación de carbono.

* Profesora-investigadora en el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Campus Estado de México. Correo electrónico: <etoriz@tec.mx>.

** Presidente de la Sociedad Interactiva de Capacitación y Educación para el Desarrollo Sustentable. Correo electrónico: <marceaparicio4@gmail.com>.

*** Coordinador de proyectos de la Sociedad Interactiva de Capacitación y Educación para el Desarrollo Sustentable. Correo electrónico: <manueldiaztoriz@gmail.com>.

Abstract

Digital transformation is a new reality that transcends the physical and virtual world. It had already been changing at great speed and the pandemic precipitated it, achieving, as in a science fiction movie, the movement accelerated in time. Thus, the demands and needs that were expected in the next five or ten years, occurred in months. In the public administration, the need to provide services that favor social distancing and the non-mobility of citizens was expressed. The world is digitally connected which leads to a considerable increase in the number of users of electronic devices, creating an era of "infobesity", which consumes more and more energy, which does not contribute to sustainability.

The purpose of this research is to propose a competency framework to fulfill the potential of employees immersed in a digital public administration and strengthen their commitment to sustainability.

Keywords

Digital transformation, public administration, principles of sustainability, public servant, innovation.

Introducción

La transformación digital es una nueva realidad que trasciende al mundo físico y virtual. El resultado es un contexto que venía cambiando a gran velocidad y que la crisis del COVID-19 precipitó, logrando, como en una película de ciencia ficción, el movimiento acelerado en el tiempo. Así, las demandas y necesidades que se esperaban en los próximos cinco o 10 años han ocurrido en unos meses.

Con respecto a la administración pública, la pandemia puso de manifiesto la necesidad imperante de contar con mecanismos para otorgar servicios eficientes a distancia, que favorezcan el distanciamiento social y la no movilidad de la ciudadanía, para lo cual, la aplicación de mecanismos electrónicos como los de e-gobierno es fundamental.

El COVID-19 también ha evidenciado que la naturaleza está interconectada con los desafíos que enfrentamos como humanidad y que la tecnología es crucial para encararlos, para lo cual se recomienda la cooperación digital, así como cambios tecnológicos en la carrera hacia el desarrollo sostenible. Internet es un bien público mundial poderoso y esencial que requiere el mayor nivel posible de trabajo internacional conjunto; sin embargo, están faltando esos pilares fundamentales, de modo que el reto es enorme.

La tecnología digital es vital para casi todos los aspectos de la respuesta a la pandemia, desde las investigaciones para desarrollar una vacuna hasta los modelos de aprendizaje en línea, pasando por la administración pública, el comercio electrónico y las herramientas que permiten a cientos de millones de personas interactuar desde casa, lo cual ha conducido a un aumento considerable en el número de usuarios de dispositivos electrónicos, creando una era de "infobesidad" que hace consumir cada vez más energía y nos aleja de la sustentabilidad.

Un estudio realizado en la Hamilton McMaster University asegura que en los últimos 50 años ha crecido 600% el consumo de energía de los aparatos eléctricos, incluidos servidores, computadoras y dispositivos móviles inteligentes. El correo electrónico es el mayor consumidor, pero ha sido superado actualmente por el uso de plataformas para impartir educación y capacitación, así como para proporcionar diversos servicios.

Para poder intercambiar información en internet se usan los llamados data center, que son enormes hangares donde hay miles de computadoras conectadas las 24 horas. Ocupan un espacio equivalente a 10 campos de fútbol y consumen tanta energía como una ciudad de 250 mil personas. Durante la contingencia se construyeron más en el mundo para tener mayor conectividad, lo cual representa una gran fuente de contaminación si no se implementan de manera sustentable.

Realizar una búsqueda en Google emite de cinco a siete gramos de dióxido de carbono (CO₂); enviar un simple correo electrónico emite 10, y con un archivo adjunto de 1 MB se llega a 19 gramos de CO₂. Entre los materiales con extracción contaminante y la obsolescencia programada, la fabricación de los dispositivos digitales tiene un costo ambiental muy elevado; para producir un ordenador se requieren materiales equivalentes a aproximadamente 16 veces su peso y 60 millones de toneladas de cámaras digitales se tiran cada año con solo un 5% de reciclado. Estos datos indican que hay un problema.

La “contaminación latente” se debe en gran parte al almacenamiento de correos electrónicos, que es una de las principales formas de contaminación digital. La situación se agrava si consideramos que la conexión digital se robusteció en los últimos meses debido al confinamiento por la pandemia, lo que aumentó en 70% los usuarios de teléfonos móviles, 47% los de laptops, 33% los de PC o computadoras de escritorio y 32% los de Smart TV.

Con excepción de la región de África Central, actualmente el mundo tiene más celulares que seres humanos: alrededor de dos por cada habitante.

Este incremento implica mayor contaminación: la que generan los usuarios de redes físicas, con 50%, así como la de los denominados data center y las redes, cada una con 25 por ciento.

Más de 90% de las conexiones a internet pasan a través de cables que no solo van por tierra, pues miles de kilómetros están bajo el mar y requieren mantenimiento. Cuando se envía un correo electrónico, este encuentra un data center que despacha la información y la entrega al destinatario, gastando lo equivalente a 25 minutos de un foco de 60 watts. Cada persona envía en promedio 30 correos al día y recibe hasta 50, lo que equivale, en un año, al consumo de energía de un auto al recorrer mil kilómetros.

En esta vorágine informativa, lo que más genera tráfico son los videos en vivo, que ocupan 80% de toda la energía que se usa para la conectividad.

Por gusto o por necesidad, la humanidad se ha hecho adicta a internet, lo cual nos conduce a una intoxicación digital muy alejada de la sustentabilidad. El impacto negativo de las tecnologías digitales en el medio ambiente todavía es poco conocido por la gente.

Cuando se interactúa en una red social o se compra un espacio de almacenamiento en la nube, no se reflexiona acerca de lo que le cuesta al planeta, por lo que se requiere accionar la sustentabilidad digital.

La complejidad y la trascendencia de los cambios que genera el uso de las tecnologías digitales demandan una profunda revisión conceptual para entender el significado real de la “transformación digital de la administración pública” y qué perfil de competencias se requiere a partir de este proceso. Para ello se realiza esta investigación, con el objetivo de proponer un marco de competencias para fructificar el potencial de los empleados inmersos en una administración pública digital y fortalecer su compromiso con la sustentabilidad.

El propósito final es coadyuvar en la formación de cada servidor público de una institución, para que tenga conciencia respecto al cuidado y manejo sustentable de las plataformas digitales y los dispositivos electrónicos, y que sea capaz de actuar propositivamente para abatir la contaminación digital, ante los desafíos que nos presenta la nueva realidad.

Surgen así las siguientes preguntas de investigación: ¿cómo contamina internet el medio ambiente? ¿Qué es y cómo afecta la contaminación digital? ¿Los usuarios están conscientes de este tipo de contaminación? ¿Es la desinformación el origen de esta contaminación? ¿Es factible inducir acciones a favor del desarrollo sostenible? ¿Se puede generar un cambio en los hábitos de uso del internet y los dispositivos electrónicos? ¿Es posible fomentar en los servidores públicos una visión más completa del manejo adecuado de internet y de los dispositivos?

Marco teórico

La transformación digital

En la actualidad se habla reiteradamente acerca de que el mundo se encuentra en plena revolución tecnológica y que atraviesa otro momento histórico, tal como sucedió con el nacimiento y desarrollo de la Revolución Industrial. Lo cierto es que internet ha cambiado todo, desde la forma de concebir las organizaciones hasta el entorno, la relación entre los ciudadanos y los usos y costumbres; impacta de lleno en la dinámica con clientes y proveedores, y en la gestión de los procesos productivos. Esto denota la existencia de un hito relevante que marcará la historia de la evolución humana.

Desde hace tiempo, Solís, Li y Szymanski (2014) afirmaban que la transformación digital se estaba convirtiendo rápidamente en una prioridad para muchas organizaciones. Un estudio de Brown (2015) muestra una preocupación entre los directivos por entender y aprovechar las oportunidades del nuevo entorno digital. De acuerdo con Almaraz

(2016), 65% de ejecutivos encuestados afirma que la incorporación de las tecnologías big data está entre sus prioridades.

Por su parte, Wang (2014) indica que una de las características de este proceso de cambio es que se está acelerando.

Fenwick y Gill (2014) sostienen que ningún sector es inmune al cambio producido por la digitalización y que en muchos casos este puede ser disruptivo, es decir, puede modificar radicalmente el paisaje del sector o incluso hacerlo desaparecer. Para Taddeo (2020), la administración pública está entre los ámbitos afectados.

Westermann, Bonnet y McAfee (2014) definen la transformación digital de una organización como el uso de las tecnologías digitales para mejorar radicalmente su rendimiento y alcance.

De su lado, Peña y Cabezas (2015) la consideran un proceso necesario de profundo cambio tecnológico y cultural que toda organización debe poner en marcha para estar a la altura de sus clientes. Una definición muy general es el proceso de cambio tecnológico y organizativo inducido en las instituciones por el desarrollo de los instrumentos digitales.

Duparc (2013) afirma que la verdadera transformación digital se consigue cuando la organización completa asume la importancia de contar con una cultura digital y la hace suya a todos los niveles. Por su parte, Almaraz y Max (2016) indican que no es un problema de tecnología, sino de personas y estructuras organizativas adoptando un nuevo modelo de gestión.

Es una realidad que la tecnología es omnipresente en la resolución de los problemas contemporáneos y representa la forma más eficiente de escalar una respuesta a ellos, debido a que permite alcanzar a millones de personas de manera simultánea; sin embargo, se sabe que emite más contaminación que el transporte aéreo, así que nos enfrentamos un tema de responsabilidad. Por ello es muy relevante poseer la filosofía de que la transformación digital debe ir de la mano con la sustentabilidad y vinculada con los Objetivos del Desarrollo Sustentable (ODS) de la Organización de las Naciones Unidas (ONU).

Con el propósito de emplear de modo responsable, óptimo y sustentable la tecnología, surge el término de sustentabilidad digital, que es una disciplina para estudiar y evaluar el impacto ambiental en los ecosistemas que vinculan a los seres humanos con la tecnología digital, para mitigar los efectos negativos que conlleva su uso. En tal marco nace también esta investigación.

Hipótesis

Si se incorporan tecnologías digitales al proceso de la administración pública es posible que el participante, al estar especialmente inmerso en el entorno de aprendizaje, adquiera competencias disciplinares y transversales, genere mayor conciencia orientada hacia el uso sustentable del internet y sea capaz de proponer soluciones ante los desafíos que significa este reto.

Metodología

Para definir el significado del proceso de transformación digital de la administración pública y sus implicaciones respecto al perfil competencial del empleado público y su compromiso con la sustentabilidad, se realizó este estudio de carácter mixto y exploratorio en dos fases: una de revisión narrativa e integradora de la literatura y otra consistente en la investigación cualitativa basada en entrevistas a agentes clave vinculados con la transformación analizada.

Desde la perspectiva de la revisión integradora y narrativa, la metodología a seguir en este estudio comprende los siguientes pasos:

1. Revisión profunda de la literatura en el ámbito de la administración pública y la tecnología. Búsqueda de información publicada en revistas arbitradas en los últimos 10 años.
2. Análisis de las bases de datos Web of Science, Scopus y Google Scholar, limitando la búsqueda a las primeras 20 páginas de resultados, en apego a las indicaciones de Haddaway et al. (2015).
3. Revisión de la literatura.
4. Documentar la información obtenida incluyendo análisis de casos para determinar agentes clave de la administración pública.
5. Propuesta de marco de competencias.
6. Conclusiones.

Análisis de la información obtenida

Transformación digital en la administración pública: una nueva era

Diferentes criterios (Góngora, 2015; Corvalán, 2017) tienden a comparar la revolución digital con la Revolución Industrial. La consideran un proceso rápido e inexorable al que ningún país, sector económico u organización puede evitar adaptarse. La transformación digital ya no es una estrategia de futuro, pues ofrece una ventaja competitiva que puede no ser solo conveniente sino imprescindible para la supervivencia (Pardo, 2011; Carretero, 2017); no es un objetivo, pero sí una necesidad, debido a la fuerza y velocidad con que ha entrado y se ha adueñado de los seres humanos.

