

LA DÉCADA COVID  
EN MÉXICO

Los desafíos  
de la pandemia  
desde las ciencias sociales  
y las humanidades

Ecología,  
**medio ambiente**  
y **sustentabilidad**

Ken Oyama  
Felipe García-Oliva  
(Coordinadores)



## Catalogación en la publicación UNAM. Dirección General de Bibliotecas y Servicios Digitales de Información

**Nombres:** Oyama, Ken, editor. | García Oliva, Felipe Francisco, editor.

**Título:** Ecología, medio ambiente y sustentabilidad / Ken Oyama, Felipe García-Oliva (coordinadores).

**Descripción:** Primera edición. | Ciudad de México : Universidad Nacional Autónoma de México, Secretaría de Desarrollo Institucional, 2023. | Serie: La década COVID en México : los desafíos de la pandemia desde las ciencias sociales y las humanidades ; tomo 14.

**Identificadores:** LIBRUNAM 2204855 (impreso) | LIBRUNAM 2204865 (libro electrónico) | ISBN 9786073075039 (impreso) | ISBN 9786073075022 (libro electrónico).

**Temas:** Ecología -- Aspectos sanitarios -- México. | Medio ambiente -- Aspectos sanitarios -- México. | Sustentabilidad -- México. | COVID-19 -- Aspectos ambientales. | Pandemia de COVID-19, 2020- -- Aspectos ambientales -- México.

**Clasificación:** LCC QH541.E357 2023 | LCC QH541 (libro electrónico) | DDC 577—dc23

Este libro fue sometido a un proceso de dictaminación por pares académicos expertos y cuenta con el aval del Comité Editorial de la Secretaría de Desarrollo Institucional de la Universidad Nacional Autónoma de México para su publicación.

Imagen de portada: Fernando Garcés Poó

Gestión editorial: Aracely Loza Pineda y Ana Lizbet Sánchez Vela

Primera edición: 2023

D. R. © 2023 Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria,  
Alcaldía Coyoacán, C.P., 04510, Ciudad de México  
Secretaría de Desarrollo Institucional  
Ciudad Universitaria, 8 Piso de la Torre de Rectoría  
Alcaldía Coyoacán, C.P., 04510, Ciudad de México  
[www.sdi.unam.mx/](http://www.sdi.unam.mx/)

### ELECTRÓNICOS

ISBN (Volumen): 978-607-30-7502-2 Título: Ecología, medio ambiente y sustentabilidad

ISBN (Obra completa): 978-607-30-6883-3 Título: La década COVID en México

### IMPRESOS

ISBN (Volumen): 978-607-30-7503-9 Título: Ecología, medio ambiente y sustentabilidad

ISBN (Obra completa): 978-607-30-6843-7 Título: La década COVID en México



Se autoriza la copia, distribución y comunicación pública de la obra, reconociendo la autoría, sin fines comerciales y sin autorización para alterar o transformar. Bajo licencia creative commons Atribución 4.0 Internacional.

Hecho en México

# Contenido

Presentación	11
<i>Enrique Graue Wiechers</i>	
Prólogo	13
<i>Guadalupe Valencia García</i>	
<i>Leonardo Lomelí Vanegas</i>	
<i>Néstor Martínez Cristo</i>	
Introducción: Ecología, medio ambiente y sustentabilidad	21
<i>Xicoténcatl Martínez Ruiz</i>	
1 La pandemia de COVID-19 en el Antropoceno	29
<i>Ken Oyama</i>	
2 Reflexiones de la pandemia de COVID-19 desde la ecología y <i>Una Salud</i>	61
<i>Gerardo Suzán</i>	
<i>Erika Marcé Santa</i>	
<i>Oscar Rico-Chávez</i>	
<i>Rafael Ojeda-Flores</i>	
3 Estado global de la degradación de los ecosistemas en la década de la pandemia de COVID-19	83
<i>Felipe García-Oliva</i>	
4 La evolución zoonótica: la compleja interacción entre los virus, el ser humano y su ambiente	101
<i>José A. Campillo Balderas</i>	
5 Paisajes antropogénicos de México y zoonosis: hacia la construcción de paisajes sostenibles y saludables	151
<i>Mariana Y. Alvarez-Añorve</i>	
<i>Luis Daniel Avila-Cabadilla</i>	
<i>Daniel Sokani Sánchez-Montes</i>	
<i>Pablo Colunga-Salas</i>	
<i>Sandra Álvarez-Betancourt</i>	
<i>Julieta Benítez-Malvido</i>	

