



SECRETARÍA ACADÉMICA
Coordinación de Investigación y Posgrados

LUCIDUM CIENCIA

Revista de **Divulgación Multidisciplinaria**
del Centro Universitario de la Costa

*Ciencias Exactas • Medicina y Salud • Humanidades y Conducta
Tecnología • Ciencias Sociales y Económicas
Ciencias Naturales y Agropecuarias • Ciencias de la Tierra y de la Atmósfera*

DIRECTORIO Dr. Ricardo Villanueva Lomelí. *Rector General*
UNIVERSIDAD DE Dr. Jorge Téllez López. *Rector del Centro Universitario de la Costa*
GUADALAJARA Dr. José Luis Cornejo Ortega. *Secretario Académico*

Editor en Jefe

Dr. Fernando Vega Villasante

Consejo Editorial

Dr. Jorge Téllez López

Dr. José Luis Cornejo Ortega

Mtra. Mirza Liliana Lazareno Sotelo

Dr. José Carlos Cervantes Ríos

Dr. Fabio Germán Cupul Magaña

Dr. Rodrigo Espinoza Sánchez

Dr. Fernando Vega Villasante

Editores Asociados

Dra. Liza Danielle Kelly Gutiérrez. *Biología y Química*

Dra. Stella Maris Arnaiz Burne. *Turismo y Desarrollo Sustentable*

Dr. Jesús Cabral Araiza. *Ciencias Médicas y de la Salud*

Dr. Remberto Castro Castañeda. *Ciencias de la Conducta*

Dr. Luis Javier Plata Rosas. *Físico-Matemáticas y Ciencias de la Tierra*

Dra. Gabriela Andrea Scartascini Spadaro. *Educación y Humanidades*

Dr. Marco Antonio Delgadillo Guerrero. *Ciencias Sociales y Económicas*

Dr. Saúl Rogelio Guerrero Galván. *Biotecnología y Ciencias Agropecuarias*

Dr. Jorge Ignacio Chavoya Gama. *Ingenierías y Arquitectura*

Dra. Olimpia Chong Carrillo. *Multidisciplinaria*

REGISTRO DE

ARTÍCULOS

fvillasante@cuc.udg.mx

Cuidado de la Edición

Lic. Laura Biurcos Hernández; Mtro. Francisco Gerardo Herrera Segoviano

LUCIDUM CIENCIA. Año 2, Núm. 4, julio-diciembre 2023, es una publicación semestral, editada por la Universidad de Guadalajara, a través de la Coordinación de Investigación y Posgrados, por la Secretaría Académica, del CUCosta. Av. Universidad #203, delegación Ixtapa, C.P. 48280, Puerto Vallarta, Jalisco, México; Tel: 322 226 2200, <https://www.cuc.udg.mx/lucidum-ciencia>, fvillasante@cuc.udg.mx. Editor responsable: Fernando Vega-Villasante. Reserva de derechos al uso exclusivo del título 04-2023-021411551400-102, ISSN: 2992-6807, otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número: Coordinación de Investigación y Posgrados, del CUCosta. Av. Universidad #203, delegación Ixtapa, C.P. 48280, Puerto Vallarta, Jalisco, México, Fernando Vega-Villasante. Fecha de la última modificación 15 de noviembre de 2023.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación.

Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización de la Universidad de Guadalajara.

Contenido

Editorial	3	Contaminantes en ecosistemas acuáticos de México: Ecoloco entre nosotros	
Amenazas de los Anfibios durante la Sexta Extinción Masiva		Eduardo Ramírez Ayala, Miguel Ángel Arguello Pérez, Adrián Tintos Gómez, Jorge Alberto Mendoza Pérez, César Antonio Sepúlveda Quiroz, Carlos Alfonso Álvarez González, Rebeca Yasmín Pérez Rodríguez, Gabriel Núñez-Nogueira, César Arturo Ilizaliturri Hernández, Rogelio Costilla Salazar, Josué Israel López Cardiel y José Ángel Hinojosa Larios	49
Liliana Lara-Bejines, Fausto Roberto Méndez-De la Cruz y Donald B. Miles	5		
Veneno embotellado en mezcal	18	Desechos, pero con un gran aporte nutricional: los subproductos	
Fabio G. Cupul-Magaña y Edmundo González-Santillán		Zinnia E. Aguirre-García y Daniel Badillo Zapata	59
Federalismo fiscal y municipio: el origen de los recursos	22	Bonsái: un arte ancestral y un medio sustentable para la apreciación ambiental	
Macedonio León Rodríguez Avalos, Jorge Ignacio Chavoya Gama y Joel García Galván		Leonardo Martínez-Cárdenas	64
Producir conocimiento y resolver problemas: las tesis de los estudiantes de biología del cuc	31		
Miguel Salcedo Sandoval y Fabio G. Cupul-Magaña			
El fraude científico delito académico. SEGUNDA PARTE: La Inteligencia Artificial vs. la inteligencia inmoral: ¿qué postura tiene ChatGPT sobre el fraude científico?	39		
Olimpia Chong-Carrillo, Fernando Vega-Villasante, Martín A. Aréchiga-Palomera, Karen N. Nieves-Rodríguez, Omar A. Peña-Almaraz y ChatGPT			

EDITORIAL

El cuarto número de *Lucidum Ciencia* culmina el segundo año de un espacio diseñado para exponer ideas y hallazgos científicos al gran público. Su finalidad, retomando las palabras del desaparecido divulgador científico Miguel Ángel Herrera, no es educar, sino formar ciudadanos cultos (con capacidad de analizar y tomar decisiones) al ofrecerles información que no es obligatorio tomar y, por lo tanto, no se evalúa. También, la información contenida en este espacio brinda la gran ventaja que se consume cuando se quiere y, además, promete ser una experiencia divertida.

En esta ocasión, la revista publica ocho trabajos entre los que se aborda el problema palpable de los efectos del cambio climático en los seres vivos, en especial sobre los anfibios. Estos seres de piel desnuda, se encuentran inmersos en un proceso que compromete su permanencia en el planeta al ser protagonistas de la sexta extinción masiva. Por su parte, otros animales experimentan el ocaso de sus vidas y el secuestro de sus poderes mágicos al ser inmersos en bebidas espirituosas. He aquí una historia sobre los alacranes embotellados en mezcal, una de las bebidas nacionales por excelencia.

Y, aunque el mundo tiene como escenario el ambiente natural, es innegable que nuestra realidad humana como sociedad en ocasiones se rige, excesivamente, por un orden económico. En las líneas de este número se explora la idea del Federalismo Fiscal a nivel municipal como factor de estímulo para satisfacer la demanda de infraestructura y bienes de este tipo de entidades estatales. Y, precisamente, es la satisfacción de demandas de una sociedad por bienes, servicios y hasta conocimiento básico, la que puede obtenerse de los resultados generados y presentados en este número, por las investigaciones realizadas en las tesis de licenciatura en biología del Centro Universitario de la Costa.

Se presenta la segunda entrega del trabajo sobre el fraude científico como delito académico. En esta ocasión, el manuscrito ofrece una muy interesante “entrevista”, no con una figura académica o investigador renombrado, sino con una “entidad artificial”, un “algoritmo que usa datos para aprender y tomar decisiones”, acusado por algunos sectores de incitar el plagio y, por otros, de estimular el desarrollo de la ciencia y la conciencia humana: la inteligencia artificial llamada ChatGPT. De hecho, es posible que algoritmos como ChatGPT nos auxilien, o al menos nos ofrezcan pistas, para intentar resolver de la mejor manera el problema del manejo de los contaminantes acuáticos que asfixian al país al poner en riesgo la salud humana, los alimentos y la biodiversidad.

Pero, no siempre los desechos de nuestros procesos de consumo rampante son contaminantes o basura despreciable y descartable. Es posible hacer de ellos, especialmente de aquellas partes que no estimulan nuestro apetito (vísceras, huesos, plumas, cueros, picos y demás), alimentos valiosos para nutrir a otras especies animales, como los peces criados y cultivados en cautiverio, que pueden convertirse en la próxima comida servida en nuestra mesa.

La ciencia es hermosa, de ahí que brille o sea lustrosa como lo promueve el título de nuestra revista, pues a través de ella logramos conocer las verdades de la naturaleza y apreciar a detalle las particularidades del entorno y el valor intrínseco de la vida misma. Ya muchas personas han expresado que hacen falta las palabras de un poeta para describir y dar el justo crédito a los maravillosos y mágicos hallazgos científicos. Pero, las bases científicas de la belleza natural no sólo se expresan con las palabras de un poeta, sino también se materializan a través de la expresión plástica del milenario cultivo del bonsái, el cual puede ser develado en las líneas que corren por las páginas digitales de este número.

Recientemente, *Lucidum Ciencia* se incorporó al Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal, Latindex. Esta acción permitirá una amplia difusión de su contenido al entrar en contacto con un mayor número de usuarios. También, fomentará el envío de más colaboraciones por parte de académicos, investigadores, estudiantes y divulgadores de la ciencia. En palabras otras palabras, Latindex es una red institucional que opera de manera coordinada para reunir y diseminar información sobre las revistas científicas producidas en la región iberoamericana.