Las administraciones públicas no están exentas ni al margen de la trascendencia y efectos de esta revolución; de hecho, el surgimiento y penetración de internet les ha llevado a que puedan y deban transformarse. Así, las organizaciones públicas deben modificar su estructura y funcionamiento para adaptarse al entorno digital, no solo con la implementación de tecnología, sino con la reinención y el cambio cultural que incidan en los procesos, procedimientos, hábitos y comportamientos de instituciones y personas, para mejorar su capacidad de enfrentar los retos de los nuevos tiempos.

Mientras la transformación digital en el sector empresarial busca potenciar elementos como la competitividad o el mercado, en la administración pública promueve la integración de la sociedad y la participación ciudadana. No se habla de administrado ni de cliente ni de usuario, sino

de sujetos con derechos que forman parte de una organización.

De acuerdo con Morejón (2019), el gobierno electrónico consta de cuatro etapas: presencia de los organismos gubernamentales en sitios web con información útil para la población; interacción entre la administración pública, el gobierno y el pueblo; transacciones donde se usen los pagos electrónicos para trámites y servicios; y transformación, que incluye la participación del pueblo en la construcción de las políticas públicas y en la gestión.

En la actualidad, se han dado algunos pasos importantes, pero aún queda camino por recorrer, principalmente en lo que atañe al factor humano que presta los servicios. Esta es una de las piezas clave de la transformación digital; cualquier proyecto de digitalización que no tenga en cuenta las necesidades de quienes la ejecutan y atienda únicamente a las posibilidades que ofrece la tecnología, corre un alto riesgo de fracasar.

La transformación digital del puesto de trabajo favorece la aparición de distintos escenarios tecnológicos y formas de hacer las cosas. Para la administración pública supone también la indudable oportunidad de implantar un nuevo modelo cultural en el que se consoliden valores tan importantes como la agilidad y la transparencia, y que esta imagen sea, además, percibida y valorada por la sociedad a través no solo de otro modelo de atención al ciudadano, sino de una conceptualización diferente de las oficinas y espacios físicos y, por ende, de una renovada cultura organizacional.

La Carta Iberoamericana de Gobierno Electrónico (CLAD, 2007) establece que la preparación de los ciudadanos y servidores públicos para la transformación de la cultura social es fundamental para una más rápida implantación del gobierno electrónico y de la sociedad de la información y el conocimiento. En ese sentido, la infoalfabetización debe estimular el acceso, participación y utilización de las tecnologías de la información y la comunicación (Munuera, 2016).

Para conseguir esta transformación, las administraciones públicas, además de adquirir la tecnología necesaria, deben capacitar al personal y modificar la cultura organizacional. Para ello es indispensable formar o reclutar gente con las habilidades y capacidades técnicas necesarias para desarrollar y gestionar los servicios digitales. Determinados puestos de trabajo deben evolucionar con el tiempo y adaptarse a los nuevos formatos digitales.

De la transformación digital de la administración pública a las competencias del empleado público

Mergel et al. (2019) ven la transformación digital como el esfuerzo global de observar los procesos y servicios prestados por la administración, más allá de la digitalización. Ello implica un continuo cambio de lo analógico a lo digital, gracias a un análisis de las necesidades de los usuarios, las políticas y los procesos, lo cual propicia una revisión completa de los actuales servicios digitales y la creación de nuevos.

Es decir, una auténtica reinención de la administración para amplificar algunos de sus valores definitorios, como eficiencia, transparencia, rendición de cuentas, confianza y legitimidad.

En definitiva, como defienden Pittaway y Montazemi (2020), en el transcurso de la transformación digital se rediseñan los procesos organizativos fundamentales de la institución, se reemplazan las tecnologías obsoletas por otras más actuales, se desarrollan nuevas destrezas y se introducen maneras de trabajar que acaban modificando sustancialmente el funcionamiento de la propia institución.

Barcevičius et al. (2019) señalan tres efectos de la aplicación de tecnologías digitales emergentes en la gestión pública: en primer lugar, más eficiencia y productividad que pueden contribuir a la reducción de costes operativos, la focalización de los empleados públicos en tareas esenciales e importantes y la prestación del servicio más rápida y barata; en segundo lugar, efectividad y mejoras en la calidad —predicciones más precisas, detección y trazabilidad en tiempo real de problemas, asignación eficaz de recursos, mejor toma de decisiones, servicios más personalizados y contextualizados, y políticas y servicios más inclusivos y empoderadores—; y finalmente, mayor transparencia, rendición de cuentas, confianza y legitimidad —aunque estos efectos son más difíciles de evaluar empíricamente—.

Los procesos, políticas, liderazgo y marcos mentales de las personas implicadas evolucionan para poder desarrollar plenamente la transformación digital, al mismo tiempo que la introducción de la tecnología provoca cambios radicales en el funcionamiento de la administración y en las relaciones con la ciudadanía.

Vial (2019) describe este proceso mediante el ciclo de la transformación digital. Ante disrupciones que están ocurriendo en su entorno, la organización lanza una respuesta estratégica que incluye el uso de tecnología, lo que alimenta la disrupción original y al mismo tiempo permite cambios en la creación de valor, en la cual inciden tanto barreras organizativas —inercias y resistencias— como adecuaciones estructurales —cultura y estructura organizativa, liderazgo, roles y destrezas de los trabajadores—.

Finalmente, estos cambios generan impactos positivos —relacionados con la eficiencia de las operaciones, el desempeño de la organización, mejoras sociales y en el tejido industrial— y también negativos —seguridad y privacidad—.

Para entender a qué tecnología nos referimos cuando hablamos de las palancas de la transformación digital, Pereira et al. (2020) destacan que en este momento los cuatro pilares tecnológicos del cambio son la computación en la nube, la tecnología móvil, la tecnología social y el análisis de datos.

Estos cuatro pilares se alimentan, a su vez, de una serie de soluciones que han servido como aceleradores de innovación, entre las cuales se incluyen el internet de las cosas (IoT, por sus siglas en inglés), la robótica, la impresión 3D, el blockchain, la inteligencia artificial, la realidad

aumentada, la realidad virtual, los sistemas cognitivos y la seguridad de última generación.

Gil-García, Dawes y Pardo (2018) afirman que el gobierno digital es un fenómeno que implica otros estilos de liderazgo, nuevos procesos de toma de decisiones, diferentes maneras de organizar y prestar el servicio público e incluso un concepto distinto de ciudadanía.

Al mismo tiempo, detectan en este ámbito de estudio una serie de rasgos propios de la administración y el servidor público inmerso en la transformación digital, que van más allá de la relación entre tecnología y eficacia/efectividad, como liderazgo, confianza, transparencia, participación o gestión colaborativa de redes de datos.

El reporte del Foro Económico Mundial (2015) analiza el potencial de la tecnología desde la perspectiva del desarrollo personal y define 16 habilidades del siglo XXI organizadas en tres campos: alfabetizaciones fundamentales, competencias y cualidades del individuo. Las competencias que señala son: pensamiento crítico, resolución de problemas, creatividad, comunicación y colaboración.

Por su parte, el Consejo de Europa (CE, 2019) establece un conjunto de competencias clave para adaptarse a la realidad cambiante de un mundo interconectado, de las cuales cada persona necesita un amplio rango que deberá desarrollar continuamente a lo largo de su vida.

Las ocho competencias propuestas son: 1) de/en alfabetización; 2) multilingüe; 3) matemática, en ciencia, tecnología e ingeniería; 4) digital; 5) personal, social y de aprender a aprender; 6) ciudadana; 7) emprendedora; y 8) de conciencia y expresión cultural.

En concordancia con lo anterior, el Joint Research Centre (Sala et al., 2020) ha desarrollado un marco para la competencia personal, social y de aprender a aprender, que se considera clave porque es el umbral de muchos otros aprendizajes a lo largo de la vida. Para su análisis se emplean conceptos que cubren ámbitos diversos, como las life skills, las soft skills, las habilidades no cognitivas y las competencias socioemocionales, transversales, del siglo XXI y las 2030.

Desde la perspectiva de las aptitudes digitales, destaca el Marco de competencias digitales para la ciudadanía (Carretero et al., 2017), que define cinco competencias organizadas en cuatro niveles de dominio: foundation, intermediate, advanced y highly specialised. A partir de este documento se han desarrollado otros, como el Marco Unesco (Law et al., 2018), de referencia en habilidades de alfabetización digital para el indicador 4.4.2. de los ODS.

La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) determina cuatro conjuntos de destrezas: policy advisory skills, engagement skills, commissioning skills y networking management skills. En estas destrezas la tecnología juega un papel transversal que conlleva la necesaria capacitación del empleado público (OCDE, 2017).

A pesar de que no todo el funcionario requiere ser especialista digital, sí necesita entender el potencial —y los riesgos asociados— de las nuevas herramientas tecnológicas y desarrollar destrezas com-

plementarias a estas para implicarse con los ciudadanos, analizar los problemas de las políticas y servir de palanca para las oportunidades.

El empleado público es el principal agente para la puesta en práctica de la administración digital y la creación de valor; en consecuencia, sus competencias en una administración de este tipo o en proceso de transformación trascienden la mera habilidad digital.

El servidor público debe contar con capacidad para el aprendizaje permanente que le permita tener control sobre este y convertirlo en una herramienta para la actualización de conocimientos. Asimismo, el empleado público es una persona que, gracias a su competencia para el aprendizaje permanente, se encuentra en desarrollo en tres planos: personal, ciudadano y profesional.

Así pues, el servidor público, que no solo trabaja en la administración, sino que vive en un entorno y en una sociedad determinados, pone al servicio de su labor de empleado tanto las destrezas estrictamente vinculadas con el desempeño de su cargo como todos sus conocimientos y competencias como persona, ciudadano y profesional.

Finalmente, la transformación digital también demanda del empleado público una serie de competencias vinculadas directamente con la tecnología y los recursos digitales. En concreto, el uso de dispositivos, software, plataformas y redes; la alfabetización informacional y de datos; la comunicación y colaboración en entornos digitales; la creación de contenido digital; la búsqueda y garantía de seguridad en entornos digitales; y la resolución de problemas con y acerca de la tecnología.

Infobesidad, la enfermedad 4.0

Infobesidad es un concepto acuñado en 1970 por Alvin Toffler, en su libro *Future Shock*, que se refiere al estado de contar con demasiada información para tomar una decisión o permanecer informado sobre un determinado tema. El término original en inglés es *information overload*.

También se le llama sobrecarga informativa o infoxicación —intoxicación por demasiada información—, y alude al exceso de interconexión y medios que tenemos a nuestro alcance. Es un concepto generalmente usado en conjunto con varias formas de comunicación por computadora, como el correo electrónico.

La sobrecarga informativa ocurre cuando la cantidad o intensidad de información exceden la capacidad limitada de procesamiento del individuo, lo que puede provocar efectos disfuncionales (Parra y Álvarez, 2021). Tiene su origen en la multitud de correos electrónicos que cada día inundan nuestras vidas y generan un problema al consumir tiempo en decidir si el mensaje que recibimos es o no de utilidad, entre correos importantes, alertas de Google, notificaciones continuas de redes sociales, newsletters y spam.

En los últimos 10 años se ha generado más información que la acumulada desde el inicio de la humanidad y hasta 2005. Según la consultora Basex, tan solo durante 2007, 28% de la jornada laboral de los trabajadores estadounidenses se perdió por la sobrecarga informativa.

Adicionalmente, de acuerdo con estimaciones del sector TI, cada día de 2019 se crearon más de 2 exabytes —1,018 bytes— de datos en el mundo. En esa medida, los problemas derivados de la sobreinformación pueden afectar el rendimiento personal y profesional.

La diversidad de contenidos es enorme. Es evidente que estamos expuestos a una cantidad ingente de información que sigue en crecimiento continuo; las app son un claro ejemplo. A partir de 2008, Apple ha aprobado más de un millón de aplicaciones IOS, con una media de 100 por usuario; por ejemplo, Melon Meter, que sirve para comprobar si una sandía está en su punto idóneo antes de abrirla o comprarla, o Dream On, que al parecer permite elegir lo que se quiere soñar.