6	Zoonosis de importancia en salud pública en México: un enfoque integral	183
	<i>Víctor Sánchez-Cordero</i> <i>Francisco Botello</i> <i>Saúl Castañeda</i> <i>Jacqueline Sarmiento</i>	
7	Nuestros aliados alados: origen y diversidad de los murciélagos y los servicios ecosistémicos que nos proporcionan	211
	<i>Rodrigo A. Medellín</i>	
8	Responsabilidad de México como agente activo en el comercio de animales silvestres para mascotas	245
	<i>Inés Arroyo Quiroz</i>	
9	Modelos epidemiológicos y COVID-19	277
	<i>Hérica Sánchez Larios</i>	
10	El papel de las plataformas geoespaciales de monitoreo epidemiológico en la mitigación de las pandemias	313
	<i>Adrián Ghilardi</i> <i>Mauricio Quesada</i> <i>Christopher R. Stephens</i> <i>Alejandro Salinas-Medina</i> <i>Gabriel E. García-Peña</i> <i>José Luis Gordillo</i> <i>Romel Calero</i> <i>Pedro Romero Martínez</i> <i>Constantino González Salazar</i> <i>Ilse Ruiz Mercado</i> <i>Antonio Navarrete</i> <i>Emily Sturdivant</i> <i>Roberto Velasco-Segura</i>	
11	Efectos de la pandemia por COVID-19 en la contaminación ambiental	343
	<i>Pamela Chávez-Ortiz</i> <i>José Alberto Morón-Cruz</i>	
12	Ecología, medio ambiente y sustentabilidad. Conclusiones y perspectivas	367
	<i>Ken Oyama</i> <i>Felipe García-Oliva</i>	

## Ecología, medio ambiente y sustentabilidad. Conclusiones y perspectivas

# 12

Ken Oyama  
Felipe García-Oliva

En el libro *Ecología, medio ambiente y sustentabilidad* se presenta un análisis de la pandemia de COVID-19 y sus características en México con la contribución de especialistas en diversos campos de la ecología, las ciencias ambientales y la sustentabilidad. En este capítulo se presentan las principales conclusiones que derivan de los diferentes análisis, las revisiones de la literatura especializada y las propias experiencias académicas y personales de los autores de este libro.<sup>1</sup> Asimismo, esta experiencia analítica y reflexiva ha permitido delinear nuevas líneas de investigación y colaboración, y vislumbrar nuevas perspectivas de cómo enfrentar futuras pandemias, en el entendido de que éstas forman parte de un problema global que aqueja a la humanidad y que requiere de soluciones globales.

La aparición de enfermedades infecciosas emergentes no es una novedad. En las últimas décadas, la humanidad ha experimentado diversos episodios con consecuencias graves a nivel local y regional.<sup>2</sup> Se han registrado más de 400 eventos de enfermedades infecciosas en todo el mundo ocasionados por diver-

---

<sup>1</sup> Aprovechamos este momento para agradecer la generosidad de los académicos que contribuyeron con sus conocimientos y reflexiones para que este libro llegara a buen término.

<sup>2</sup> El síndrome respiratorio agudo severo (SARS), el síndrome respiratorio del Medio Oriente (MERS) y las enfermedades virales del zika, ébola, hendra y nipah han constituido amenazas importantes para la salud pública.

sos agentes.<sup>3</sup> Existe una clara tendencia al incremento de las enfermedades zoonóticas, cuyo origen se remite al contacto entre los animales silvestres o domésticos portadores de los patógenos y el ser humano.<sup>4</sup> Estas enfermedades representan una de las amenazas más significativas de salud global, con fuertes consecuencias en todos los ámbitos sociales, económicos y ambientales. La pandemia de COVID-19 ha mostrado de forma clara cómo un problema inicial de salud pública en un país se convirtió rápidamente en una crisis mundial sin precedentes. El contagio y la propagación de las enfermedades se aceleran por la gran movilidad humana.<sup>5</sup>