Dr. Fabio G. Cupul-Magaña

Amenazas de los anfibios durante la Sexta Extinción Masiva

Liliana Lara-Bejines^{1,3,*}, Fausto Roberto Méndez-De la Cruz^{2,3} y Donald B. Miles³

RESUMEN: La 6ta extinción masiva ha sido declarada, siendo los anfibios el grupo más vulnerable de los vertebrados durante el antropoceno. La piel desnuda de estos vertebrados y sus hábitos los hace ser altamente susceptibles a agentes ambientales físicos y biológicos, provocando su disminución poblacional e inclusive su extinción. Durante los 70 y 80 se registraron declives poblacionales de anfibios en diversas partes del mundo. En 1989 se lanzó una advertencia sobre su declive durante el I World Congress of Herpetology. La US National Academy of Sciences propuso

financiar la creación de un grupo de especialistas: Declining Amphibian Populations Task Force (DAPTF), proporcionando dinero semilla para realizar investigaciones para documentar el estatus de los anfibios en el planeta. En la presente compilación se presentan las investigaciones resultantes de esa iniciativa y de otras más recientes. Las amenazas que tienen los anfibios son de diversa índole, como son los productos químicos (con afecciones nerviosas o fisiológicas), especies introducidas, diversas enfermedades, p. ej. el hongo *Batrachochytridium dendrobatidis* y *Batrachochytridium sala-*

¹ Departamento de Botánica y Zoología, División de Ciencias Biológicas y Ambientales, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA), Universidad de Guadalajara, Camino Ramón Padilla Sánchez, #2100, Nextipac, Zapopan, Jalisco, C.P. 45200.

² Laboratorio de Herpetología, Departamento de Zoología, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, AP 70-153, C.P. 04510, Coyoacán, Ciudad de México, México.

³ Ohio Center for Ecology and Evolutionary Studies (OCEES), Quantitative Biology Institute, Life Sciences Building 131, Ohio University, Athens, Ohio, 45701, USA.

* Autor de correspondencia: llara@cucba.udg.mx

mandrivorans, y el calentamiento del planeta; que tiene un efecto sinérgico y en ocasiones, más agresivo que todos los agentes mencionados. En este trabajo se describen brevemente las amenazas que se han identificado como adversos para la supervivencia de los anfibios.

INTRODUCCIÓN

Los anfibios modernos son un grupo de vertebrados que presentan piel vascularizada y lisa sin protección de escamas, pelo o plumas, facilita el intercambio gaseoso e incluye glándulas venenosas y mucosas como mecanismo de defensa y sus huevos tienen membranas extraembrionarias, las cuales dependen de ambientes húmedos para evitar la desecación. Se clasifican en tres órdenes: ranas y sapos (orden Anura), salamandras (orden Caudata) y las cecilias (orden Gymnophiona) (Figura 1).

AMENAZAS QUE ENFRENTAN LOS ANFIBIOS

La 6ta extinción masiva ha sido declarada, los procesos de modificación del entorno ambiental por las actividades humanas han causado la pérdida de la biodiversidad biológica, entre

las actividades antropogénicas más relevantes se encuentra la fragmentación del hábitat y el cambio de uso de tierra, pesticidas, disruptores endocrinos, incremento de la malaria por la disminución de especies, enfermedades emergentes, especies introducidas y el cambio climático; todo esto nos evidencia que el Antropoceno es un periodo extremadamente grave para la supervivencia de la vida en el planeta; estas disminuciones en sus poblaciones son un indicador de un problema ambiental que trae consecuencias negativas en los servicios acuáticos de agua dulce a nivel mundial y pérdida potenciales de especies. Además, sumándose a las afectaciones por las alteraciones ambientales también se evidencian anomalías genéticas, fisiológicas y de comportamiento, que son más agresivas cuando actúan de forma sinérgica.

En las décadas de los setenta y ochenta se documentaron diversos declives de poblaciones de anfibios. La primera señal de alarma mundial ocurrió en 1989, cuando se realizó el primer congreso mundial de Herpetología en Canterbury, Inglaterra en donde el Dr. David Wake compiló las diversas observaciones de declinación y alertó sobre la dramática desaparición de diversos anfibios. La US National



Figura 1. Representantes de los órdenes de los anfibios (Anura, Caudala y Gymnophiona). Autor Fausto R. Méndez de la Cruz.

Academy of Sciences se propuso financiar la creación de un grupo de especialistas conocida como la Declining Amphibian Populations Task Force (DAPTF), quienes proporcionaban dinero semilla para realizar investigaciones para documentar el estatus de los anfibios en diferentes partes del planeta; investigadores de varios países intercambiaron experiencias sobre el descenso de las poblaciones de anfibios, al mismo tiempo en ese periodo se detectó la disminución de la capa de ozono y comenzaron hacer conexiones entre las dos ocurrencias, ya que consideraban que los anfibios son bioindicadores de la calidad ambiental y estaban respondiendo al estrés ambiental, evidenciándose por las malformaciones genéticas, patógenos, reducción de hábitats, contaminación, etc. Los anfibios son un grupo de organismos muy susceptibles ante los agentes externos, entre otras cosas por tener la piel prácticamente expuesta. Ante la presión por el desarrollo humano se han promovido diversos agentes que los ha puesto en riesgo de extinción a nivel mundial. Actualmente el planeta presenta un total de 42,100 especies de organismos amenazados de extinción, es decir, un 28% del total de las especies evaluadas por la IUCN (Red List of Threatened Species). En el grupo de los anfibios se presenta el porcentaje más elevado de especies amenazadas, ya que un total de 6,633 especies de anfibios registradas en el planeta, el 41% de ellas están bajo alguna amenaza de riesgo.

En los años ochenta se registraron los primeros casos del declive en las poblaciones de los anfibios, donde los casos más mencionados fueron la rana incubadora gástrica australiana (*Rheobatrachus silus*) y el sapo dorado de Costa Rica (*Incilius periglenes*), ambos registros fue-

ron en especies con distribución restringida y cuya extinción definitiva ocurrió sin determinar claramente el motivo, ya que sus hábitats se mantenían intactos. Fue para los años noventa cuando se observaron las disminuciones de las poblaciones de una forma dramática, es el caso de seis especies de *Atelopus* de los Andes venezolanos, estos se volvieron raros y desaparecieron por completo de las áreas donde alguna vez fueron abundantes. Aunado a estas evidencias, los científicos empezaron a investigar las causas probables, atendiendo a la naturaleza de los agentes implicados: abióticos y bióticos.

FRAGMENTACIÓN DEL HÁBITAT Y CAMBIO DE USO DE TIERRA

En los años sesenta se comenzó a estudiar la fragmentación del hábitat utilizando la teoría de Metapoblaciones y la teoría de Biogeografía de Islas. Las fragmentaciones de los sistemas naturales han sido ocasionadas principalmente por las actividades humanas, detonando la pérdida del hábitat, la reducción en el tamaño de los parches y el aislamiento de especies. La fragmentación y el cambio de uso de la tierra son dos causas principales que representan importantes amenazas a la biodiversidad ya que han causado extinciones locales, regionales y mundiales, llegando a la pérdida de comunidades de anfibios. La agricultura es una de las actividades que mayor proporción de tierra consume y esta expansión es uno de los factores que ha causado la disminución en las poblaciones de anfibios. Además, la construcción de vías de comunicación, como las carreteras, han incrementado la amenaza para los anfibios ya que provocan la endogamia y aceleran su extinción.

PESTICIDAS

Los anfibios muestran una gran fragilidad al efecto de los pesticidas y ponen en grave riesgo la supervivencia de sus poblaciones. Existe una gran cantidad de contaminantes, derivados de la actividad humana, que afectan a los anfibios, como pesticidas, fertilizantes químicos, herbicidas y aguas residuales, entre otros. La mayoría de ellos son arrastrados y en ocasiones acumulados en los cuerpos de agua, provocando alteraciones físicas y químicas, que afectan la calidad de vida. Al ser los anfibios organismos dependientes de los cuerpos de agua pueden estar totalmente expuestos a estos ambientes contaminados. Por ejemplo, un agente altamente dañino para los anfibios es el herbicida glifosato, como se evidenció en los renacuajos de *Scinax nasicus*, que, habiendo sido expuestos sólo durante 24 horas, presentaron cola doblada, deformidades en la boca y edemas cefálicos, por las alteraciones en la estructura cartilaginosa debidas a la disrupción en la formación de colágeno. En las especies de *Elutherodactylus johnstonei* y *Euflictis cyanophlyctis* se observó un daño a nivel celular rompiendo las cadenas de ADN y causando fragmentación cromosómica, dando como consecuencia alteraciones genéticas o afectación a la descendencia. En un estudio realizado en Argentina con los anfibios *Rhinella fernandezae* y *Dendropsophus sanborni* encontraron anomalías en las funciones de las gónadas por actividades relacionadas con la agricultura y el uso de pesticidas, observaron una reducción del éxito reproductivo por reducción en las células germinales y un alto número de anomalías testiculares en las dos

especies, túbulos seminíferos poco desarrollados y volumen testicular reducido.

DISRUPTORES ENDOCRINOS

Los disruptores endocrinos (DE) se definen hoy en día como sustancias químicas exógenas que pueden ser naturales o sintéticas que interfieren en el equilibrio hormonal y son capaces de tener efectos adversos sobre la salud de un organismo o de su progenie, es decir, estas sustancias interfieren en la unión, síntesis, transporte o eliminación de hormonas naturales que son responsables del mantenimiento de la reproducción, desarrollo, comportamiento y homeostasis de un organismo. En 1962, Raquel Carson advirtió que los productos químicos, como el DDT (Dicloro difenil tricloroetano), malatión, paratión y el clordano tendrían un efecto negativo en todos los seres vivos. Los residuos de dichos productos son persistentes en los suelos y al tener contacto con ellos se almacenan permanente en el cuerpo de los organismos vivos (tejido adiposo, riñón, hígado y cerebro), ya que se pueden absorber por la piel o inhalarse en forma de aerosol o polvo y son acumulativos.