Actualmente, la infobesidad se considera un fenómeno que amenaza la productividad y rentabilidad de las organizaciones, sean grandes o pequeñas, públicas o privadas, en esta era donde la data es un insumo vital. En el mundo laboral, cada vez es más tardado gestionar el correo electrónico, hay menor interacción con los compañeros, el número de correos inútiles se incrementa a diario y se estima que 30% de lo recibido no tiene ninguna trascendencia. Todo esto conlleva a destinar más tiempo a los datos y menos a los clientes.

Es fácil caer en el patrón del infobeso. A continuación, se presenta un test para saber si se tiene el perfil:

1. ¿Has creado en tu computadora una carpeta que contiene una recopilación de documentos pendientes de lectura?
2. ¿Entra más información de la que sale de tu archivo “revisar más tarde”?
3. ¿Aprovechas cualquier momento libre en el trabajo para echar un vistazo a tu móvil personal y ver si tienes algo nuevo?
4. ¿Admites haber eliminado mensajes en el trabajo sin haberlos leído correctamente?
5. ¿Alguna vez has ignorado o borrado alertas de Google porque no tienes tiempo para ellas?
- 6.
7. Para reflexionar: ¿qué perfil arrojan tus resultados?

Christophe Aguiton señala la paradoja de tener la sensación de estar inmerso en la información y no tener tiempo para leerlo, verlo y oírlo todo, en un momento en que se presume que esta tecnología nos ahorraría tiempo. Es obvio que la información consume la atención de sus destinatarios.

De acuerdo con el psicólogo, economista y Premio Nobel Herbert A. Simon, autor del término “economía de la atención”, una gran cantidad de datos crea pobreza de atención y la necesidad de asignar esa atención eficientemente entre la abundancia de fuentes de información que podrían consumirla. Simon concibió la atención como el cuello de botella del pensamiento humano.

El problema en las instituciones

Según expertos digitales, es probable que una empresa tenga latente algún caso de infobesidad o incluso que ya sea una problemática a gran escala al interior de la compañía, sobre todo si se observa que:

- Las gerencias, direcciones, juntas directivas o altas instancias de la organización tienen incertidumbre o sensación de vacío en la información, a la hora de tomar decisiones sobre el futuro de la empresa.
- Las áreas o departamentos de la organización presentan constante dificultad para encontrar data y manifiestan una sobrecarga de información en su quehacer diario.

Una de las mayores preocupaciones acerca de la infoxicación es la sobreexposición que experimenta la sociedad a los estímulos, la cual impide, por ejemplo, que trabajadores se adapten a nuevas prácticas laborales y estudiantes a nuevos modelos de aprendizaje, pero, al mismo tiempo y paradójicamente, sufren estrés por no estar en contacto permanente con la data.

El hábito de consumo se ha ido trasladando hacia una compleja sociodependencia de la información.

Es importante que las empresas cuiden la forma en que se acercan a sus audiencias y que, además de tener las herramientas tecnológicas idóneas para el procesamiento adecuado de la información, establezcan un protocolo para su manejo, que tenga como prioridad adquirir y compartir data con un propósito establecido, más allá del simple hecho de almacenar o enviar.

En ese sentido, la creatividad actúa como una gran aliada para evitar la infoxicación o superarla si ya se padece, al permitir la transmisión efectiva de los mensajes y administrar correctamente la data con stakeholders.

Un informe de Reuters ofrece algunas estadísticas sobre este problema:

- El 43% de los directivos cree que las **decisiones importantes se retrasan por tener que examinar mucha** información. Es demasiada y muy poco el tiempo para digerirla y comprenderla para obtener resultados de utilidad.
- Uno de cada cinco directivos cree que se **desperdicia gran cantidad de tiempo** en recopilar y buscar información.
- Más de 50% de los trabajadores considera que el **volumen de información** que se les envía a diario les **afecta negativamente** para hacer bien su labor.
- Los trabajadores dedican cada vez **más tiempo a la lectura** de documentos e informes, **y menos a juzgar, valorar y reflexionar**.
- La ansiedad debido a la información se produce cuando existe una diferencia entre la que entendemos y la que creemos que debemos entender.

- La contaminación de información sucede cuando la que es útil se mezcla o contamina con aquella que no es del todo exacta.

La solución. Propuestas para evitar ser víctimas del exceso de información

- Evitar ser multitarea, es decir, no asumir la ejecución concurrente o simultánea de diversas tareas y procesos.
- **Utilizar un buen filtro anti-spam** —aunque ninguno es infalible— para prevenir el correo basura o abusivo.
- Enfocar los esfuerzos a mantener un buen canal de comunicación con clientes, jefes, consumidores y compañeros de trabajo, para tener identificada de primera mano la información que precisamos para satisfacer sus necesidades, aplicando el viejo adagio: “A quien tiene claro el QUÉ, le será sencillo determinar el CÓMO”.
- **Tomar conciencia del tipo de información que se mueve por la empresa.** En las organizaciones se dedica mucho tiempo a elaborar diapositivas en PowerPoint que se entregan en las reuniones y luego solo se hojean por encima, y también en generar datos para documentos que nadie lee por su escaso interés. Conviene enviar solo lo necesario, ni más ni menos, informes que sean útiles y aporten valor a las personas apropiadas en el momento justo del proceso.
- **Utilizar formatos fáciles de comprender y usar**, especialmente en el caso de las plantillas Excel para los reportes de actividad, de ventas, seguimiento de rutas, etc. Es muy importante acordar qué datos capturar y unificar las plantillas para que todos los implicados utilicen la misma. Para un mando intermedio que hace acopio de los reportes de su equipo y luego elabora uno solo, este punto es fundamental.
- Se recomienda retomar algunas actitudes previas a la era digital y, en particular, anteriores a la pandemia, como leer medios impresos, asistir a charlas y conferencias, así como tener encuentros formales e informales, como almuerzos, sesiones de té y desayunos, para obtener información de allegados y además potenciar la vida social.

Es difícil disminuir la sobrecarga de información, pues la tendencia es aumentarla; sin embargo, sí es posible relativizar su importancia. Es decir, es necesaria, pero no hay que menospreciar otro tipo de datos, como los que nos puede proporcionar cara a cara un compañero, un colaborador, el jefe y, especialmente, el cliente.

Cuadro clínico

La infobesidad se asocia a una patología que conlleva riesgos sociales y psíquicos entre personas que reciben una cantidad exagerada de correos electrónicos a diario. Quienes padecen esta condición se introducen en una espiral de ansia por leer, abrir correos, categorizarlos

y contestarlos, lo que termina desembocando en un caos de estrés y frustración que impide gestionarlos con normalidad.

A algunas personas se les cae el cabello, no digieren bien la comida y llegan a tener problemas familiares.

Datos de la IMF Business School indican que más de 56% de los usuarios de correo electrónico emplean, como mínimo, dos horas al día en administrarlo, y cerca de 38% de ellos recibe más de 100 mails en ese periodo, lo cual alerta del peligro creciente de quedar atrapado en la infobesidad.

En estas condiciones, por lo regular se aplica la premisa de que “la urgencia sucede a la urgencia” y, en consecuencia, “tan pronto se recibe un mail hay que responderlo”. En este sentido, Thierry Venin, del Centro Nacional de Investigación Científica de Francia, alerta que muchos usuarios se comportan como si tuvieran una adicción, pues sienten la necesidad de ir frecuentemente al buzón de entrada para ver si llegó algo nuevo.

Es importante detectar los síntomas de esta obsesión, con el fin de poder prevenirla y no caer en lo que algunos expertos consideran ya una epidemia. Los síntomas de tal padecimiento son: fuerte estrés, angustia, ansiedad o frustración ante el exceso de información.

Según informó el portal ABC, el crecimiento de la infobesidad es tan fuerte que incluso se han comenzado a impartir cursos y seminarios sobre cómo gestionar el exceso de información sin caer en el nerviosismo que ello supone.

Contaminación digital: emisiones de dióxido de carbono

De acuerdo con la compañía analítica Cumulus Media, en 2018 cada 60 segundos se enviaron alrededor de 38 millones de mensajes de WhatsApp; se reprodujeron 266 mil horas de Netflix y 4.3 millones de videos de YouTube; y se realizaron cerca de 3.7 millones de búsquedas en Google. La Organización Meteorológica Mundial reveló que en 2018 esto generó gran cantidad de gases de efecto invernadero perjudiciales para la salud, siendo el dióxido de carbono (CO₂) el principal.

La pandemia ha obligado a las personas a cambiar sus hábitos de trabajo, ya que durante un largo periodo todo se realizó desde casa y en la actualidad las actividades se ejecutan de manera híbrida, lo que ha llevado a que se consuma internet y electricidad en mayores cantidades.

Para hacer una búsqueda o revisar redes sociales es necesario tener un proveedor de internet que realiza la conexión a través de antenas, dispositivos inalámbricos o fibra óptica para que llegue a nuestras herramientas electrónicas. La información que se busca es transportada desde el centro de datos donde está almacenada y se puede encontrar a nivel local, regional o nacional, lo cual permite en segundos el acceso a cualquier dato en el mundo.

Aunque parece que las actividades virtuales no afectan el ambiente, la realidad es que sí lo dañan, pues implican un gasto de energía que

se traduce en emisiones de CO₂. Mientras se está leyendo este párrafo se consume energía de los servidores de internet; de hecho, 7% del consumo eléctrico global se debe al tráfico de la red. La afectación por la actividad individual es minúscula, pero la situación es grave por los millones de personas que usan herramientas digitales. Este año, más de 30 mil millones de dispositivos estarán conectados a internet, cifra que tiende a aumentar por la pandemia.

El quinto reporte de investigación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) indica que más del 4% de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero se generan por las tecnologías de información y comunicación. Esto se denomina contaminación digital y se debe a que la red usa la infraestructura física de cables, antenas, bases de datos y equipos de soporte técnico que requiere electricidad para funcionar; electricidad que contamina.

Es necesario estar conscientes de que al realizar una búsqueda, ingresar a una página o emplear una red social no hay conexión a un solo servidor, sino a varios muy grandes que se activan al mismo tiempo con otros usuarios, generando conexiones en automático que se calientan.

Por ejemplo, los enormes centros de datos distribuidos por el mundo tienen un sistema de refrigeración con agua o aire acondicionado, lo cual genera una gran cantidad de CO₂, y, como pueden quemarse, las instalaciones deben estar refrigeradas.

A nivel mundial, las naciones que más contaminan por el uso de internet son Estados Unidos, Japón, Alemania, Francia y Reino Unido. México cuenta con 80 millones de usuarios de internet y 86 millones de telefonía celular, de acuerdo con el Instituto Federal de Telecomunicaciones; si internet fuera un país, sería el séptimo contaminador más grande del mundo y se espera que crezca considerablemente para 2030.

De acuerdo con Andrae y Edler (2015), las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) podrían usar hasta 51% de la electricidad global en 2030, de no aplicar una mejora suficiente en la eficiencia eléctrica de las redes de acceso inalámbrico y las redes de acceso fijo o centros de datos.

La investigación sugiere que el uso de electricidad por las TIC podría contribuir hasta con 23% de las emisiones de gases de efecto invernadero emitidas a nivel mundial para el año 2030.

En el contexto de la administración pública, dado que *“se está viviendo un cambio en el planeta que avanza a un ritmo exponencial, en lo que muchos han llamado la **Revolución 4.0**”*, y también a causa de la pandemia, es necesario diseñar e implementar un plan de atención mediante la incorporación de tecnologías educativas emergentes, para lo cual se requiere el desarrollo y fortalecimiento de competencias disciplinares y transversales.

Propuesta de marco de competencias para empleados de la administración pública digital

La evolución de la administración pública implica, necesariamente, el fortalecimiento y desarrollo de competencias disciplinares y transversales del servidor público, para atender con eficiencia los cambios generados en la administración, la sociedad y el medio ambiente. Se requiere que los empleados sean competentes digitalmente para estar a la altura de los retos que la tecnología y la transformación digital plantean a toda la sociedad.

A continuación, se presenta una propuesta de marco de competencias digitales para el empleado público, que contempla los elementos observados en esta investigación.