El acelerado crecimiento de la población humana, con más de ocho mil millones de personas en esta década, nos envuelve en una encrucijada que demanda cada vez más la explotación y el uso de los recursos naturales del planeta. La pobreza extrema, la desigualdad social, las crisis políticas y ambientales en diferentes regiones del mundo reflejan en gran medida la imposibilidad de satisfacer las necesidades básicas de una gran parte de la población. El crecimiento poblacional no es uniforme y cada país enfrenta ritmos y retos específicos. Sin embargo, la producción de alimentos, el uso del agua, los requerimientos de energía, el desarrollo urbano y todos los bienes y servicios que requiere cualquier sociedad ya no dependen exclusivamente de lo que sucede en cada país. Es por ello por lo que cualquier conflicto trae consecuencias inmediatas en la provisión de los servicios que requieren los países. Esta demanda de bienes y servicios ha ocasionado que los ecosistemas naturales hayan sufrido una degradación tal que procesos básicos como la erosión y la pérdida de la fertilidad del suelo, la contaminación, los cambios en el régimen hidrológico, los cambios en los ciclos biogeoquímicos, la deforestación y la pérdida de la biodiversidad han alcanzado niveles tan graves que se considera que estamos

---

<sup>3</sup> Virus, bacterias, hongos, helmintos, protozoarios y artrópodos.

<sup>4</sup> Se calcula que hay entre 540,000 y 850,000 virus en animales que pueden infectar al ser humano, evento cuyo riesgo aumenta conforme se incrementa la superficie de contacto entre animales domésticos, silvestres y el ser humano.

<sup>5</sup> Se estima que los viajes a través de distintos medios de transporte pero particularmente por vía aérea se han multiplicado en las últimas décadas.

ante una de las grandes crisis ambientales a nivel global.<sup>6</sup> El modelo de desarrollo actual, comúnmente citado como el *modelo civilizatorio moderno*, ha provocado que los procesos naturales que regulan la estabilidad y resiliencia del sistema Tierra están siendo rebasados, con graves riesgos de generar cambios ambientales tan abruptos e irreversibles que comprometan la integridad de la biosfera.

La importancia de las enfermedades zoonóticas de reciente aparición ha favorecido la colaboración transdisciplinaria en la investigación con la inclusión de disciplinas como la biología evolutiva, la ecología, la antropología y la sociología, entre otras, a los campos de la medicina y la salud pública. La pandemia de COVID-19 ha puesto de relieve que las epidemias y pandemias son el resultado de interacciones entre distintas especies<sup>7</sup> como consecuencia de la transformación de los ecosistemas naturales. Estas interacciones múltiples presentan dinámicas propias a diferentes escalas espaciales y temporales. Los virus y los patógenos están en continua interacción con sus hospederos y son el resultado de una larga evolución conjunta que probablemente se remonta al origen de estas especies. Los animales silvestres y prácticamente todos los seres vivos somos portadores de cientos de microorganismos, la mayoría benéficos, que son y han sido fundamentales en el origen y la evolución de la vida en la Tierra. Los animales silvestres a su vez proveen de muchos servicios ecosistémicos a los humanos.

La geografía de la vida está cambiando continuamente y la distribución geográfica de los organismos (incluyendo los microorganismos) cambia por diversos factores. Entre los factores más importantes detrás de estos cambios están los efectos del cambio climático.

Los estudios bioquímicos, genómicos y filogenéticos de los coronavirus han permitido conocer las estructuras de las proteínas, los mecanismos de transmisión, las respuestas inmunológicas de los animales hospederos intermediarios y los procesos de infección a los humanos. Esta información

---

<sup>6</sup> La deforestación y la pérdida de la diversidad biológica están ligadas al menos con el 31% de las enfermedades infecciosas emergentes.

<sup>7</sup> Patógenos, animales silvestres, animales domésticos y poblaciones humanas.

ha permitido generar nuevos modelos analíticos para entender la aparición de nuevas variantes (mutaciones), la predominancia de los distintos linajes virales en el mundo y la naturaleza de las variantes que son importantes para la supervivencia de las personas. Los estudios comparativos en primates no humanos<sup>8</sup> y entre personas no contagiadas y contagiadas también han demostrado su utilidad en el desarrollo de las vacunas y terapias para contender con esta epidemia.