Desafortunadamente en los ambientes acuáticos se han detectado compuestos llamados contaminantes emergentes (CE) en bajas concentraciones y se cree que pueden alterar el metabolismo de los organismos acuáticos. Uno de los herbicidas que sigue siendo utilizado en diversos países, incluyendo a Estados Unidos y México es la Atrazina, la cual contamina el suelo y el agua causando un desarrollo anormal de los ovarios, de los testículos e incluso hermafroditismo en las ranas africanas con garras *Xenopus laevis*. Por otra parte, el te-

buconazol provocó alteraciones en los niveles de hormonas esteroides en plasma y gónadas y, por lo tanto, interrumpió la síntesis hormonal esteroidea y promovió la feminización testicular en la rana leopardo *Rana pipiens*.

En el 2013 en los canales de Xochimilco y Chalco encontraron en los tejidos de *Ambystoma mexicanum* los plaguicidas: Diazinon, Metil-paratión, Corpirifos, Etoprofos y Malatión.

No sólo los pesticidas afectan a los anfibios en desarrollo, el triclosán es un antiséptico utilizado en hospitales, es antimicótico y también es utilizado en productos como jabones, desodorantes y pastas dentales y puede ocasionar problemas en la salud humana. La disrupción endocrina está provocando graves alteraciones a los anfibios y esto puede ser un factor que puede provocar la eliminación total de las poblacionales.

Las etapas tempranas de formación de los individuos han resultado las más sensibles a los disruptores endocrinos. La exposición de los embriones en desarrollo a disruptores endocrinos puede alterar su determinación sexual e incluso pueden impedir su reproducción, considerando que las alteraciones involucran cambios estructurales, reproductivos, endocrinológicos, conductuales, displásicos (cuando las células sufren una proliferación y alteraciones atípicas que afectan a su tamaño, forma y organización) y neoplásicos (masa anormal de tejido que aparece cuando las células se multiplican más de lo debido o no se mueren cuando deberían). Es importante mencionar que los mismos problemas pueden manifestarse en la sexualidad humana y deberían investigarse más a fondo debido a que pueden estar causando anomalías en su sexualidad.

ENFERMEDADES EMERGENTES: BACTERIAS, HONGOS, VIRUS Y OTRAS ENFERMEDADES

Las dinámicas de los humanos propiciaron el deterioro ambiental y el surgimiento de nuevos patógenos en los sistemas, provocando un aumento en las enfermedades emergentes, representando una amenaza global para los anfibios. Además, el tráfico ilegal de organismos ha provocado una dispersión mayor de patógenos. Se han reconocido una gran variedad de hongos, virus y bacterias que afectan a los anfibios y pueden provocar diferentes afecciones como: septicemia, avobacteriosis, mycobacteriosis, y clamidiosis (bacterial), iridovirus (ISKNV) (enfermedad inmunosupresora que afecta a los órganos como bazo y riñón y herpesvirus o herpes viral (HSV), quitridiomycosis, zigomycosis (enfermedad cutánea), cromomycosis (enfermedad cutánea que afecta la piel y el tejido celular subcutáneo) (fúngica). Las infecciones por bacterias suelen ocurrir en animales en cautiverio por condiciones insalubres y de estrés. El síndrome de patas rojas, causado por *Aeromonas hydrophila*, causa vasodilatación, congestión, hemorragias, derrames celómicos, erosiones epidérmicas, úlceras, descamación y necrosis, lo podemos observar en el vientre o extremidades posteriores. La flavobacteriosis es provocada por una bacteria que ataca a los anfibios en cautiverio, algunos síntomas son edemas en la córnea o lingual, congestión visceral y derrames en los sacos linfáticos. Otro tipo de bacteria que afectan a los anfibios son la Micobacteriosis, ya que produce la enfermedad granulomatosa crónica (EGC) y las lesiones pueden aparecer macroscópicamente como solitarias o en nódulos multifocales, los

órganos que afecta son el hígado, el bazo y los riñones. Por último, la clamidiosis es otra bacteria que daña a los anfibios produciendo exceso de líquido en los sacos linfáticos, letargo y despigmentación cutánea además de Petequias y desprendimiento de la piel e hinchazón abdominal. Las especies que han presentado tasas de mortalidad de moderadas a altas son la rana africana con garras *Xenopus laevis* en los Estados Unidos, la rana de pestañas de la Isla de Salomón *Cornufer guentheri* en Canadá, la rana común europea *Rana temporaria*, la rana barrada gigante *Mixophyes iteratus* y la salamandra *Pachytriton* sp. en Alemania.

Los anfibios, por ser organismos de piel húmeda y vascularizada los hace vulnerables a microorganismos como los hongos que pueden llegar a ser patógenos y pueden reducir a las poblaciones. En 1999 Pessier y colaboradores determinaron por primera vez la enfermedad del hongo quitridiomycosis en las poblaciones de Centroamérica y Australia. Dos de los hongos que más afectan a los anfibios son: *Batrachochytridium dendrobatidis* (Bd) y *B. Salamandrivorans* (Bs) que afecta a las salamandras. Para el año del 2013 el Bd se había encontrado en 56 de 82 (68%) países en todos los continentes, mientras que Bs se ha encontrado en Europa y en Asia.

El Bd invade el tejido queratinizado de la epidermis, las etapas premetamórficas infecta el aparato bucal, en la piel se producen malformaciones bucales y se desarrolla en las extremidades traseras, la sintomatología incluye la pérdida del reflejo de enderezamiento, letargo, epidermis anormal (descamación), deshidratación, ulceración epidérmica, hemorragias en la piel, ojos y músculo e aumento de la sangre en dedos y vientre, además baja su sistema

inmunológico, asociándose otras infecciones fúngicas como equimosis de la piel (moretón pequeño causado por la fuga de sangre de los vasos sanguíneos rotos en los tejidos de la piel o las membranas mucosas), congestión de las vísceras, úlceras y Petequia (manchas redondas pequeñas que aparecen en la piel como consecuencia del sangrado) lo que usualmente termina con la muerte del organismo.

En México el hongo Bd se ha registrado en los estados de Sonora, Guerrero, Chiapas, Ciudad de México, Estado de México, Michoacán, Morelos, Oaxaca, Puebla, Hidalgo, Nuevo León, centro de Veracruz, Tabasco y Jalisco, algunas especies que han presentado el hongo: *Rheohyla miotympanum*, *Dryophytes eximius*, *Dryophytes arenicolor*, *Charadrahyla taeniopus*, *Smilisca baudinii*, *Lithobates spectabilis*, *Lithobates berlandieri*, *Hyalinobatrachium fleischmanni*, *Spea multiplicata*, *Rhinella horribilis*, *Leptodactylus fragilis* y *Ambystoma mexicanum*, entre muchas otras.

Otro hongo que ha causado muertes en los caudados (salamandras) es *Batrachochytrium salamandrivorans* (Bs), se cree que se introdujo por humanos por el comercio de anfibios de Asia a las poblaciones silvestres de Europa y se conoce que es letal en algunas especies de América del Norte por estudios de laboratorio. Bs se demostró que se transmite por contacto directo de diferentes especies de urodelos por ejemplo *Cynops pyrrhogaster* a *Salamandra salamandra* lo que demuestra el potencial de propagación de patógenos, la sintomatología que presentan los organismos va desde ulceraciones epidérmicas hasta la muerte de los organismos. En América no se ha detectado, pero existe un alto riesgo de introducirlo por medio de la importación de organismos de Europa.

Los mohos acuáticos como *Saprolegniam* spp. son otro problema para los anfibios, este patógeno afecta esencialmente a los huevos produciendo infertilidad o hasta la muerte de los renacuajos en salamandras provoca pérdida de apetito, letargo, vómito, pérdida de peso y hasta la muerte.

Existen pocos virus patógenos que afectan a los anfibios y los podemos encontrar en cautiverio y en vida salvaje, algunos de los virus son Ranavirus y Herpesvirus de Luke. La sintomatología de Ranavirus en la piel se observan lesiones cutáneas, inflamación generalizada o focal debido a derrames en los sacos linfáticos y en la cavidad corporal, además de letargo, natación anormal, postura corporal anormal, pérdida de apetito y en zonas amaratadas en patas o alrededor de la boca. Por último, el Herpevirus de Luke o herpesvirus-1 (RaHV-1), el cual fue descrito por Luke en 1934, y lo asoció con un carcinoma renal de la rana leopardo *Lithobates pipiens* la cual se distribuye por el sur de Canadá, sur del este de Washington, Arizona, California hasta el centro de Nebraska, Ohio, el norte de Kentucky, Virginia Occidental, Pensilvania y Nueva York.

Existen otras enfermedades como amebas, ciliados, flagelados, helmintos y artrópodos que pueden ocasionar problemas a los anfibios, la amebiasis se aloja en los órganos internos de los anfibios como intestinos, hígado o riñón y los síntomas que presentan son diarrea, deshidratación, anorexia y sangrado en las heces fecales. Los protozoarios ciliados y flagelados los podemos encontrar en el intestino y piel de los anfibios, algunos pueden causar graves lesiones como letargo, palidez, anorexia, necrosis en el bazo por obstrucción del flujo sanguíneo y bazo agrandado. Las infecciones por el gusano trematodo *Ribeiroia* provoca deformidades y malformaciones en las poblaciones de anfibios y salamandras del género *Ambystoma*; esta enfermedad es un parásito enquistado y produce bultos amarillos en la piel. Por último, algunos artrópodos también pueden causar problemas a los anfibios como los ácaros y garrapatas que pueden causar lesiones cutáneas de color rojo, mientras que las moscas diptéridas en estado larval (gusanos) consumen los huevos de los anfibios y salamandras (Figura 2).