Competencias y funciones del empleado público en una administración digital:

1. Aprendizaje permanente: gestión de la información, pensamiento crítico, creativo e innovador, y control del proceso de aprendizaje.
2. Competencias para el desarrollo personal: agencia o capacidad para cambiar activamente las condiciones estructurales; resiliencia; empatía; competencias físicas y ergonómicas, socioemocionales, cognitivas y metacognitivas.
3. Competencias para el desarrollo ciudadano y sostenible: conciencia global; compromiso con la sustentabilidad, los derechos humanos, los ODS y la salud; interacción con la diversidad.
4. Competencias para el desarrollo profesional: conocimiento del marco normativo; pertenencia y participación en la comunidad de práctica; liderazgo y trabajo colaborativo; dominio de las alfabetizaciones múltiples aplicadas al cargo que se ostenta.
5. Competencias para la transformación digital: uso correcto de dispositivos, plataformas, softwares y redes; alfabetización informacional y de datos; comunicación y colaboración en entornos digitales; creación de contenido digital; seguridad en entornos digitales; resolución de problemas.

Las competencias digitales para la administración pública son esenciales en el marco del proceso de modernización del país en todos los niveles, así que deben ser una prioridad en el sistema de formación de los empleados públicos.

Conclusiones

1. El uso sustentable del internet es uno de los grandes retos ambientales y ha crecido a partir de la pandemia por COVID-19. En consecuencia, es necesario generar un cambio de mentalidad, hábitos y valores.
2. El objetivo de este trabajo de investigación se cumple al presentar una propuesta de marco de competencias disciplinares y trans-

versales para fructificar el potencial de los empleados inmersos en la administración pública digital, fortalecer su compromiso con la sustentabilidad y abatir la polución digital mediante soluciones sugeridas a la problemática de la contaminación por internet y por infobesidad.

3. Este marco de competencias conducirá a tomar decisiones en favor del uso sustentable de las plataformas y los dispositivos electrónicos, así como a estimular los conocimientos y la conciencia acerca de las consecuencias de las actividades antropogénicas sobre el cambio climático y los efectos del uso intenso del internet debido a la pandemia.
4. La transformación digital de la administración pública debe ser un proceso dinámico de mejora que se dé a través de cambios sustanciales culturales y organizativos para resolver problemas vinculados con la gobernanza, las personas, los servicios y los datos, mediante la combinación de diferentes tecnologías: de la información, de la computación, de la comunicación y de la conectividad.
5. La transformación digital de la administración pública es un proceso generado por razones exógenas y endógenas que tiene en la presencia y el uso de la tecnología su rasgo principal. La tecnología, que es al mismo tiempo motor y meta del cambio, provoca una disrupción de carácter cultural que propicia una revisión profunda de los procedimientos, valores y relaciones en la administración, así como entre esta, la ciudadanía y las empresas. Es decir, la transformación digital tiene su origen en la tecnología, pero trasciende su uso para convertirse en una transformación cultural de la administración pública.
6. Se requiere impulsar la digitalización en la administración pública entre los ejes de reforma e inversión, para catalizar una transformación que relance el crecimiento económico, la reducción de desigualdades, el aumento de la productividad y el aprovechamiento de todas las oportunidades que brindan las nuevas tecnologías. Este cambio significa una palanca de transformación para el país, por el peso que tiene en el Producto Interno Bruto (PIB) y por su gran influencia en la vida de la ciudadanía.
7. El proceso implica el fortalecimiento y desarrollo de competencias disciplinares y transversales del servidor público, para atender eficientemente los cambios en la administración, la sociedad y el medio ambiente, por lo que la transformación digital significa una vía de desarrollo personal, profesional, ético y ciudadano para el empleado público.

Fuentes de consulta

- Andrae, A. S. G. y Edler, T. (2015). On global electricity of communication technology: trends to 2030. *Challenges*, 6(1), 117-157. Recuperado de <https://cutt.ly/s1PBx3H>
- Barcevičius, E., Cibaitė, G., Codagnone, C., Gineikytė, V., Klimavičiūtė,

- L., Liva, G., Matulevič, L., Misuraca, G., Vanini, I. y Misuraca, G. (2019). Exploring digital government transformation in the EU. Analysis of the state of the art and review of literature. Recuperado de <https://cutt.ly/J1O4nr2>
- Centro Latinoamericano de Administración para el Desarrollo (CLAD). (2007). Carta Iberoamericana de Gobierno Electrónico. Recuperado de <https://cutt.ly/g1O9e26>
- Consejo de Europa (CE). (2019). Key competences for lifelong learning. Recuperado de <https://cutt.ly/W1PiNUH>
- Corvalán, J. G. (2017). Un nuevo enfoque de administración pública: digital e inteligente. *Diario Administrativo*, 166(1).
- Gil-García, J. R., Dawes, S. S. y Pardo, T. A. (2018). Digital government and public management research: finding the crossroads. *Public Management Review*, 20(5), 633-646. Recuperado de <https://cutt.ly/p1PerTg>
- Haddaway, N. R., Collins, A. M., Coughlin, D. y Kirk, S. (2015). The role of Google Scholar in evidence reviews and its applicability to grey literature searching. *PloS ONE*, 10(9). Recuperado de <https://cutt.ly/A1OD4EC>
- Mergel, I., Edelmann, N. y Haug, N. (2019). Defining digital transformation: results from expert interviews. *Government Information Quarterly*, 36(4), 101385. Recuperado de <https://cutt.ly/61P4fu3>
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) (2017). Skills for a High Performing Civil Service. Recuperado de <https://cutt.ly/x1Phn14>
- Parra, M. L. y Álvarez, C. F. (2021). Síndrome de la sobrecarga informativa: una revisión bibliográfica. *Revista de Neurología*, 73(12), 421. doi:10.33588/rn.7312.2021113
- Pittaway, J. J. y Montazemi, A. R. (2020). Know-how to lead digital transformation: The case of local governments. *Government Information Quarterly*, 37(4), 101474. Recuperado de <https://cutt.ly/B1O4qph>
- Sala, A., Punie, Y., Garkov, V. y Cabrera-Giraldez, M. (2020). The european framework for personal, social and learning to learn key competence. Recuperado de <https://cutt.ly/S1PsfDV>
- Taddeo, M. (2020). The Ethical Governance of the Digital During and After the COVID-19 Pandemic. *Minds and Machines*, 30, 171-176. Recuperado de <https://cutt.ly/91OhMiC>
- Vial, G. (2019). Understanding digital transformation: a review and a research agenda. *The Journal of Strategic Information Systems*, 28(2), 118-144. Recuperado de <https://cutt.ly/h1O64Ev>
- Westerman, G., Bonnet, D. y McAfee, A. (2014). The Nine Elements of Digital Transformation. *MIT Sloan Management Review*. Recuperado de <https://cutt.ly/01Oj3Jw>

Áreas verdes urbanas como propuesta de política pública para regular el incremento de la temperatura intraurbana en la Zona Metropolitana de Toluca
Urban green areas as a public policy proposal to regulate the increase of intra-urban temperature in the Metropolitan Area of Toluca

Erika Rivera Martínez*

Resumen

El objetivo del presente artículo es analizar el incremento de la temperatura intraurbana, producto de la existencia de materiales con bajo albedo, impermeables y con alta inercia térmica; de esta manera es posible plantear políticas públicas enfocadas a incrementar las áreas verdes urbanas. Con base en una imagen satelital Landsat 8, correspondiente al verano de 2021, se identificó el patrón de distribución espacial de la temperatura de emisión superficial y se relacionó con valores de brillo y verdor del suelo para identificar zonas en las que es prioritario incrementar las áreas verdes urbanas. Los resultados muestran coincidencia espacial entre las altas temperaturas superficiales, los valores bajos de verdor y los valores altos de brillo; los perfiles térmicos comprueban el comportamiento de las coincidencias. Al identificar las áreas con temperatura intraurbana alta es posible desarrollar estrategias puntuales que mitiguen el cambio climático en la Zona Metropolitana de Toluca.

Palabras clave

Clima urbano, temperatura intraurbana, políticas públicas, percepción remota, Zona Metropolitana de Toluca.

Abstract

The objective of this article is to analyze the increase of the intraurban temperature, product of the existence of materials with low albedo, impermeable and with high thermal inertia; in this way it is possible to propose public policies aimed at increasing urban green areas. Based on a Landsat 8 satellite image for summer 2021, the spatial distribution pattern of the surface emission temperature was identified and related to values of brightness and greenness of the soil to identify areas where it is a priority to increase urban green areas. The results show spatial coincidence between high surface temperatures, low green values and

* Doctora en geografía y desarrollo geotecnológico e investigadora de la Cátedra Comecyt-UIPPE. Correo electrónico: <erikarivmtz@gmail.com>.

high brightness values; the thermal profiles check the behavior of the coincidences. By identifying areas with high intraurban temperatures, it is possible to develop specific strategies that mitigate climate change in the Toluca Metropolitan Area.

Keywords

Urban climate, intraurban temperature, public policies, remote sensing, Toluca Metropolitan Area.

Introducción

A partir de 1950 y hasta la década de 1990, las actividades industriales y comerciales provocaron que la migración campo-ciudad se presentara a un ritmo acelerado; a este fenómeno se le catalogó como “explosión urbana” (ONU-Habitat, 2012). En este contexto, se produjeron cambios de cobertura y uso de suelo para el proceso de urbanización. ONU-Habitat (2020) ha señalado que 55% de la población mundial reside en áreas urbanas y se pronostica que aumente a 68% para 2050. Por su parte, México se encuentra en una de las zonas más urbanizadas del planeta; según datos del Banco Mundial (2015), 79% de los mexicanos vive en una ciudad.

La construcción de la urbe latinoamericana no ha sido sostenible, lo que ha causado impactos en sectores estratégicos que representan un riesgo para los habitantes y afectan los servicios ecosistémicos que la naturaleza ofrece. Tales servicios están definidos como una serie de beneficios que la sociedad obtiene para su subsistencia y que, a su vez, permiten un equilibrio en las condiciones de los hábitats. La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, por sus siglas en inglés) (2020) menciona la existencia de cuatro tipos de servicios: de abastecimiento, de apoyo, culturales y de regulación. Para este artículo, los servicios de regulación son los de interés, debido a que se enfocan en crear condiciones óptimas para el desarrollo de la población en el espacio que habita.

Los cambios en el uso de suelo, producto de la urbanización, han incidido negativamente en la disponibilidad de servicios ecosistémicos al interior de la ciudad. Los materiales con que se construye la urbe generalmente poseen albedo bajo y una mayor inercia térmica, es decir, tienen la característica de almacenar por mayor tiempo la energía calorífica y reflejarla lentamente al espacio, además de ser superficies impermeables, por lo que permiten la existencia de un territorio más seco y con menor evaporación, lo cual se traduce en desecación de la atmósfera y calentamiento del aire (Oke, 1987; Fernández y Martilli, 2012).

Aunado a lo anterior, las áreas verdes reducidas y el aumento en las fuentes de calor antrópicas provocan que los servicios ecosistémicos de regulación en la ciudad se vean directamente afectados, lo que genera consecuencias negativas en cuatro entornos principales: las condiciones del ambiente, la biodiversidad, la salud humana y la econo-

mía. Uno de los mayores impactos que se producen en el ambiente se relaciona con el comportamiento del clima a escala local, sus efectos sobre la ciudad y su población van en aumento y se traducen en malas condiciones de vida para la gente expuesta.

Las áreas verdes en los espacios urbanos desempeñan servicios ecosistémicos necesarios, tales como proporcionar oxígeno, capturar contaminantes y regular el clima; además, contribuyen a disminuir y amortiguar los niveles de ruido, así como a incrementar la biodiversidad (Conanp, 2018). En materia climática, las áreas verdes son un factor fundamental para la regulación de la temperatura y enfriamiento del suelo, debido a que aumentan la evapotranspiración y la infiltración al mismo tiempo que regulan el balance hídrico terrestre.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha determinado que la ciudad debe proporcionar al menos 9 m² de áreas verdes por habitante para garantizar su bienestar, y recomienda el diseño de redes de áreas verdes con el objetivo de que todos los residentes vivan cerca de un espacio abierto, a una distancia máxima de 15 minutos a pie (Atiql Haq, 2011).