Los modelos matemáticos forman parte fundamental en la investigación de las enfermedades, para diseñar estrategias de control y regulación. Estos modelos pueden extenderse para comprender las dinámicas del contagio y propagación, así como para trazar las posibles trayectorias de la interacción entre la estacionalidad y la variación geográfica del clima con la susceptibilidad y la transmisión de la enfermedad. Estos modelos pueden incluir las tasas de propagación de la enfermedad, la exploración de posibles escenarios futuros, la evaluación retrospectiva de la eficiencia de intervenciones específicas y la identificación de estrategias prospectivas. También pueden combinar datos demográficos, patrones de contagio, la severidad de la enfermedad y la capacidad de los sistemas de salud de un país o de una región para entender mejor la calidad de las intervenciones para controlar la enfermedad. Los modelos al integrar datos de la ecología, genética y biogeografía de los múltiples interactuantes, contribuyen a entender su evolución. El modelado de los nichos ecológicos de las especies involucradas en la transmisión de una zoonosis es una de las mejores estrategias de investigación en este campo. Las plataformas informáticas para el monitoreo y seguimiento espacial y temporal de las enfermedades en todas sus etapas son fundamentales para entender su dinámica y delinear las medidas por tomar en cada una de ellas. Aunado a esto, el desarrollo tecnológico en la secuenciación de los genomas virales, la sofisticación de nuevos métodos de análisis estadístico y la computación de alto rendimiento permitirán construir modelos más robustos para entender mejor la dinámica de las enfermedades y su control. Esto implica la necesidad de tra-

---

<sup>8</sup> Como macacos, babuinos y monos títies.

bajar de forma transdisciplinaria para el estudio de la salud humana y la salud ecosistémica.

La conservación y el manejo adecuado de la fauna silvestre es fundamental para enfrentar las enfermedades infecciosas emergentes y reemergentes. Está demostrado que el aumento en el contacto entre animales silvestres y domésticos y el ser humano es la causa principal del inicio de los contagios de estas enfermedades. El comercio de la fauna silvestre se ha extendido no sólo como producto alimenticio sino también con diversos fines medicinales o espirituales. Los animales silvestres son portadores naturales de muchos microorganismos que no les afectan, pero que al pasar al humano pueden causar enfermedades muy graves. No se cuenta con estadísticas precisas sobre la magnitud de este tipo de negocio; sin embargo, los datos existentes muestran que es una escala millonaria, de alto impacto en la economía de algunos países y que debe regularse para evitar otros desastres en el futuro, no sólo en términos de salud pública, sino por la importancia de esta fauna en sus ecosistemas naturales.

La pandemia causada por el virus SARS-COV-2 indudablemente ocasionó distintos impactos ambientales, algunos de ellos positivos, como la disminución de contaminantes atmosféricos.<sup>9</sup> A pesar de que estos “experimentales naturales” fueron a corto plazo y sin un diseño previo,<sup>10</sup> han sido una oportunidad para probar los posibles efectos de políticas y estrategias dedicadas a mejorar la calidad del aire que pueden ser utilizadas en un futuro. La disminución en la contaminación atmosférica se dio principalmente en las ciudades más pobladas, donde se realizan más actividades industriales y hay una mayor movilidad vehicular. Sin embargo, en diversos estudios se identificó que estos cambios fueron temporales y el retorno a las actividades ha ocasionado que las concentraciones de estos gases vuelvan a niveles previos a la pandemia.<sup>11</sup>

---

<sup>9</sup> NO<sub>x</sub>, CO, PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>, SO<sub>4</sub>

<sup>10</sup> Los estudios dependieron de los periodos de confinamiento en algunos países.