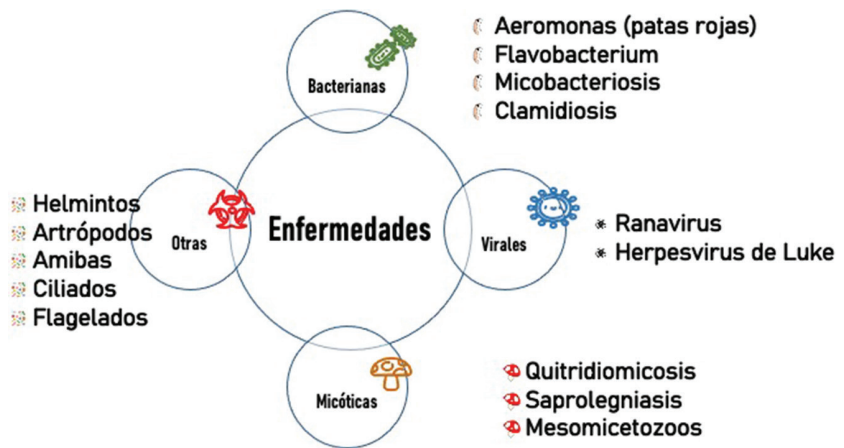


Figura 2. Enfermedades emergentes.
Fuente: Desmore & Green, 2007.

ESPECIES INTRODUCIDAS

Las especies introducidas son aquellas que no son nativas de una región o país a la que llegaron de manera accidental o intencional como resultado de las actividades humanas, las especies introducidas se establecen en el nuevo sitio, se reproducen, se dispersan causando daños en los ecosistemas y afectan a las especies nativas, a la economía y a la salud de las poblaciones. Al estar estas especies en un ecosistema nuevo pueden desarrollar comportamientos de adaptación, en ocasiones diferentes a los que presentan originalmente en sus zonas naturales. Por ejemplo, pueden desarrollar formas de depredación de recursos que les permite competir de forma exitosa con las especies nativas, desplazándolas incluso en las zonas de reproducción. También pueden modificar severamente el ambiente por ser portadores de organismos que provocan nuevas enfermedades en los organismos locales y pueden llegar a causar su extinción local o total.

La rana de uñas africana *Xenopus laevis*, fue un organismo utilizado en estudios en biología molecular y del desarrollo, esta especie es originaria del sur de África, de ambientes templados, tropicales y subtropicales. El primer registro fuera de África fue en los años 50, introducida en un estanque artificial en el pueblo de Bouillé-Saint-Paul en Francia, en Portugal se cree que pudo haber sido introducida en 1979 después de una inundación en el sótano del instituto de investigación en Oeiras, en donde se utilizó la especie para estudios de biología de desarrollo. En Chile el primer registro fue un solo organismo en una laguna en cerca del Aeropuerto Internacional de San-

tiago en el año de 1973. En Estados Unidos el primer reporte fue en el año de 1968 en el río de Santa Ana en Los Ángeles. Para México, en 2014 se ha documentado en Baja California. Estos organismos invaden cuerpos de agua y áreas perturbadas, gracias a su alta adaptabilidad y éxito reproductor.

La rana toro *Lithobates catesbeianus*, es otro organismo ampliamente introducido en diferentes partes del mundo. Su distribución nativa es de Norteamérica, desde Nueva Escocia en Canadá hasta el sureste de Estados Unidos. Las introducciones incluyen varias regiones del mundo, desde Europa, en donde se han encontrado al menos 25 introducciones, incluyendo Brasil, Colombia, Argentina, Chile, Alemania, Holanda, Grecia, Italia, Bélgica, Reino Unido y Francia en los años 90's. Es una especie de impactos muy negativos, sus larvas pueden superar a las larvas de las especies nativas y los adultos son depredadores generalistas y en México han sido registradas como competidores de anfibios endémicos en las zonas que han invadido, afectándolas y poniéndolas en riesgo; se cree que tenía una distribución restringida en México a las tierras bajas costeras de Tamaulipas y el norte de Veracruz, sus primeros registros se basan en las primeras localidades que se registraron en México, en el año de 1853 en Cadereyta, Nuevo León y en Altamirano, Tamaulipas en 1898. En 2001 se realizó una amplia investigación sobre la introducción de la rana toro en México y se registró su introducción a 16 estados, sin control alguno y sin determinar cuáles efectos negativos podrían generar en ese momento en el ambiente. En Aguascalientes la introducción de la rana toro comenzó en los años de 1945 y 1950 con fines comerciales (criadero para alimen-

to) sin embargo con el clima frío y el problema de abastecer de alimento a las ranas el proyecto fracasó. Su longevidad, amplia capacidad de depredación y de adaptación la ha convertido en una seria amenaza de los organismos nativos a donde ha sido introducida.

Una de las historias mejor documentada sobre especies invasoras es la del sapo de caña *Rhinella marina*, que naturalmente se encuentra en México, Centroamérica, América del Sur y la Isla de Trinidad. Su rango se extendió aproximadamente desde los 27° N de latitud en el Noreste de México hasta los 10° S de latitud en el Centro de Brasil, y durante más de 200 años esta especie fue introducida a muchos países para combatir plagas de la caña de azúcar. La primera introducción registrada fue en la Guayana Francesa y de Martinica a Barbados antes del año de 1844. En 1920 fue introducida a Puerto Rico, Barbados, Jamaica y en 1855 el organismo se introdujo hasta las Bermudas. En Estados Unidos de América, *Rhinella marina* originalmente sólo estaba en el sur de Texas hasta que fue introducida en Luisiana y Florida, en 1934 el sapo de caña fue introducido de las Filipinas a Hawaii, después en 1937 fue introducida de Papúa Nueva Guinea desde Hawaii. En la invasión a Australia, llegaron ejemplares a Gordonvale, North Queensland el 22 de junio de 1935, se extendieron desde el río Archer hasta el río Tweed en Queensland, mostrando un aumento entre los años de 1974 a 1979. Los sapos se introdujeron a petición de los dueños de las plantaciones de caña, el propósito era controlar el escarabajo de la caña, que se alimenta de las raíces de la caña, que al final los sapos no pudieron controlar. Actualmente, para controlar la abundancia de los sapos se ha recurrido a

métodos desde remoción manual, supresión hormonal, trampeo, reubicación de los organismos hasta el uso de ingeniería genómica, sin mucho éxito.

Sin embargo, uno de los problemas más graves con las introducciones de las especies es que resulta imposible la remoción total de ejemplares en las regiones invadidas y, lo que es peor, que la expansión continúa.

Otro caso grave fue la introducción en el lago de Pátzcuaro de la carpa de Isabel o la carpa barrigona *Cyprinus carpio*. Aunque no se tiene registro de cuándo fue introducida, esta especie es omnívora y observaron experimentalmente que consumían los huevos del *Ambystoma dumerelii* y este evento está ligado a su dramática disminución en su ambiente natural. En el año de 1987 se capturaron más de 6,000 individuos, pero en el año 2000 la captura disminuyó a cero individuos. Desafortunadamente, las carpas *C. carpio* se han liberado en muchos cuerpos de agua, además del lago de Pátzcuaro, sin que haya análisis detallados de los impactos generados en otros *Ambystomas*, anfibios o peces nativos.

El peor de los ejemplos de zonas con especies invasoras lo representa Florida, en donde existen 14 especies de anfibios introducidos registrados oficialmente, con nulo éxito para extirparlos, a pesar de los múltiples esfuerzos para controlar sus poblaciones.

CAMBIO CLIMÁTICO

El cambio climático es un problema actual con grandes impactos que involucran procesos naturales y procesos antropológicos a escala mundial, la tierra se está calentando y están empezando a experimentar las anomalías en

el clima, ejemplos claros fueron los incendios forestales de Australia entre los años de 2019 y 2020, siendo la peor temporada registrada ya que ocurrieron más de 15 mil incendios en todos los estados (19 millones de hectáreas dañadas), impactando a la vida humana y sobre todo a la biodiversidad, otro impresionante fenómeno se presentó en septiembre del año 2022 con el huracán Ian presentándose como un ciclón categoría 4 con vientos de 240 km/h y dejando destrucción en Cuba y Florida.

El cambio climático es una causa de la disminución de las poblaciones de anfibios debido a diversos efectos, dos de ellos son: el aumento de la radiación ultravioleta (UV) y el incremento de temperaturas. Las temperaturas son un factor importante en las larvas de los anfibios, ya que la temperatura ambiental puede afectar la metamorfosis y las tasas de crecimiento, además de algunos aspectos básicos de su biología, como el tiempo y calidad de forrajeo, la temporada y la modificación de las condiciones para la reproducción, además afectando el momento de hibernación. Los cambios de precipitación y temperatura inciden en los cambios en la distribución y abundancia de las poblaciones de anfibios, y esto tiene efectos directos en la fenología y en la generación de un estrés fisiológico que puede ser deletéreo.

A la fecha México ocupa el séptimo lugar de riqueza de anfibios en el mundo, posee aproximadamente el 5% de las especies totales registradas y por tener el 80% de endemismo. Sin embargo, los anfibios mexicanos corren un alto riesgo ante el cambio climático, particularmente las especies microendémicas.

CAMBIOS EN LA ABUNDANCIA Y DISMINUCIÓN DE INSECTOS E INCREMENTO DE LA MALARIA

Los anfibios se alimentan principalmente de insectos, principalmente de familia de dípteros, siendo su dieta fundamental los quironómidos y tipúlidos. Sin embargo, en los últimos años se han detectado disminuciones en la biomasa de los artrópodos en diversas regiones del mundo. La disminución se atribuye a diversas causas, la perturbación ambiental y los insecticidas, como unas de las causas fundamentales en la pérdida de insectos. Los declives observados en las palomillas de Inglaterra muestran la grave pérdida de especies en los últimos 35 años, lo que indica un grave deterioro en la disponibilidad de alimento para murciélagos y anfibios. Se ha observado que, de 337 especies, 222 de ellas muestran números en declive. Ese declive también ha afectado la abundancia de anfibios, reptiles y aves, cuya dieta está basada principalmente en ese grupo de artrópodos.