El desarrollo urbano actual debe enfocar sus acciones en generar un ambiente confortable en las ciudades; por ello, el objetivo de este trabajo es analizar la relación espacial entre la superficie edificada impermeable, la superficie verde urbana y su impacto en la temperatura de la urbe para valorar la necesidad de una estrategia de política pública en pro del incremento de áreas verdes urbanas y, con ello, de la mejora de la calidad de vida.

Área de estudio y etapas metodológicas

Los resultados de la delimitación de zonas metropolitanas 2015 (Sedesol, Conapo e Inegi, 2018) indican que México posee 74, entre las cuales se encuentra la Zona Metropolitana de Toluca (ZMT). El Censo General de Población y Vivienda 2020 (Inegi, 2020) ubica a la ZMT en el quinto lugar nacional respecto a la cantidad de población, con 2,353,924 habitantes. Se integra por 16 municipios —ver tabla 1—, los cuales poseen una extensión territorial de 2,411.7 km², y se delimitan geográficamente por las coordenadas 19°34'58"N, 99°31'49"W y 19°04'29"N, 99°50'47"W —ver figura 1—.

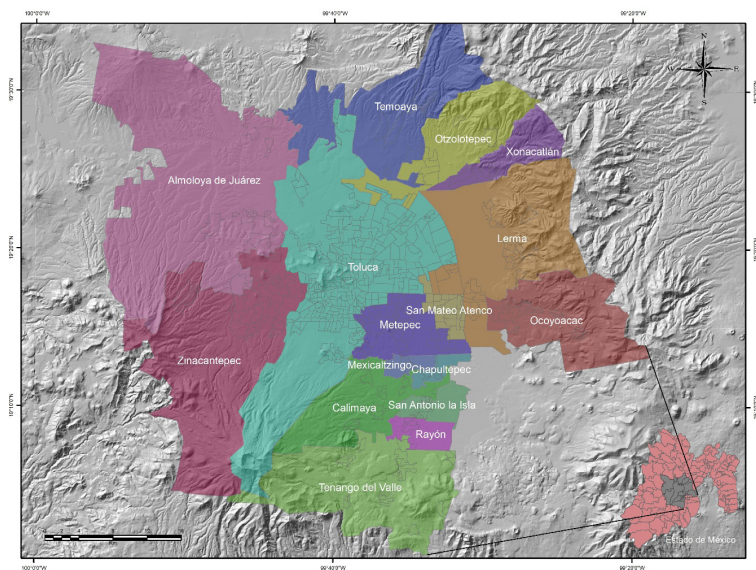
Tabla 1. Municipios de la ZMT

Municipio	Superficie en km ²	Población a 2020
Almoloya de Juárez	480.2	174,587
Calimaya	103.0	68,489
Chapultepec	12.0	12,772
Lerma	230.8	170,327

Metepec	67.4	242,307
Mexicaltzingo	11.3	13,807
Ocoyoacac	139.3	72,103
Otzolotepec	112.3	88,783
Rayón	23.0	15,972
San Antonio la Isla	25.3	31,962
San Mateo Atenco	18.9	97,418
Temoaya	188.1	105,766
Tenango del Valle	208.5	90,518
Toluca	428.1	910,608
Xonacatlán	53.5	54,633
Zinacantepec	310.0	203,872
TOTAL	2 411.7	2,353,924

Fuente: elaboración propia con base en Sedesol et al. (2018) e Inegi (2020).

Figura 1. Ubicación geográfica de la ZMT



Fuente: elaboración propia con base en Sedesol et al. (2018) e Inegi (2019).

La ZMT está asentada en un valle que se rodea al oeste por la Sierra de las Cruces y al sur por el Nevado de Toluca. Respecto a sus condiciones climáticas, tiene un clima templado subhúmedo con lluvias en verano, registra una temperatura media anual de 12 °C y una precipitación media anual de 760 mm, la cual se presenta de mayo a octubre (Morales, Madrigal y González, 2007). Su cercanía con la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) influye de manera directa en el crecimiento poblacional y en la dinámica económica de la propia ciudad, la cual se consolidó gracias al corredor industrial Toluca-Lerma (GEM y Coespo, 2012), por lo que se considera, por función, una urbe industrial y de servicios.

El diseño metodológico incluye tres fases. La primera está relacionada con la derivación de la temperatura superficial a partir de la metodología sugerida por Chuvieco (2002); para ello se utilizó una imagen del sensor TIR del satélite Landsat 8, correspondiente al verano de 2021, con base en la cual se estudió la temperatura intraurbana para la ZMT. La segunda fase consistió en trabajar la imagen multiespectral del sensor OLI para aplicar la transformación Tasseled Cap, que ha sido diseñada para analizar y representar la fenomenología de la vegetación y cambios del desarrollo urbano con la finalidad de determinar los valores de brillo, el cual está asociado al suelo descubierto o parcialmente cubierto, hecho por el hombre y las entidades naturales como el concreto, el asfalto, la grava, los afloramientos de roca y otras áreas descubiertas; y verdor, asociado a la vegetación verde de la superficie urbana (ESRI, 2022).

Con base en los datos obtenidos se analizaron las correspondencias estadísticas y espaciales de temperatura, brillo y verdor por ageb —la ZMT posee 591 agebs urbanos—, con el objetivo de realizar mapas temáticos para una mejor visualización. Con la finalidad de evidenciar el comportamiento de las variables en el territorio se realizaron perfiles que atravesaron distintos sectores de la metrópoli y los resultados se graficaron para analizar su distribución. A partir de los resultados del análisis espacial se plantea la pertinencia de promover políticas públicas de incremento de áreas verdes urbanas para regular el clima en la zona metropolitana.

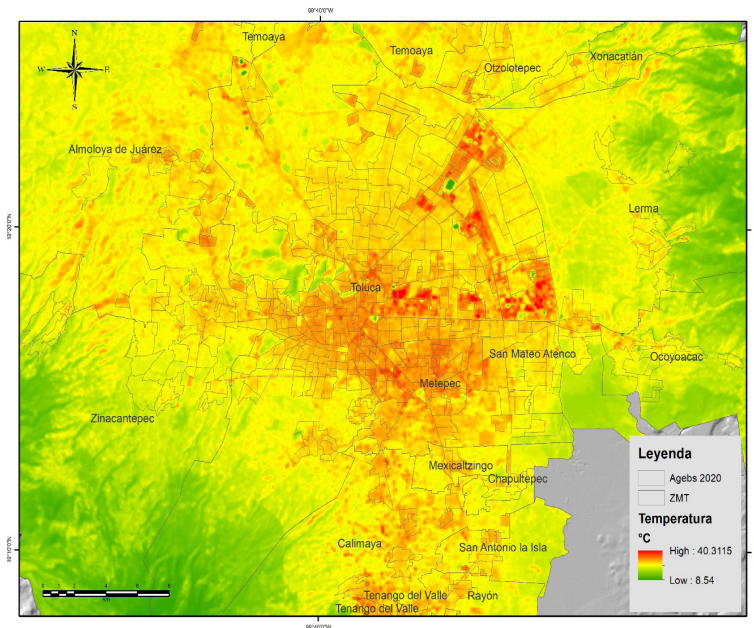
Comportamiento espacial de las variables territoriales

Como ya se mencionó, la composición de las cubiertas de suelo es uno de los principales factores que influyen en la temperatura de superficie. La literatura ha enfatizado que el área edificada, la superficie permeable y provista de vegetación, así como la superficie impermeable —áreas pavimentadas y construidas— tienen un impacto significativo. En este sentido, la disminución de la vegetación afecta no solo al aumento de la temperatura, sino también a la reducción de la precipitación y la evapotranspiración.

A partir de la imagen satelital analizada se obtuvo la figura 2, la cual muestra el comportamiento de la temperatura al interior de la metrópoli. Se aprecian valores mínimos de 8 °C en las zonas boscosas que rodean el valle y, conforme disminuye la distancia hacia el centro de la ciudad,

aumenta la temperatura intraurbana hasta un poco más de 40 °C. Las temperaturas más altas se distribuyen en sectores estratégicos, como el centro histórico y comercial de la capital mexiquense, de centro a este el corredor industrial Toluca-Lerma, al noreste la zona industrial del aeropuerto y, al sur, el área comercial de Metepec. Conforme aumenta la distancia hacia las regiones periféricas y rurales, la temperatura disminuye.

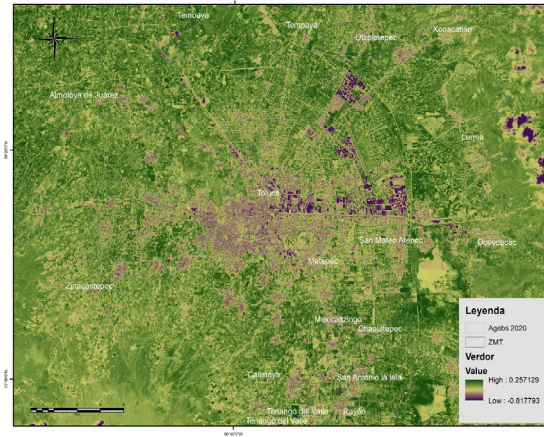
Figura 2. Temperatura intraurbana en la ZMT



Fuente: elaboración propia.

El verdor en la imagen satelital representa las áreas con vegetación; la información de interés para este artículo es la que se encuentra dentro de los agebs urbanos. En general, toda la zona metropolitana ostenta valores bajos respecto a espacios con vegetación; sin embargo, las áreas con los valores más bajos tienen una correspondencia espacial con las que registran temperaturas altas en la figura 2. Los valores más altos se localizan en los agebs periféricos, en las zonas rurales y boscosas del Nevado de Toluca y la Sierra de las Cruces —ver figura 3—.

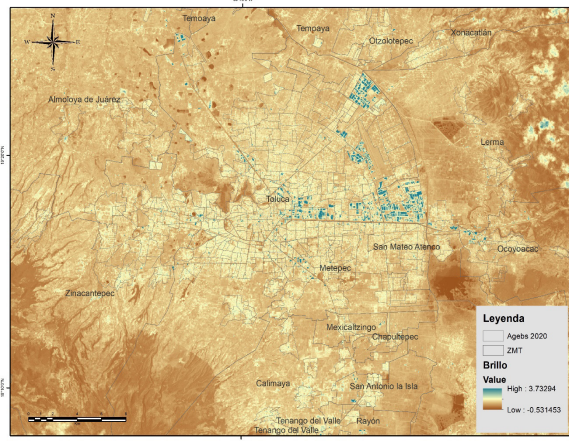
Figura 3. Verdor en la ZMT



Fuente: elaboración propia.

En la figura 4, los valores más altos de brillo se representan con tonos azules, los cuales son indicativo de un suelo descubierto o antropizado —construcciones con concreto, asfalto o grava—. El comportamiento del brillo en la ZMT muestra valores altos en el corredor industrial Toluca-Lerma, desde Paseo Tollocan hasta el municipio de Ocoyoacac. Otro sector con las mismas características se ubica hacia el noreste, en la zona industrial sobre Boulevard Aeropuerto y la carretera Toluca-Naucaclpan. Los valores altos de brillo también generan una correspondencia espacial con los valores altos de temperatura intraurbana.

Figura 4. Brillo en la ZMT



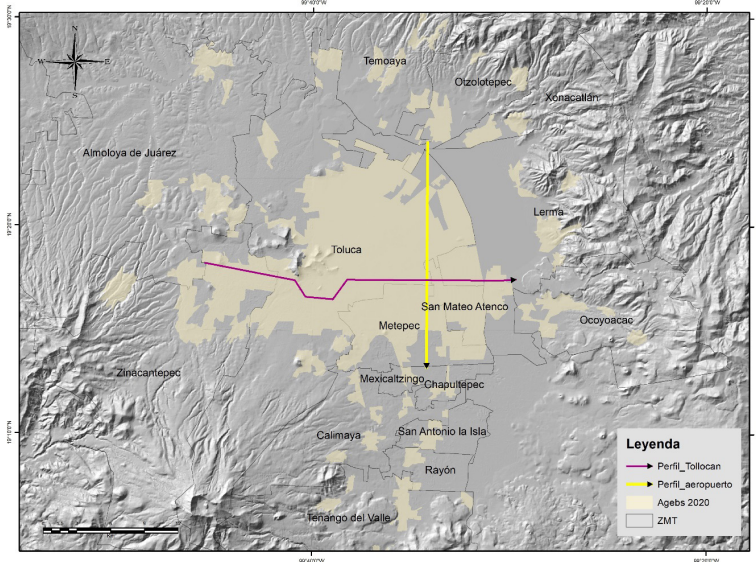
Fuente: elaboración propia.