<sup>11</sup> No hay que olvidar que los niveles de contaminación atmosférica son muy altos en todas las grandes ciudades. Además, la contaminación de los suelos y los cuerpos acuáticos por metales pesados, insecticidas, pesticidas, plásticos, etc., van en aumento

Para la contención del contagio de la pandemia se requirió del uso de mascarillas, guantes y demás equipo de protección, la mayoría fabricado con materiales plásticos. Esto generó impactos negativos en los sistemas acuáticos<sup>12</sup> debido a que estos materiales contienen microplásticos, que llevan consigo moléculas tóxicas para los peces y otros organismos, y que pueden llegar a los seres humanos por medio de la cadena alimentaria. Es urgente buscar opciones para una mejor disposición y un mejor manejo de este tipo de residuos plásticos.<sup>13</sup>

En esta etapa post-COVID-19 se requieren cambios importantes, como establecer nuevas estrategias que beneficien la conservación de la biodiversidad y protejan la salud humana mediante un cambio de la economía global para una nueva era de bienestar y prosperidad que nos conduzca hacia una sociedad sustentable. Una política global de prevención de enfermedades es social y económicamente más rentable y menos costosa que enfrentar las pandemias una vez que están presentes. Los marcos conceptuales como *Una Salud (One Health)*, *EcoSalud (EcoHealth)*, *GeoSalud (GeoHealth)* y *Salud Planetaria (Planetary Health)*, entre otros, muestran la necesidad de aproximaciones integrales en la solución de los grandes problemas globales que enfrenta la humanidad.<sup>14</sup> La complejidad de los retos es de tal magnitud que es necesario fortalecer todas las iniciativas encauzadas por diferentes organizaciones e instituciones internacionales. La tarea es tomar iniciativas en diversas escalas espaciales y temporales, para mitigar desde los efectos de las pandemias hasta los del cambio climático. Es importante comprender que si

---

en la mayor parte del planeta.

<sup>12</sup> Aún no existen datos para otro tipo de ecosistemas pero seguramente se empezarán a publicar los resultados de las investigaciones de los efectos de la pandemia sobre otros ecosistemas.

<sup>13</sup> Debido a que hasta hace poco la utilización de cubrebocas o mascarillas era reglamentaria en lugares de trabajo, escuelas, comercio y transporte público en casi todo México, y sigue siéndolo en otros países.

<sup>14</sup> Se ha destacado la necesidad de desarrollar estrategias de trabajo conjunto e interdisciplinario, que permitan prevenir, anticipar y gestionar de una mejor manera los brotes epidémicos y sus consecuencias. Por supuesto, en esta discusión, el tema de la conservación y el cuidado de los ecosistemas y la biodiversidad debe ser prioritario.

no evitamos la destrucción de los ecosistemas naturales y la extinción de los seres vivos no podremos evitar futuras catástrofes ambientales o emergencias sanitarias, como las pandemias. No es en vano el reclamo generalizado de ir construyendo una sociedad cada vez más sustentable que garantice la supervivencia de la vida tal y como la conocemos en el corto y largo plazo. La pandemia de COVID-19 ha sido una excelente lección que debemos de asimilar lo más pronto posible por el bien de la humanidad y de nuestro planeta.

## Tomo 14

### La década COVID en México

#### Ecología, medio ambiente y sustentabilidad



La pandemia de COVID-19 es una de las manifestaciones más notorias de los procesos globales que están afectando a la humanidad. Los efectos de las actividades antropogénicas y los cambios climáticos, demográficos y tecnológicos han modificado los patrones de riesgo de las enfermedades infecciosas en las últimas décadas. Estas enfermedades han aparecido cada vez con mayor frecuencia debido a múltiples factores, entre los que se encuentran la destrucción de los ecosistemas naturales, la urbanización, la intensificación de la agricultura, la industrialización y el cambio climático. Estas enfermedades se propagan inesperadamente a sitios donde antes no ocurrían, debido a los cambios en los patrones de distribución geográfica de las especies patógenas y a su rápida dispersión gracias a la gran conectividad global. Este libro pretende mostrar que la emergencia de las pandemias tiene un profundo sustento en la destrucción de la naturaleza y la pérdida irreversible de la biodiversidad. El análisis de los procesos ecológicos y evolutivos contribuirá a entender los mecanismos, la persistencia y la aparición de nuevas variantes de patógenos causantes de enfermedades infecciosas.



**SECRETARÍA GENERAL**

Universidad Nacional Autónoma de México



**DGCS**  
Dirección General de Comunicación Social



**COORDINACIÓN  
DE HUMANIDADES**