Por otro lado, la disminución de anfibios está afectando severamente a los humanos. La malaria o paludismo es una enfermedad febril aguda provocada por el parásito del género *Plasmodium* y se propaga a las personas a través de la picadura del mosquito del género *Anopheles* (únicamente las hembras se alimentan de sangre, por lo que son las responsables de transmitir la enfermedad), existen más de 150 especies de *Plasmodium* pero sólo cuatro especies afectan a los humanos (*P. falciparum*, *P. vivax*, *P. ovale* y *P. malariae*); *Plasmodium falciparum*, es común en África, es la especie más mortal ya que causa la muerte por anemia o coma y *Plasmodium vivax*

sólo causa infecciones debilitantes y rara vez la muerte, ambas especies son de distribución mundial. La Organización Mundial de la Salud en su último informe mundial de malaria 2022 menciona el aumento de malaria entre el 2020 y 2021, aunque a un ritmo más lento que el 2019 y 2020, los casos se situaron en unos 247 millones en 2021, frente a los 245 millones en 2020 y los 232 millones en 2019 (Figura 3).

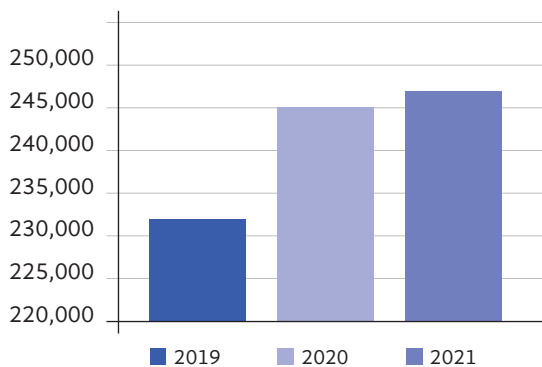


Figura 3. Casos de Malaria año 2022, modificado del Informe Mundial de Malaria 2022 (OMS, 2023).

En el 2022, se realizó un análisis con un modelo de regresión donde observaron que al disminuir los anfibios por el hongo *Bd* hubo un aumento de malaria en Costa Rica en los años de 1991 al 2001 y en Panamá en los años 2002 al 2007, por lo tanto, proporcionaron evidencia empírica de que la disminución de anfibios generada por patógenos puede desencadenar el aumento en la incidencia de enfermedades en humanos transmitidas por insectos.

Otro caso importante al mencionado en 2020, señalan que el 12% de las especies de los países tropicales tienen una clasificación: vulnerable, casi amenazados o en peligro, y representan el 64% de las especies en todo el mundo y los anfibios en particular son los organismos que más han sufrido los problemas ambientales y han tenido disminuciones en

sus poblaciones en los trópicos por la pérdida de hábitat, el hongo *Bd* y el cambio climático. Además, los anfibios han evidenciado ser fundamentales para la comunidad de serpientes. El decremento significativo de anfibios derivó en el colapso de una comunidad de serpientes neotropicales (*Sibon annulatus*, *Oxybelis brevirostris*, *Sibon argus*, *Imantodes cenchoa*, *Dipsas sp.* y *Leptodeira septentrionalis*). Evidenciando la importancia de los anfibios como parte natural del equilibrio ecosistémico y que su ausencia puede detonar graves consecuencias en el aumento de enfermedades, incluyendo a los humanos.

CONCLUSIÓN

Actualmente estamos viviendo dentro del Antropoceno, en parte definido por la 6ta extinción masiva del planeta por la pérdida de la diversidad biológica, entre ellos el declive en las poblaciones de anfibios. La piel desnuda de estos organismos y sus hábitos dependientes del ambiente acuático los hace susceptibles a agentes bióticos y abióticos como pueden ser enfermedades emergentes como el hongo *Batrachochytridium dendrobatidis* y *Batrachochytridium salamandrivorans* y a las alteraciones fisiológicas por disruptores endócrinos. Desafortunadamente, la influencia del hombre, y la contaminación o erosión, está presente prácticamente por todo el planeta, afectando a todos los seres vivos, principalmente a los anfibios por ser altamente susceptibles. Estas modificaciones multinivel a nivel mundial, están afectando otros organismos, como las serpientes, modificando drásticamente su supervivencia, o los mosquitos, promoviendo la malaria y afectando a los seres humanos.

Los anfibios son importantes por ser bioindicadores de los ecosistemas, por su metabolismo, son capaces de transformar la energía asimilada en biomasa más eficientemente que los endotermos, lo que permite mantener las redes tróficas en los ecosistemas, son consumidores de insectos que puede ser una forma de control de las enfermedades y ayudan a mantener el equilibrio ecosistémico, siendo presas de otros organismos. En México los anfibios tienen una importancia cultural importante y han formado parte de la identidad mexicana en usos de cosmovisión, mágico-religioso y medicinal. Urge medidas que protejan a estos interesantes, enigmáticos y muy indispensables vertebrados, por representar organismos que equilibran los ecosistemas y su desaparición desfavorece significativamente a la salud de las poblaciones humanas.

LITERATURA RELEVANTE

- Ávila-Agüero, M.L. (2008). Epidemiología de la malaria en Costa Rica. *Acta médica costarricense*, 50(2), 72-74.
- Carson, R. (1962). *Silent spring*. Houghton Mifflin Harcourt.
- Corn, P. (2005). Climate change and amphibians. *Animal Biodiversity and Conservation*, 28(1), 59-67.
- Donnelly, M.A., y Crump, M.L. (1998). Potential effects of climate change on two neotropical amphibian assemblages. *Climatic Change*, 39, 541-561.
- Duellman, W.E., y Trueb, L. (1986). *Biology of Amphibians*. The Johns Hopkins University Press. McGraw-Hill.
- Easteal, S. (1981). The history of introductions of *Bufo marinus* (Amphibia: Anura); a natural experiment in evolution. *Biological Journal of the Linnean Society*, 16(2), 93-113.
- Guillette, L., Jr., y Crain, D.A. (Eds.) (2000). *Environmental Endocrine Disruptors -An Evolutionary Perspective*. Taylor & Francis.
- Hayes, T., Haston, K., Tsui, M., Hoang, A., Haeffele, C., y Vonk, A. (2003). Atrazine-induced hermaphroditism at 0.1 ppb in American leopard frogs (*Rana pipiens*): Laboratory and field evidence. *Environmental Health Perspectives*, 111(4), 568-75.
- Huacuz Elías, D.C. (2002). *Programa de Conservación y Manejo de *Ambystoma dumerilii*. El Achoque del Lago de Pátzcuaro*. Universidad Michoacana de Hidalgo, Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza.
- Li, Y., Cohen, J. M., y Rohr, J. R. (2013). Review and synthesis of the effects of climate change on amphibians. *Integrative Zoology*, 8(2), 145-161.
- McMahon, T.A., y Rohr, J.R. (2015). Transition of Chytrid Fungus Infection from Mouthparts to Hind Limbs during Amphibian Metamorphosis. *EcoHealth*, 12, 188-193. DOI: 10.1007/S10393-014-0989-9
- Olson, D.H., Aanensen, D.M., Ronnenberg, K.L., Powell, C.I., Walker, S.F., Bielby, J., y Fisher, M.C. (2013). Mapping the global emergence of *Batrachochytrium dendrobatidis*, the amphibian chytrid fungus. *PLoS one*, 8(2), e56802.
- Peralta-García, A., Valdez-Villavicencio, J. H., y Galina-Tessaro, P. (2014). African clawed frog (*Xenopus laevis*) in Baja California: a confirmed population and possible ongoing invasion in Mexican watersheds. *The Southwestern Naturalist*, 59(3), 431-434.

- Pessier, A.P., Nichols D.K., Longcore, J.E., y Fuller M.S. (1999). Cutaneous chytridiosis in poison dart frogs (*Dendrobates* spp.) and White's tree frogs (*Litoria caerulea*). *J Vet Diag Invest*, (11), 194-199.
- Sánchez, L.C., Lajmanovich, R.C., Peltzer, P., Manzano, A.S., Junges, C.M., y Attademo, A.M. (2014). First evidence of the effects of agricultural activities on gonadal form and function in *Rhinella fernandezae* and *Dendropsophus sanborni* (Amphibia: Anura) from Entre Ríos Province, Argentina. *Acta Herpetológica*, 9(1), 75-88. DOI: 10.13128/Acta_Herpetol-13759
- Sabath, M.D., Boughton, W.C., y Eastal, S. (1981). Expansion of the range of the introduced toad *Bufo marinus* in Australia from 1935 to 1974. *Copeia*, 676-680.
- Springborn, M.R., Weill, J.A., Lips, K.R., Ibáñez, R., y Ghosh, A. (2022). Amphibian collapses increased malaria incidence in Central America. *Environmental Research Letters*, 17(10), 104012.
- Wake, D.B. (1991). Declining amphibian populations. *Science*. 253: 860.
- Zipkin, E.F., DiRenzo, G.V., Ray, J.M., Rossman, S., y Lips, K.R. (2020). Tropical snake diversity collapses after widespread amphibian loss. *Science*, 367(6479), 814-816.

Veneno embotellado en mezcal

Fabio G. Cupul-Magaña^{1*} y Edmundo González-Santillán²

EL MEZCAL, PARA SERLO, DEBE TENER «GUSANO»

No sólo en México, sino en varias partes del mundo, nos topamos con licores en cuyo interior observamos animales flotando. Para los mexicanos, la imagen más común es la del gusano rojo de maguey dentro de botellas de mezcal (Figura 1). Este gusano, es en realidad la larva de una mariposa de la familia Cossidae de nombre *Comadia redtenbacheri*, anteriormente conocida como *Xyleutes redtembacheri*.