En la literatura se ha demostrado que existe una relación positiva y significativa entre la intensidad en grados que puede alcanzar la temperatura intraurbana, a través de lo que se conoce como islas de calor, y la superficie construida compacta; asimismo, hay una relación negativa entre dicha intensidad y las zonas verdes existentes (Alonso et al., 2003; García-Cueto et al., 2007; Romero y Molina, 2008). Para la metrópoli de Toluca, esa correlación espacial se presenta de forma visual para los espacios ya mencionados y que corresponden a las áreas industriales, administrativas y comerciales, las cuales tienen superficie artificial y pocos sitios verdes.

Análisis del perfil térmico, de brillo y verdor en el territorio de la ZMT. Se trazaron dos perfiles térmicos dentro de la zona metropolitana para graficar el comportamiento de la temperatura intraurbana con base en las características de la metrópoli que reflejan los valores de brillo y verdor en el territorio —ver figura 5—:

1. Perfil Toluca, de oeste a este, siguiendo el trazo de una de las principales vías de comunicación de la ciudad.
2. Perfil aeropuerto, de noreste a suroeste, abarcando el aeropuerto y zonas industriales y habitacionales.

Figura 5. Perfiles

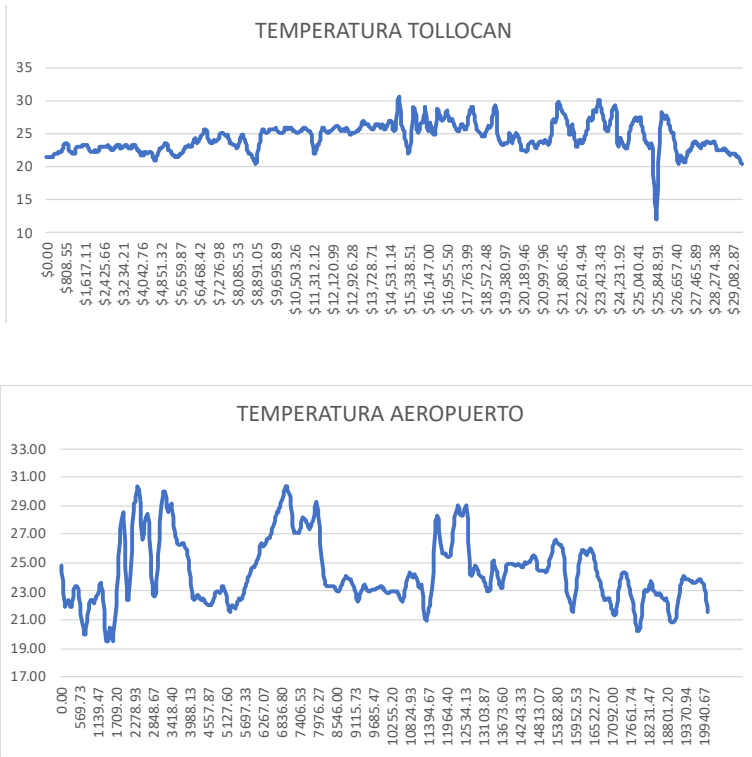


Fuente: elaboración propia.

Los perfiles térmicos expuestos permiten identificar zonas que potencializan la elevación de temperatura, o bien, que generan enfriamiento de la superficie. Con la finalidad de sintetizar la información se grafica-

ron los valores obtenidos —figura 6— y, de cada perfil elaborado, se eligieron dos puntos que fueran representativos en el aumento o disminución de la temperatura intraurbana, mismos que se describen para cada perfil.

Figura 6. Gráficos de valores de temperatura



Perfil Toluca

A lo largo de sus 35 km de longitud, los puntos elegidos que presentan cambios significativos en la temperatura intraurbana de la metrópoli muestran el siguiente comportamiento —figura 7—:

1. A 15 km de distancia del inicio del perfil $-19^{\circ}16'14''N$, $99^{\circ}39'09''W$ — se identificó una zona que disminuye considerablemente los valores de temperatura, hasta por debajo de $0^{\circ}C$; esto corresponde a un parque urbano —Parque Metropolitano Bicentenario— que cuenta con un cuerpo de agua, mismo que incide en la disminución de los valores de intensidad.

2. El segundo punto señalado — $19^{\circ}17'23''\text{N}$, $99^{\circ}36'06''\text{W}$ — corresponde a un área que genera un aumento importante en la temperatura intraurbana. Los valores más altos sobrepasan los 30°C . Las características de la superficie artificial corresponden a una zona industrial con planchas de concreto y naves industriales, entre las que se identifican empresas como Chrysler y Pemex.

Figura 7. Lugares representativos en Perfil Tollocan



Fuente: Google Earth.

Perfil aeropuerto

Con dirección noreste-suroeste, el perfil es de 27.4 km, dentro de los cuales existen varias zonas que propician aumento de temperaturas; para la descripción se eligió la que alcanza los valores más altos, aunque es importante mencionar que el primer pico de intensidad corresponde al área del aeropuerto. Para los valores más bajos se escogió un punto intermedio, fuera del inicio y fin del perfil, que abarca zonas rurales o agrícolas, por lo que no son representativas de la temperatura intraurbana — figura 8—.

El primer punto se localiza en las coordenadas $19^{\circ}17'54''\text{N}$, $99^{\circ}37'04''\text{W}$ y propicia la elevación de la temperatura intraurbana superficial hasta los 30.4°C . Las condiciones del entorno corresponden al complejo industrial de la compañía General Motors, mismo que incluye estacionamientos y naves industriales con techos laminados. Los valores detectados en superficie pueden ser causa de la inercia térmica o del bajo albedo de los materiales —aunque para comprobar esta hipótesis se tendrían que hacer los análisis correspondientes—; esta energía se libera poco a poco a la atmósfera y genera los valores señalados para la temperatura.

En este punto — $19^{\circ}17'12''\text{N}$, $99^{\circ}38'05''\text{W}$ — se localiza el Panteón General, cuya zona arbolada permite que los valores de intensidad de la temperatura intraurbana estén por debajo de los 20°C en la superficie.

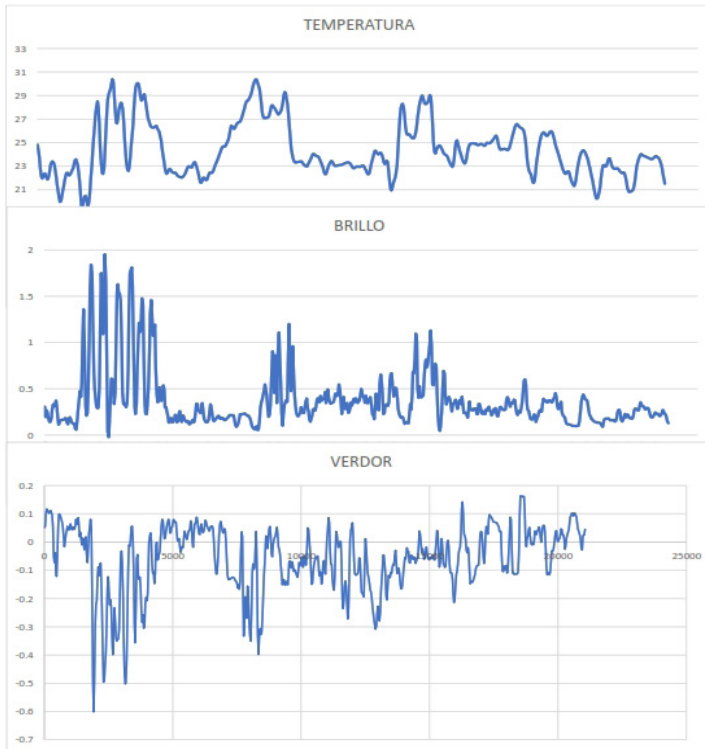
Figura 8. Lugares representativos en perfil aeropuerto



Fuente: Google Earth.

Para corroborar la relación espacial de los valores de temperatura, brillo y humedad, y a modo de ejemplo, se graficaron los parámetros arrojados por el Perfil aeropuerto con la finalidad de observar la manera en que llevan una secuencia similar en ciertos puntos del territorio; así, donde la temperatura aumenta, también lo hacen los valores de brillo, lo que denota la existencia de superficie artificial o antropizada, a su vez, en ese mismo sector los valores de verdor disminuyen, lo que reafirma el impacto que tienen las superficies impermeables y desprovistas de áreas verdes urbanas respecto al incremento de la temperatura al interior de la urbe —figura 9—.

Figura 9. Correspondencia espacial entre los perfiles de temperatura, brillo y verdor



Fuente: elaboración propia.

Áreas verdes urbanas, herramienta clave de política pública para la ciudad sostenible

La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible incluye 17 objetivos y 169 metas; presenta una visión del desarrollo sostenible para los próximos 15 años e integra las tres dimensiones para la sostenibilidad: económica, social y ambiental. El propósito es cambiar el estilo de desarrollo en las urbes por uno donde prevalezca el respeto al entorno ambiental y se genere un contexto de igualdad y dignidad de la población que reside en la región (ONU, 2017). Los objetivos 11 y 13 son los que se refieren al clima con ambientes urbanos y buscan la consolidación de ciudades ambientalmente sostenibles que aseguren el acceso universal a espacios públicos verdes que reduzcan el impacto negativo respecto a la calidad del aire y al cambio climático, a través de políticas públicas

destinadas a la mitigación y resiliencia, y así fortalecer las relaciones positivas entre los ambientes urbanos, periurbanos y rurales (ONU, 2017).

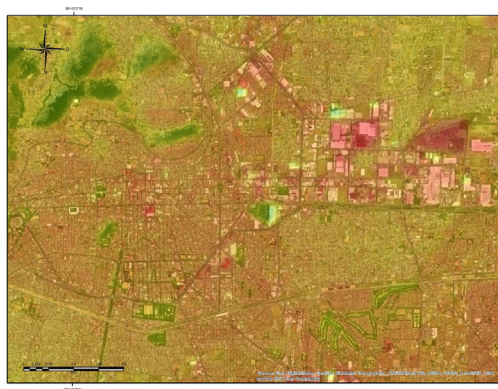
La ciudad que modifica el clima regional aumentando su temperatura contribuye a la consolidación del cambio climático local. De acuerdo con Estrada, Botzen y Tol (2017), los efectos del aumento de la temperatura intraurbana pueden coadyuvar al incremento de hasta 2 °C de las estimaciones del calentamiento global, por lo que investigar y tratar de mitigar esos efectos representa un gran instrumento de reducción de riesgo. No atender dicha dinámica se traduce en acciones más costosas para combatir los impactos del cambio climático en las urbes.

Una de las metas de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) es consolidar el acceso universal a los espacios verdes urbanos. La existencia de suficientes áreas de este tipo proveerá los servicios ecosistémicos de regulación, como la de la temperatura a través del enfriamiento de la atmósfera por la evapotranspiración que, a su vez, proporcionará sombra, captará CO₂ del ambiente y permitirá una mayor filtración de agua al subsuelo. Con infraestructura verde urbana es posible que las ciudades se adapten y sean resilientes a los efectos del cambio climático.

De acuerdo con ONU-Habitat (2020), hay un plazo máximo de 10 años para que los gobiernos nacionales y locales, en colaboración con el sector privado y la sociedad civil, aceleren sus esfuerzos para cumplir con los ODS y busquen soluciones sostenibles para los mayores desafíos que se presentan en el mundo, entre los que se encuentra el cambio climático.

La ZMT no es la excepción. La figura 10 muestra el impacto positivo de los espacios verdes urbanos en el enfriamiento de la superficie y, por ende, en la regulación de la temperatura, la captación de precipitación y la disminución de la escorrentía, lo que genera una atmósfera con mayor humedad; en suma, beneficios ambientales traducidos en un confort térmico.