Figura 1. Mezcal El Recuerdo de Oaxaca con «gusano», presentación de 750 ml. En el recuadro a la derecha un acercamiento al «gusano» dentro de la botella.



^{1*} Departamento de Ciencias Biológicas, Centro Universitario de la Costa, Av. Universidad 203, Delegación Ixtapa, 48280, Puerto Vallarta, Jalisco. fabio.cupul@academicos.udg.mx

² Colección Nacional de Arácnidos, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Tercer circuito s/n, Ciudad Universitaria, Copilco, Delegación Coyoacán, A.P. 70-153, 04510, Ciudad de México. edmundo.gonzalez@ib.unam.mx

Aunque se desconoce la fecha exacta de inicio de la costumbre de embotellar gusanos, posiblemente comenzó en la década de los años cincuenta del siglo pasado o mucho más tiempo atrás. La adición de gusanos al mezcal es sin duda una táctica comercial que, al resultar exitosa, se volvió una estrategia permanente para su comercialización, a tal punto que hasta hoy existe cierto convencimiento que el mezcal, para serlo, debe incluir «gusano».

De hecho, la cultura popular afirma que el «gusano» le otorga ciertas propiedades afrodisíacas a la bebida y que, en el licor, se concentra toda la fuerza del mezcal. Aunque poner al gusano dentro de la botella de mezcal no es una práctica tradicional, su consumo como fuente de alimento rico en proteínas por los pueblos originarios de México, la llamada entomofagia, sí lo es.

LICOR DE ALACRÁN

Además de los «gusanos», otros artrópodos embotellados en mezcal son los alacranes o escorpiones. En el país, se han documentado dos marcas comerciales. Scorpion®, en su presentación de 200 ml y elaborado en Oaxaca, puede tener un ejemplar de *Vaejovis oaxaca*, especie sólo conocida para ese estado. El Tiro®, de Durango y en su presentación de 1 l, contiene hasta dos ejemplares de especies diferentes: *Centruroides suffusus*, con distribución en Durango, Sinaloa y Zacatecas; y *C. nigrimanus*, de Guerrero y Oaxaca.

Ni duda cabe que, en ambos mezcales, la presencia del alacrán es una exótica y atractiva combinación para el consumidor del néctar etílico, quien no experimentará ninguna intoxicación al ingerirlo porque les fue am-

putado el aguijón y la glándula del veneno. Además, el contenido alcohólico de la bebida puede ser suficiente para desnaturalizar y desactivar las propiedades tóxicas del veneno. De hecho, dentro de la Norma Oficial Mexicana NOM-142-SSA1/SCFI-2014, la cual regula las especificaciones sanitarias de las bebidas alcohólicas, está permitido el empleo de ingredientes, como los gusanos y otros más, dentro de las botellas, siempre y cuando no representen un riesgo a la salud.

MEZCAL SAN CARLOS

Hace algún tiempo nuestros colegas y amigos, Dra. Alma R. Raymundo Huizar y el Mtro. Rafael García de Quevedo Machain, nos obsequiaron una pequeña botella de 100 ml de mezcal San Carlos (Recuerdo de Oaxaca), que adquirieron en un tianguis de vendedores oaxaqueños en Guadalajara. Sin más datos que un número telefónico de Guadalajara, el Mezcal de Alacrán establece su condición de medicinal y afrodisíaco en su etiqueta (Figura 2).



Figura 2. Mezcal de Alacrán San Carlos, Oaxaca. Botella de vidrio en presentación de 100 ml.

Aunque no existe evidencia de una relación entre el incremento del deseo sexual y el uso de alcohol (de hecho, lo reduce), es seguro que una parte significativa de la población mexicana, al contraer un resfriado común o fiebre, confiaría en primera instancia en un trago de mezcal mezclado con sal y limón, en lugar de la medicina occidental. De hecho, diversas comunidades alrededor del mundo, consideran a las bebidas alcohólicas tradicionales como una parte integral y «beneficiosa» de su cultura.

CENTRUROIDES INFAMATUS

Por el patrón de pigmentación del caparazón (Figuras 3A y 3B), la forma del aguijón (Figura 3C), así como por el número de dientes presentes en los peines (esas estructuras sensoriales localizadas en la parte ventral del cuerpo; Figura 3D), fue posible determinar que la

especie embotellada es *Centruroides infamatus* (Figura 3). (*Centruroides*, del griego *kentron* = espina y *oura* = cola; *infamatus*, palabra latina que refiere a deshonorado o difamado; algo así como «el de cola con espina sin honra»).

Este alacrán se distribuye ampliamente por el país, pues se le encuentra en los estados de Aguascalientes, Colima, Durango, Guanajuato, Jalisco, Michoacán, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Querétaro y Sinaloa. De hecho, su distribución, así como su variación en formas y colores, además de estudios de biología molecular, ha puesto a pensar a los investigadores que no se trata de una sola especie, sino de varias, razón por la que se incluyen en una denominación conocida como complejo «*infamatus*» (es decir, que puede agrupar muchas especies aún sin describir).

Además, es una especie considerada de importancia en salud pública, pues su picadura produce intoxicaciones (alacranismo) en los seres humanos que requieren de atención médica. Asimismo, otro de los aspectos más fascinantes es el folclor que lo rodea, no sólo a la especie, sino a los alacranes en general. Son protagonistas frecuentes de mitos y leyendas, donde desempeñan papeles de seres peligro-

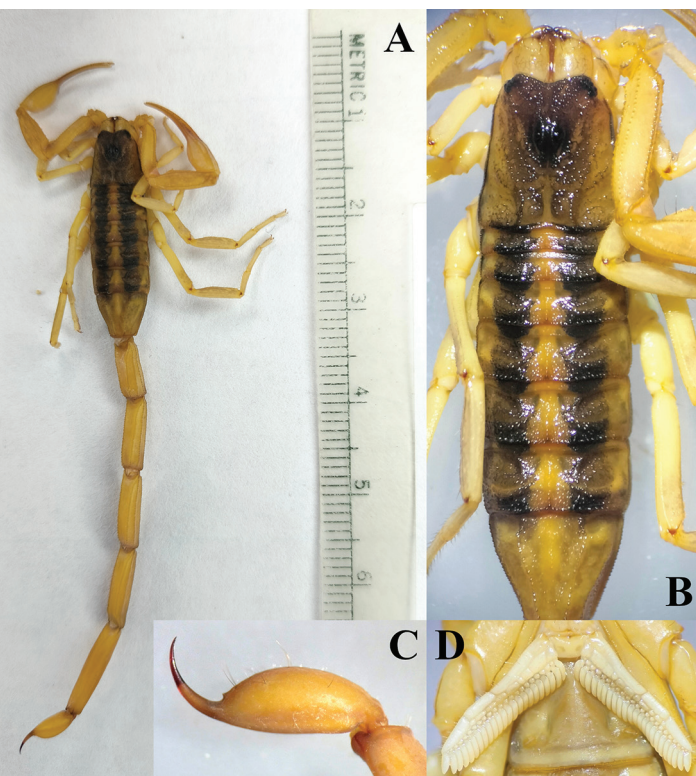


Figura 3. Alacrán de la especie *Centruroides infamatus* embotellado en el Mezcal de Alacrán San Carlos de Oaxaca. Longitud total de 7.5 cm. A) Vista dorsal del ejemplar completo. B) Vista dorsal del cefalotórax o prosoma y segmentos anteriores del abdomen o mesosoma. C) Vista lateral del aguijón (acúleo), telsón y último segmento del abdomen posterior o metasoma. D) Detalle de los peines en la parte ventral anterior del abdomen o mesosoma.

sos y mortíferos; aunque también fueron tomados como dioses en algunos pueblos, como el egipcio y el maya. Así, cuando se esté tomando un trago de mezcal con alacrán, no sólo se disfrutará de este espléndido licor, sino que se encontrará bebiendo, de manera figurativa, parte de las fuerzas sagradas con que algunas culturas ataviaron a este magnífico y sorprendente arácnido.

LITERATURA RELEVANTE

- Arias-González, L., y Ávila-Vanegas, C. (1998). *Análisis de un sistema productivo caso: Mezcal Monte Albán*. Seminario de Investigación, Universidad Autónoma Metropolitana. Consultado el 30 de mayo de 2023. <http://148.206.53.231/tesiuami/uam5978.pdf>
- Cupul-Magaña, F.G., y Francke, O.F. (2013). Tres especies de alacranes (Scorpiones: Buthidae y Vaejovidae) embotellados en mezcal mexicano. *Revista Ibérica de Aracnología*, (22), 123-124.
- De Armas, L.F. (2001). El alacrán en la cultura cubana contemporánea. Una aproximación. *Revista Ibérica de Aracnología*, (4), 99-103.
- Gezgin Yazici, H., y Utaş Akhan, L. (2023). The sexual experiences and sexual problems encountered by men with alcohol use disorder: A qualitative study. *Alcoholism Treatment Quarterly*, 41, Consultado el 30 de mayo de 2023. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/07347324.2023.2206792>
- Gómez, B., y Junghans, C. (2016). Los alacranes (Arachnida: Scorpionida) en la filatelia. *Dugesiana*, 23(1), 37-43.
- Gross, T. (2014). Mezcal and Mexicanness: The symbolic and social connotations of drinking in Oaxaca. *Folklore*, (59), 7-28.
- Kawahara, A.Y., Martinez, J.I., Plotkin, D., Markee, A., Butterwort, V., Couch, C.D., y Toussain, E.F.A. (2023). Mezcal worm in a bottle: DNA evidence suggests a single moth species. *PeerJ*, 11, e14948 <https://doi.org/10.7717/peerj.14948>
- Linares-Guillén, J.S. (2021). *Análisis sistemático del complejo "infamatus" del género Centruroides (Scorpiones: Buthidae) en México* [tesis de maestría, Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo].
- Ponce-Saavedra, J., Francke B.O.F., Quijano-Ravell, A.F., y Cortés Santillán, R. (2016). Alacranes (Arachnida: Scorpiones) de importancia para la salud pública en México. *Folia Entomológica Mexicana (nueva serie)*, 2(3), 45-70.
- Ramos-Elorduy, J. (2006). Threatened edible insects in Hidalgo, Mexico and some measures to preserve them. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 2, 51. <https://doi.org/10.1186/1746-4269-2-51>
- Vázquez-Galicia, S.A. (2015). El alacrán en Mesoamérica: transgresor sexual y símbolo de lo negativo. *Itinerarios*, (21), 101-122.

Federalismo fiscal y municipio: el origen de los recursos

Macedonio León Rodríguez Avalos¹,
Jorge Ignacio Chavoya Gama² y Joel García Galván³

RESUMEN: Entender por una parte cómo funciona nuestro sistema recaudatorio mexicano, pero por la otra entender cómo se distribuyen los recursos que recauda el Gobierno federal pasa en un primer momento por analizar y comprender teóricamente al federalismo fiscal como una corriente económica. Pero también pasa por entender el sistema federalista fiscal mexicano establecido en nuestra Carta Magna y que dio origen a un Sistema Nacional de Coordinación Fiscal que permitió la adhesión de las 32 entidades federativas y dio nacimiento a una Ley de Coordinación Fiscal.

Y sí las entidades federativas de México tienen como su división territorial al municipio,

entonces también el nivel municipal a través de los estados está adherido a este Sistema Fiscal que por una parte específica quién cobra qué impuestos por cada nivel de gobierno y cómo se distribuyen los recursos que recaudan la federación y los estados que posteriormente vía transferencias hacen llegar al nivel menor que es el municipal.

Siendo el objetivo de este artículo, mostrar con claridad de dónde los municipios de México obtienen el 73% de sus ingresos para realizar los servicios e infraestructura que la sociedad les demanda en el día a día.

Palabras clave: Federalismo Fiscal, Municipio, Ingresos, Participaciones, Aportaciones.

¹ Profesor investigador Titular "A" de la Universidad de Guadalajara-Centro Universitario de la Costa. Miembro del Cuerpo Académico UDG-CA-3030. macedonio.rodriguez@academicos.udg.mx

² Profesor investigador Titular "B" de la Universidad de Guadalajara-Centro Universitario de la Costa. Responsable del Cuerpo Académico UDG-CA-303. jorge@academicos.udg.mx

³ Profesor investigador Asociado "B" de la Universidad de Guadalajara-Centro Universitario de Ciencias Económico Administrativas. Miembro del Cuerpo Académico UDG-CA-116. joel.garcia@cucea.udg.mx

FEDERALISMO FISCAL

Primero debemos comenzar por recordar que el Federalismo teóricamente es la superposición de estados regionales adheridos a un gobierno central, de tal forma que ambos se coordinan y establecen un conjunto de facultades y restricciones. Entre estas facultades y restricciones entrelazaremos la definición de federalismo fiscal a través de la siguiente premisa: una federación es simplemente un sistema de gobierno multinivel en donde varios niveles de gobierno existen, cada uno de los cuales tiene autoridad para tomar decisiones económicas dentro de su jurisdicción. En términos económicos, incluimos una variedad de cosas. Esta variedad de cosas corresponde a una estructura vertical del sector público, que involucran los roles de los diferentes niveles de gobierno y las formas en que se relacionan entre ellos a través de las subvenciones intergubernamentales y los espacios normativos y positivos que cada ámbito de gobierno tiene. Por ello el principal dilema del federalismo, se sintetiza en la siguiente idea: delimitar las responsabilidades y los espacios fiscales para cada ámbito de gobierno y maximizar la eficiencia y la eficacia, tanto para la atención de las necesidades como para la recaudación de tributos.

Bajo esta perspectiva, se explica que el gobierno central debería guardar la responsabilidad básica de la estabilidad económica y la redistribución del ingreso para la asistencia a las personas en situación de pobreza. Por lo cual podemos entender que el federalismo fiscal es la división de la recaudación de ingresos y responsabilidades de gasto entre los diferentes niveles de gobierno, y que cada ámbito de

gobierno tiene restricciones sobre los instrumentos fiscales que puede emplear y los gastos que puede hacer.

A estas premisas es importante abonar lo siguiente: adicionar ciertos instrumentos y servicios que el gobierno central aporta dentro del federalismo fiscal y que son los siguientes: a) los gobiernos locales ceden ciertas voluntades a cambio de recibir otras por parte del gobierno central; b) el gobierno central es quien establece la distribución de los recursos, considerando un criterio de eficiencia; c) el gobierno central promueve la equidad fiscal tanto de los impuestos como de la distribución de los recursos; y d) el gobierno central podrá otorgar ciertos bienes y servicios que considere prioritarios para el desarrollo de los gobiernos locales.

A las anteriores premisas debemos adicionar ciertos instrumentos y servicios que el gobierno central aporta dentro del federalismo fiscal y que son: a) gasto en bienes y servicios; b) transferencias monetarias a hogares e individuos; c) subsidios a las compañías, empresas y actividades productivas indispensables; d) transferencias a otros niveles de gobierno; e) el uso de tarifas para el consumo de ciertos bienes y servicios; f) la banca de desarrollo; g) regulación de todos los sectores de la economía (laboral, la competencia económica, la explotación de los bienes naturales, la protección ambiental, la energía, el comercio internacional, telecomunicaciones, etc.); y h) las corporaciones y empresas públicas.

EL FEDERALISMO FISCAL MEXICANO

La historia y evolución del federalismo se ha construido a través de las Constituciones

mexicanas en distintos periodos hasta llegar a lo previsto en los ordenamientos de 1824 y 1857, ambas constituyen un antecedente del cimiento de la organización política del Estado mexicano.

En efecto, las bases para la organización del sistema político de México, fueron establecidas en las Constituciones de 1824 y 1857, que en su evolución construyeron las bases del federalismo en el artículo 40 del ordenamiento de 1917, aún vigente, que establece que el Estado mexicano es una República, representativa, democrática, laica y federal organizada por entidades federativas libres y soberanas, lo que implica que el federalismo no sólo deba de considerarse como de naturaleza política sino también en el aspecto fiscal, es decir la concurrencia de facultades entre las autoridades hacendarias federal y estatal.

En efecto, la forma de organización y distribución de las cargas fiscales se desarrolla a través de la delimitación de facultades recaudatorias y presupuestales entre las tres formas de gobierno: federal, estatal y municipal para evitar establecer impuestos, contribuciones o derechos sobre los mismos sujetos, objetos e hipótesis normativas, es decir al especificar potestades exclusivas y concurrentes se armoniza la imposición tributaria a favor de los ciudadanos. Es así que el federalismo fiscal, no sólo se refiere a la distribución y delimitación de las potestades tributarias de la Federación, entidades federativas y municipios, también se establecen disposiciones sobre la distribución de los recursos generados vía contribuciones coordinadas.

Por lo tanto, su implementación ha sido una herramienta para establecer las limitaciones y facultades concurrentes a través de

la construcción de bases normativas y de organización del Sistema Nacional de Coordinación Fiscal (SNCF) que se concretó en el año de 1980 con la publicación en el Diario Oficial de la Federación (DOF) de la Ley de Coordinación Fiscal (LCF), que contempla la evolución de las propuestas y reformas constitucionales originadas de las propuestas y conclusiones de tres Convenciones Nacionales Fiscales (1925, 1936 y 1947) que lograron armonizar las potestades de la Federación, los Estados y delimitar las cargas tributarias de los contribuyentes y de una Convención Nacional Hacendaria (2004) que buscó un nuevo federalismo fiscal, garantizar la soberanía estatal y la autonomía municipal.

MUNICIPIO E INGRESOS

El municipio mexicano tiene su sustento legal en el Artículo 115 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos que a la letra dice: los estados adoptarán, para su régimen interior, la forma de gobierno republicano, representativo, democrático, laico y popular, teniendo como base de su división territorial y de su organización política y administrativa, el municipio libre.

En su apartado IV de este Artículo Constitucional se menciona que los municipios administrarán libremente su hacienda, la cual se formará de los rendimientos de los bienes que les pertenezcan, así como de las contribuciones y otros ingresos que las legislaturas establezcan a su favor, y en todo caso:

a) Percibirán las contribuciones, incluyendo tasas adicionales, que establezcan los Estados sobre la propiedad inmobiliaria, de su fraccionamiento, división, consolidación, tras-

lación y mejora, así como las que tengan por base el cambio de valor de los inmuebles. Los municipios podrán celebrar convenios con el Estado para que éste se haga cargo de algunas de las funciones relacionadas con la administración de esas contribuciones.

b) Las participaciones federales, que serán cubiertas por la Federación a los Municipios con arreglo a las bases, montos y plazos que anualmente se determinen por las Legislaturas de los Estados.

c) Los ingresos derivados de la prestación de servicios públicos a su cargo.

Las leyes federales no limitarán la facultad de los Estados para establecer las contribuciones a que se refieren los incisos a) y c), ni concederán exenciones en relación con las mismas. Las leyes estatales no establecerán exenciones o subsidios en favor de persona o institución alguna respecto de dichas contribuciones. Sólo estarán exentos los bienes de dominio público de la Federación, de las entidades federativas o los Municipios, salvo que tales bienes sean utilizados por entidades paraestatales o por particulares, bajo cualquier título, para fines administrativos o propósitos distintos a los de su objeto público.

Los ayuntamientos, en el ámbito de su competencia, propondrán a las legislaturas estatales las cuotas y tarifas aplicables a impuestos, derechos, contribuciones de mejoras y las tablas de valores unitarios de suelo y construcciones que sirvan de base para el cobro de las contribuciones sobre la propiedad inmobiliaria.