Figura 10. Espacios verdes urbanos y temperatura intraurbana



Para avanzar en el camino hacia la sostenibilidad, la ZMT debe incluir en su estrategia de política pública el incremento de espacios verdes urbanos, lo que permitirá que la lucha contra el aumento de temperatura intraurbana sea, a la par, contra el cambio climático y así se proyecten mejores escenarios para el futuro cercano.

Conclusiones

La ZMT ha generado un cambio en el comportamiento de los elementos del clima regional, pues impacta en la variable temperatura y permite su aumento al interior de la metrópoli. El análisis espacial realizado para el verano de 2021 muestra un patrón recurrente, en el que las máximas temperaturas se ubican en la zona centro-sur de la ciudad, en el corredor industrial Toluca-Lerma aledaño a la vialidad Tollocan y en el que se localiza junto a la vialidad Aeropuerto y la carretera Toluca-Naucaipan; es decir, se registra incremento en las áreas industriales, administrativas y comerciales.

Con base en el comportamiento de la temperatura intraurbana en zonas específicas, se determinó que la superficie artificial juega un papel fundamental para la consolidación o mitigación del aumento de la temperatura intraurbana, esto de acuerdo con los perfiles realizados a lo largo de la metrópoli, pues se detectó que las áreas verdes y los cuerpos de agua son clave para la disminución de la variable y que las zonas con amplias extensiones de concreto, tales como estacionamientos y techos de lámina —naves industriales—, potencializan los valores de intensidad.

Poseer mayor superficie de áreas verdes dentro de la ciudad permite regular la temperatura a través del enfriamiento de la atmósfera por la evapotranspiración, a la vez que proporciona sombra, capta CO₂ del ambiente y permite una mayor filtración de agua al subsuelo. Contar con infraestructura verde ayudará a que las urbes se adapten y sean resilientes al cambio climático. Por lo anterior, concentrar los esfuerzos en políticas públicas dirigidas al incremento de áreas verdes urbanas posibilitará la regulación climática y creará condiciones de vida óptimas para la población.

Fuentes de consulta

- Alonso, M. S., Labajo, J. L. y Fidalgo, M. R. (2003). Characteristics of the urban heat island in the city of Salamanca (Spain). *Atmósfera*, 16(3), 137-148.
- Atiquil Haq, S. M. (2011). Urban Green Spaces and an Integrative Approach to Sustainable Environment. *Journal of Environmental Protection*, 2, 601-608.
- Banco Mundial. (2015). Indicadores de desarrollo mundial: población urbana. Recuperado de <https://cutt.ly/jBTmLfc>
- Chuvieco, E. (2002). Fundamentos de teledetección espacial. Madrid: Rialp.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (Conanp). (2018).

- Ciudades verdes y sustentables (blog digital). Recuperado de <https://cutt.ly/ZBTWjja>
- Environmental Systems Research Institute (ESRI). (2022). Función Tasseled Cap. Recuperado de <https://pro.arcgis.com/es/pro-app/2.8/help/analysis/raster-functions/tasseled-cap-function>
- Estrada, F., Botzen, W. J. y Tol, R. S. (2017). A global economic assessment of city policies to reduce climate change impacts. *Nature Climate Change*, 7(6), 403-406.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2020). Servicios ecosistémicos y biodiversidad. Recuperado de <https://cutt.ly/fBTWW0L>
- Fernández, F. y Martilli, A. (2012). El clima urbano: aspectos generales y su aplicación en el área de Madrid. *Índice*, 50, 21-24.
- García-Cueto, O., Jáuregui-Ostos, E., Toudert, D. y Tejeda-Martínez, A. (2007). Detection of the urban heat island in Mexicali, B. C., Mexico and its relationship with land use. *Atmósfera*, 20(2), 111-131.
- GEM y Consejo Estatal de Población (Coespo). (2012). Zona Metropolitana del Valle de Toluca. Aspectos sociodemográficos. Toluca: Gobierno del Estado de México.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi). (2020). XIII Censo General de Población y Vivienda 2020. Recuperado de bit.ly/3OQeVuA
- Inegi. (2019). Marco Geoestadístico Nacional, versión 2019. Recuperado de <https://cutt.ly/x1S0ZOK>
- Morales, C., Madrigal, D. y González, L. (2007). Isla de calor en Toluca, México. *CIENCIA ergo sum*, 14(3), 307-316.
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2017). Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Una oportunidad para América Latina y el Caribe. Santiago: CEPAL. Recuperado de bit.ly/3EWATYB
- ONU-Habitat. (2012). Estado de las ciudades de América Latina y El Caribe 2012, rumbo a una nueva transición urbana. Kenia: UN-HABITAT.
- ONU-Habitat. (2020). Reporte mundial de las ciudades. Recuperado de <https://cutt.ly/iBTW8kC>
- Oke, T. R. (1987). *Boundary Layer Climates*. Londres: Routledge.
- Romero, H. y Molina, M. (2008). Relación espacial entre tipos de usos y coberturas de suelos e islas de calor en Santiago de Chile. *Anales. Sociedad Chilena de Ciencias Geográficas*, 1(1), 223-230.
- Secretaría de Desarrollo Social (Sedesol), Consejo Nacional de Población (Conapo) e Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi). (2018). Delimitación de las zonas metropolitanas de México 2015. Ciudad de México: Sedesol/Conapo/Inegi.

Protocolo de Actuación en Contingencias Climáticas dentro de las Áreas Naturales Protegidas Estatales

Action Protocol in Climatic Contingencies into State Protected Natural Areas

Mtro. Manuel Antonio Pérez Rodríguez*

Resumen

Actualmente vivimos en una era de constantes cambios climáticos, de los cuales deriva la falta de certidumbre ante las constantes modificaciones del clima a nivel mundial, eventos que son en gran medida consecuencia de las acciones irresponsables de la humanidad, ya que no hemos tenido la delicadeza de cuidar ni proteger los recursos naturales que nos ofrecen los ecosistemas.

Con el impulso de las acciones emprendidas a través de la Comisión Estatal de Parques Naturales y de la Fauna en el Estado de México (Cepanaf) es que se logran, en conjunto, grandes avances para el cuidado y la continuidad del desarrollo de estrategias que permitan minimizar, controlar y atenuar los efectos climáticos que amenazan constantemente las Áreas Naturales Protegidas (ANP) de la entidad.

Cada año, la temporada de lluvias que en el Estado de México comienza en el mes de junio afecta a cada uno de los municipios, provocando eventos tales como inundaciones, arrastre de materiales, erosión y desestabilización en los sistemas hídricos, entre otros que trastocan la armonía ecológica que existe dentro de las Áreas Naturales Protegidas estatales y hacia las comunidades que tienen influencia directa en ellas. Ante este panorama, el presente Protocolo de Actuación en Contingencias Climáticas dentro de las Áreas Naturales Protegidas Estatales forma parte de las estrategias para hacer frente a las problemáticas derivadas del cambio climático. Este escrito aborda la importancia de la interacción del hombre con la naturaleza a través de la regulación de los elementos que se presentan, así como las sinergias de trabajo para la capacitación del personal que resguarda estos recintos.

* Jefe del Departamento de Conservación y Restauración de Áreas Naturales Protegidas, de la Comisión Estatal de Parques Naturales y de la Fauna.

Las características y procedimientos aquí mencionados son llevados a cabo día con día dentro de las 75 Áreas Naturales de carácter estatal; se tratará de describirlos en este protocolo, puesto que son aplicados por las instituciones participantes en sinergias de conservación, además de por organizaciones no gubernamentales, sistemas educativos, propietarios de las tierras y guardaparques, entre otros.

El Estado de México es la entidad de la República mexicana con el mayor número de Áreas Naturales Protegidas decretadas, las cuales comprenden una superficie total de 999,718.32 hectáreas, lo que representa 44.46% del territorio. Por tal motivo es que existe un gran compromiso para la correcta administración y uso de la información generada para el diseño de planes estatales que permitan una mayor conservación y protección de nuestras Áreas Naturales Protegidas.

Palabras clave

Protocolo, Áreas Naturales Protegidas, conservación, guardaparques.

Abstract

The purpose of this Protocol is the environmental and social protection derived from the extreme conditions that emerge in ecosystems and that are potentiated by the effects of climate change, it arises from the need to have a tool that helps in the planning and establishment of rules and procedures focused on the actions of country people, Land Owners, Brigades of the State Commission for Natural Parks and Fauna, Brigades of the Forest Protector, Municipal Councils, among other actors and that in cases in which events occur of high impact, such as floods, fires, strong winds, there is the establishment of a coordination framework to improve the recovery and mitigation processes.

Keywords

Protocol, Protected Natural Areas, conservation, park rangers.

Introducción

De acuerdo con lo establecido en el Libro Segundo del Código para la Biodiversidad del Estado de México, un Área Natural Protegida es una zona sobre la cual el Estado ejerce su jurisdicción, en la que los ambientes originales no han sido significativamente alterados por la actividad humana y que requieran ser restaurados o preservados para salvaguardar la diversidad genética de las especies silvestres y lograr el aprovechamiento racional de los elementos y recursos naturales, mejorando la calidad del ambiente en los centros de población y sus alrededores, por lo que quedan sujetas a cualquiera de los regímenes de protección previstos por el libro segundo del Código para la Biodiversidad del Estado de México. (Legislación, 2015)

Estos espacios son decretados con la intención de salvaguardar los ciclos ecológicos que se presentan en ellos, así como las partes que

han sido severamente afectadas, pero que tienen alto potencial de ser recuperadas y seguir contribuyendo con la continuidad de los ecosistemas. Las ANP son vitales para la conservación del medio ambiente y la naturaleza, pues están destinadas a la protección de la flora y fauna, y la provisión de servicios ambientales y recursos naturales; sin embargo, para poder seguir disfrutando de sus beneficios, hay que plantear estrategias que promuevan un aprovechamiento sustentable y sostenible de los recursos que ofrecen y qué mejor forma que mediante el instrumento administrativo denominado “programa de manejo”.

Por definición, un programa de manejo es:

El componente orientado hacia la ejecución de un plan de acciones que identifica necesidades, establece prioridades y organiza acciones a corto, mediano y largo plazo a efecto de preservar y conservar la biodiversidad y controlar el uso y aprovechamiento sostenible de los elementos y recursos naturales de una área determinada (GEM, 2022).

La elaboración de estos instrumentos es de vital importancia porque ofrecen un panorama específico del contexto histórico y los medios físico, biótico y socioeconómico de las ANP, información obtenida de la cartografía disponible impresa y digital en las dependencias de los gobiernos federal, estatal e inclusive municipal, así como en distintas instituciones de enseñanza superior, como la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMéx) y la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), entre muchas otras.

En este contexto surge el interés por la conservación y, con él, la misión de preservar el equilibrio ecológico, manteniendo, mejorando e incrementando los recursos naturales y fauna, a través del desarrollo de programas y acciones para reducir el deterioro ambiental (Cepanaf, 2022).

Además, se busca contribuir al desarrollo sustentable del Estado de México en materia de recursos naturales y preservación del medio ambiente, mediante el desarrollo de programas y acciones que permitan reducir el deterioro de los ecosistemas, así como conservar, vigilar, controlar y administrar las reservas y las ANP (Cepanaf, 2022).

Áreas Naturales Protegidas

Como se ha descrito, un Área Natural Protegida es una porción de territorio que guarda valores ecológicos de importancia y cuyo deterioro no ha sido significativo, factores que le dan valor para procurar su conservación. Estas zonas forman parte de los instrumentos de política pública ambiental, que a nivel nacional gozan de alta popularidad porque son indispensables para resguardar medios naturales aún existentes (Inecol, s. f.).

Las ANP cumplen diversos objetivos, entre los que destacan la protección de las cuencas hidrológicas, que son cavidades naturales en las que se acumula agua de lluvia que va fluyendo hacia una corriente principal y finalmente llega a un punto común de salida (Semarnat, 2018); proteger y resguardar las especies de flora y fauna silvestres de la zona, en particular aquellas que por sus características biológicas son parte primordial de los ecosistemas y están consideradas por la NOM-059-SEMARNAT-2001 en alguna categoría de riesgo; proteger el estado natural de los paisajes para mantener los procesos biológicos de cada una de las especies de flora y fauna resguardadas —captura de carbón, ciclos del agua, mantenimiento de suelos—; además, como parte de la conservación, buscar la integración de los núcleos poblacionales que tienen influencia directa dentro de las ANP, promoviendo el desarrollo sostenible (Semarnat, 2010).

Es así que las ANP fueron pensadas y decretadas como espacios para la conservación de los ecosistemas, principalmente de aquellos con gran potencial de aporte a las poblaciones, además del cuidado de las especies biológicas que en ellas interactúan; en suma, cumplen un papel toral en la protección de los recursos naturales. Ahora bien, el desarrollo de políticas públicas al respecto sigue siendo un reto; estas deben estar debidamente encaminadas al reconocimiento de las necesidades de protección, conservación y aprovechamiento sustentable, de ahí que su regulación deba incluir un correcto estudio para la creación del instrumento administrativo rector, que concentre las matrices de acciones a seguir. Por ello, el gran desafío es que cada una de las 90 Áreas Naturales Protegidas del Estado de México cuenten con un programa de manejo, como parte de los protocolos de actuación para la mitigación del cambio climático.

Programa de manejo de un Área Natural Protegida

El programa de manejo de una ANP es un documento que identifica necesidades, establece prioridades y organiza acciones a corto, mediano y largo plazos, a efecto de preservar y conservar la biodiversidad y controlar el uso y aprovechamiento sostenible de los elementos y recursos naturales de un área determinada (Profepa, 2016).

Dicho instrumento será emitido por las autoridades competentes en materia de protección al ambiente, y servirá para la planeación y regulación de las actividades que se pretendan realizar dentro de un ANP; consta de una estructura que permitirá el análisis específico de las áreas naturales:

1. Las características físicas, biológicas, culturales, sociales y económicas del ANP.
2. Los objetivos de creación del ANP.
3. Los lineamientos para la utilización del suelo, el manejo de recursos naturales y la realización de actividades en el área y en sus distintas zonas, de acuerdo con sus condiciones ecológicas.

4. Las acciones a realizar en el corto, mediano y largo plazos para la conservación, restauración e incremento de los recursos naturales, para la investigación y educación ambiental y para el aprovechamiento racional del área y sus recursos naturales.
5. Las bases para la administración, mantenimiento, monitoreo y vigilancia.
6. El señalamiento de las disposiciones jurídicas ambientales aplicables.
7. Los mecanismos de financiamiento del ANP.

Se puede decir que un programa de manejo es el instrumento básico para la conservación de los ecosistemas dentro de las ANP. El desarrollo de cada uno de los puntos que lo componen permitirá tener un análisis estructurado que servirá como eje rector para la toma de decisiones y realización de acciones, además de que facilitará describir de manera clara las actividades antropogénicas que ocurren dentro de las áreas y las afectaciones provocadas por los fenómenos naturales.

Este conocimiento es el primer acercamiento que se tiene del medio ambiente y permitirá la actuación dentro del territorio, con la finalidad de consolidar alternativas compatibles con la recuperación. Así, a partir de la información básica del programa de manejo, se tendrá la facultad y la conciencia de plantear acciones de aprovechamiento sustentable, elaborar proyectos de conservación, generar metas y obtener logros, así como implementar protocolos ante contingencias.

Implementación del protocolo

Como ya se ha mencionado, las ANP tienen un papel muy importante en la conservación de los ecosistemas y es necesario generar instrumentos administrativos para su control y regulación, así como para el establecimiento de sinergias interinstitucionales que favorezcan la capacitación y aportación de conocimiento y recurso por parte de diversas instancias que deseen establecer lazos de trabajo en pro de estas zonas.

La necesidad imperativa de generar protocolos que puedan ser aplicados en las ANP se extiende a la figura de los guardaparques, que deben contar con directrices, puesto que son el personal encargado de la conservación, el control, la vigilancia, la atención a visitantes, el trabajo con pobladores y comunidades, la realización de actividades de educación, así como el combate y prevención de emergencias dentro de las zonas que resguardan.

Los guardaparques cumplen un papel indispensable en la protección del patrimonio cultural, los recursos naturales y los servicios ecosistémicos de los países en que trabajan y, por lo tanto, contribuyen significativamente a la mitigación de los impactos más dañinos del cambio climático (UN, 2022).

Derivado de estas necesidades y de la creación de mejores estrategias, en 2022 las ANP estatales ya cuentan con personal capacitado

para llevar a cabo sus actividades, con el respaldo de la Federación Internacional de Guardaparques (IRF, por sus siglas en inglés) (IRF 2022). Esta sinergia permitirá tener un reconocimiento internacional sobre la importancia de trabajar hacia una visión que motive al guardaparque a establecer asociaciones funcionales gremiales y fortalecer las existentes, para generar caminos como una voz unida y conectar con la comunidad global para compartir conocimientos y promover buenas prácticas.

Es a través de esta conjunción de fuerzas que los guardaparques lograron obtener un protocolo de actuación, el cual tiene los siguientes objetivos:

- Identificar los principales siniestros que se originan dentro de las ANP.
- Actualizar la agenda para el llamado a los servicios de emergencia y auxilio a la población.
- Ser la primera línea de comunicación de contacto.
- Coordinar las acciones para brindar atención inmediata ante incidentes.
- Realizar operativos de vigilancia permanentes, sobre todo en las zonas identificadas como de altos riesgos ambientales, con la finalidad de actuar de manera eficaz ante alguna contingencia.
- Fortalecer la coordinación frente a impactos climáticos.
- Dar soporte a la población y afectados a través de la red establecida.

Etapas

Etapas I. Comienza con el llamado de emergencia y continúa hasta la notificación de cierre del Área Natural Protegida.

Etapas II. Inicia con la notificación de cierre del Área Natural Protegida y continúa hasta el desarrollo de la contingencia.

Etapas III. Acciones de rescate y recuperación.

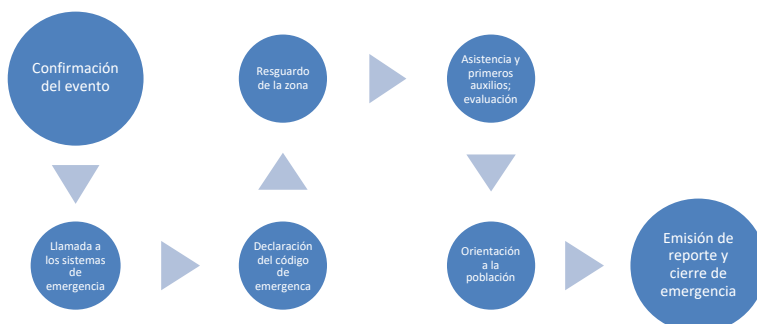
Tabla 1. Etapas del protocolo de actuación de los guardaparques

ETAPA	ACCIÓN A REALIZAR	OBJETIVO
Permanentes	Llevar a cabo operativos de vigilancia permanente en las zonas identificadas como de alto riesgo dentro del ANP.	Monitoreo de zonas.
I. Identificación y alerta	Identificar las zonas de alto riesgo ante los eventos climáticos; comenzar la difusión con los visitantes y la población, para su protección y cuidado.	Tener plena identificación de los sitios catalogados como de alto riesgo ante contingencias climáticas.

II. Notificación a los servicios de emergencia	Ser la primera línea de comunicación y contacto con las diversas instituciones que apoyan en caso de emergencia.	Llamar a los servicios de emergencia.
	Orientar a los visitantes y a las poblaciones.	Mantener el orden.
	Identificar los posibles daños y las necesidades inmediatas, dando información a las autoridades.	Ubicar la zona afectada para facilitar el actuar de los servicios de emergencia.
III. Asistencia	Coordinar las acciones tendientes a brindar atención inmediata en caso de contingencia.	Ser la primera línea de apoyo.

Fuente: elaboración propia.

Gráfico 1. Secuencia para la actuación del guardaparque (simplificada)



Fuente: elaboración propia.

La labor de los guardaparques debe ser reconocida porque tienen un papel crítico en la salvaguarda de los ecosistemas y la protección de la población, como se aprecia a través del protocolo simplificado presentado en el gráfico 1. Dados los peligros que deben enfrentar, el bienestar de los guardaparques debe ser una prioridad, de modo que es necesario mejorar su acceso a los servicios de salud, su seguridad y la posibilidad de emplear tecnologías y redes de comunicación que coadyuven en su actuación. También conviene capacitarlos en primeros auxilios y manejo de contingencias climáticas, como el combate a incendios y evacuación médica, entre otros aspectos.

El cambio climático ha sido definido como una fuerte amenaza impulsada por las acciones del ser humano. Estrategias como el decreto de Áreas Naturales Protegidas, la creación de instrumentos que normen las actividades permitidas y no permitidas dentro de estas —como los programas de manejo—, además de la implementación de protocolos

para los guardaparques, abonarán al cuidado, protección y restauración de las ANP, permitiendo una recuperación de los ciclos naturales y mitigando de esta manera los embates del cambio climático.

Fuentes de consulta

- Comisión Estatal de Parques Naturales y de la Fauna en el Estado de México (Cepanaf). (2022). Comisión Estatal de Parques Naturales y de la Fauna. Misión, Visión y Objetivo. Recuperado de <https://cutt.ly/vBTR0B2>
- Gobierno del Estado de México (GEM). (22 de marzo de 2022). Código para la Biodiversidad del Estado de México. Recuperado de <https://cutt.ly/IBTTyBy>
- GEM. (3 de junio de 2015). Reglamento del Libro Segundo del Código para la Biodiversidad del Estado de México. Periódico Oficial Gaceta del Gobierno. Recuperado de <https://cutt.ly/wBTTeX8>
- Instituto de Ecología, A. C. (Inecol). (s. f.). Áreas Naturales Protegidas, un reto mundial. Recuperado de <https://cutt.ly/iBTR3UZ>
- International Rangers Federation (IRF). (2022). About the IRF. Recuperado de <https://cutt.ly/sBTR5oK>
- Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (Profepa). (2016). Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. Recuperado de <https://cutt.ly/XBTTsH>
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat). (2018). ¿Qué son las cuencas hidrológicas y las reservas de agua? Recuperado de <https://cutt.ly/7BTTppb>
- Semarnat. (2010). Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMAR-NAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Recuperado de <https://cutt.ly/LBTTf6T>
- United Nations (UN). (2022). Universal Declaration of Human Rights. Recuperado de <https://cutt.ly/d1KQfLr>



Directorio

Alfredo Del Mazo Maza
Gobernador Constitucional del Estado de México

Consejo Directivo

Rodrigo Jarque Lira
Secretario de Finanzas y Presidente del Consejo Directivo

Arturo Huicochea Alanís
Director General del IAPEM

Consejeros

Rogelio Tinoco García
**Subsecretario de
Educación Básica**

David Rodrigo Arellano Zubieta
**Coordinador Jurídico y de Igualdad
de Género de la Secretaría de
Finanzas**

Mónica Álvarez Nemer
Diputada

Enrique Víctor Manuel Vega Gómez
**Integrante del Consejo de la
Judicatura del Poder Judicial**

José Raymundo Marcial Romero
**Secretario de Docencia
Universidad Autónoma del
Estado de México**

Felipe Serrano Llanera
**Vocal Ejecutivo del Instituto
Hacendario del Estado de México**

Reyna María del Carmen Ávila Vázquez
Experta en Administración Pública

Sylvia Pérez Campuzano
Experta en Administración Pública

Juan Pablo Noguez Cornejo
**Director General de Control
y Evaluación "B" de la
Secretaría de la Contraloría**

Revista IAPEM, Núm 113, Septiembre – Diciembre de 2022.

Editada por el Instituto de Políticas Públicas del Estado de México y sus Municipios.

se terminó de imprimir en diciembre de 2022 en los talleres de
Comercializadora cjul y/o Julio César Reyes Bernal
Juan Aldama 407-2 Col. Francisco Murguía El Ranchito Toluca, México c.p. 50130
pedidos@cjul.com.mx

La edición consta de 300 ejemplares