Las legislaturas de los Estados aprobarán las leyes de ingresos de los municipios, revisarán y fiscalizarán sus cuentas públicas. Los presupuestos de egresos serán aprobados por

los ayuntamientos con base en sus ingresos disponibles, y deberán incluir en los mismos, los tabuladores desglosados de las remuneraciones que perciban los servidores públicos municipales, sujetándose a lo dispuesto en el Artículo 127 de esta Constitución.

LAS TRANSFERENCIAS FEDERALES Y ESTATALES: PARTICIPACIONES Y APORTACIONES

Para entender las transferencias federales y estatales tenemos que hacer referencia al Sistema Nacional de Coordinación Fiscal (SNCF) que en su origen de su organización y estructura está relacionado con la evolución del régimen tributario mexicano, pues en ese sistema no sólo se ocupa de la recaudación de contribuciones, también establece las reglas del procedimiento contencioso y la forma de distribución de los ingresos a través de las participaciones federales. Debido a la forma de gobierno que se tiene en México surgió la necesidad de armonizar las haciendas locales (estatales y municipales) con el nivel federal, a través de la aprobación el 22 de diciembre de 1978 de la Ley de Coordinación Fiscal (LCF).

Esta Ley de Coordinación Fiscal establece en su Artículo 1o.- que tiene por objeto coordinar el sistema fiscal de la Federación con las entidades federativas, así como con los municipios y demarcaciones territoriales, para establecer la participación que corresponda a sus haciendas públicas en los ingresos federales; distribuir entre ellos dichas participaciones; fijar reglas de colaboración administrativa entre las diversas autoridades fiscales; constituir los organismos en materia de coordinación fiscal y dar las bases de su organización y funciona-

miento. Donde se establece que, de la federación, a través de los estados les llegarán a los municipios recursos vía Participaciones del Ramo 28 y Aportaciones del Ramo 33 establecidas ambas en el Presupuesto de Egresos de la Federación del ejercicio fiscal correspondiente. Por lo cual pasaremos a analizar y entender ambos ramos.

PARTICIPACIONES FEDERALES: RAMO 28

Los recursos de este Ramo forman parte del Gasto No Programable (son las erogaciones a cargo de la federación que derivan del cumplimiento de obligaciones legales o del Decreto de Presupuesto de Egresos, que no corresponden directamente a los programas para proveer bienes y servicios públicos a la población), por lo que dependen de la Recaudación Federal Participable (RFP: es el mecanismo mediante el cual se concentra el total de recursos de origen federal susceptibles de participación por parte de las entidades federativas y los municipios. Su cálculo se establece en el Artículo 2° de la Ley de Coordinación Fiscal) efectivamente obtenida en el ejercicio fiscal y por tanto de la actividad económica y petrolera. Su carácter principal es resarcitorio, debido a que al asignar los recursos considera la participación de las entidades federativas en la actividad económica y la recaudación y, por lo tanto, pretende generar incentivos para incrementar el crecimiento económico y el esfuerzo recaudatorio de las entidades. Al carecer de un destino específico en el gasto de los municipios, los recursos no se encuentran etiquetados. Es decir, pueden destinar los gobiernos municipales los recursos en aquellos rubros que deseen y que

vengan establecidos en su propio presupuesto correspondiente al ejercicio fiscal.

Este Ramo 28 se compone de recursos encontrados en los siguientes catorce fondos estableciendo además la fórmula o cálculo de distribución de cada uno de ellos:

1. Fondo General de Participaciones (FGP). El monto de este fondo se calcula con el 20% de la Recaudación Federal Participable (RFP) y se distribuye a las entidades federativas de acuerdo al monto asignado al FGP en el año de 2007, al crecimiento económico, al esfuerzo recaudatorio y al tamaño de la población de cada entidad.

2. Fondo de Fomento Municipal (FFM). Se constituye del 1% de la RFP y se distribuye a las entidades federativas conforme al monto asignado al FFM en el año 2013, y el excedente respecto a dicho año se asigna conforme al crecimiento de la recaudación de impuesto predial y de los derechos de agua y al tamaño de la población de la entidad.

3. Participaciones Específicas en el Impuesto Especial sobre Producción y Servicios. Se constituye por el 20% de la recaudación del Impuesto Especial sobre Producción y Servicios (IEPS) de bebidas alcohólicas y cervezas y el 8% de tabacos. Se distribuye de acuerdo con la participación de cada estado en la recaudación de dichos impuestos.

4. Fondo de Fiscalización y Recaudación. Se compone del 1.25% de la RFP y se distribuye a las entidades federativas conforme al monto del Fondo de Fiscalización de 2013 y, el excedente respecto a dicho año se asigna de acuerdo con la evolución de diversos indicadores de fiscalización y al crecimiento de la recaudación de impuestos y derechos locales de cada entidad.

5. Fondo de Extracción de Hidrocarburos (FEXHI). Se compone por los ingresos petroleros aprobados en la Ley de Ingresos multiplicados por un factor de 0.0087 y se distribuye a las entidades productoras de petróleo conforme a su participación en el valor de la extracción bruta de hidrocarburos y el valor de la extracción de gas asociado y no asociado.

6. Fondo de Compensación (FOCOM). Se calcula como los dos onceavos de la recaudación del IEPS sobre ventas finales de diésel y gasolina. Este fondo se distribuye a los 10 estados conforme al recíproco del Producto Interno Bruto no minero y no petrolero.

7. Incentivos por el IEPS sobre Ventas de Diésel y Gasolina (IEPS). Se constituye con los nueve onceavos de la recaudación del IEPS sobre ventas finales de diésel y gasolina. Se distribuye conforme a la participación de cada entidad en el consumo de diésel y gasolina.

8. Participaciones para Municipios que realizan Comercio Exterior. Se calcula como el 0.136% de la RFP y se destina sólo a municipios fronterizos o litorales por donde se realiza comercio exterior conforme a la recaudación del impuesto predial y derechos de agua.

9. Participaciones para Municipios Exportadores de Hidrocarburos. Se calcula como el resultado de multiplicar los ingresos petroleros aprobados en la Ley de Ingresos por un factor de 0.00051 y distribuye a los municipios litorales o fronterizos por donde materialmente se realiza la salida del país de los hidrocarburos.

10. Incentivos por el Impuesto Especial sobre Automóviles Nuevos (ISAN) y su fondo de compensación. Este impuesto lo recaudan y administran las mismas entidades federativas y sólo tienen la obligación de reportarlo al Gobierno federal.

11. ISR por salarios de las entidades federativas. Este fondo corresponde a las participaciones por el 100% de la recaudación del Impuesto sobre la Renta (ISR) que se entere a la federación, por el salario del personal de las entidades federativas.

12. Fondo de Compensación de Repesos e Intermedios. El Fondo se integra por el 77.614% de la recaudación del año 2013 proveniente del Régimen de Intermedios en las entidades, monto que se actualiza por la inflación observada en 2013 y el año inmediato anterior al cual se calcula el Fondo. A dicho monto se adiciona el monto recaudado por el Régimen de Pequeños Contribuyentes actualizado por la inflación de 2013 y del año inmediato anterior al cual se calcula, multiplicado por un porcentaje decreciente determinado por el estímulo establecido al Régimen de Incorporación Fiscal.

13. Incentivos por Tenencia o Uso de Vehículos. Al abrogar la Ley Federal del Impuesto sobre Tenencia o Uso de Vehículos en 2012, las entidades federativas dejaron de recibir los incentivos económicos que percibían por este concepto, conforme al artículo 13 de la Ley de Coordinación Fiscal y en los Convenios de Colaboración Administrativa en Materia Fiscal Federal, con excepción de los que recauden de ejercicios anteriores a la citada abrogación.

14. Otros Incentivos Económicos. Este concepto deriva de los convenios de colaboración administrativa en materia fiscal federal.

Mención especial merece comentar que en el caso de los 125 municipios de Jalisco estos reciben además participaciones estatales que vienen establecidas en la Ley de Coordina-

ción Fiscal de Jalisco y sus Municipios que en su Artículo 5: de las cantidades que perciba el Estado, incluyendo sus incrementos, en cada ejercicio fiscal, por concepto de participaciones federales previstas en la Ley de Coordinación Fiscal Federal, así como los ingresos Estatales derivados de los Impuestos sobre Nóminas y Hospedaje los Municipios recibirán: VI. El 40% del importe que perciba por concepto del Impuesto Estatal sobre Nóminas; y VIII. Hasta el 100% del importe que perciba por concepto del Impuesto Estatal sobre Hospedaje, siempre que dicho porcentaje se defina en acuerdos tanto con los Municipios y representantes de la Industria Hotelera.

APORTACIONES FEDERALES: RAMO 33

Las Aportaciones Federales son parte del Gasto Programable, por lo que el monto establecido en el Presupuesto de Egresos de la Federación (PEF) se entregará a las entidades federativas sin considerar su desempeño económico y recaudatorio. Su carácter compensatorio tiene como propósito asignar recursos en proporción directa a los rezagos y necesidades que observan las entidades federativas en materia de salud, educación, infraestructura, desarrollo social, entre otros.

El marco normativo del Ramo 33: Aportaciones Federales a Entidades Federativas y Municipios es el Capítulo V «De los Fondos de Aportaciones Federales» de la Ley de Coordinación Fiscal (LCF), donde se establecen fórmulas y procedimientos para distribuir entre las entidades federativas los recursos de sus ocho fondos constitutivos.

De acuerdo con la Ley de Coordinación Fiscal son ocho Fondos, donde de estos seis solamente lo reciben las entidades federativas (sólo los mencionaremos) y dos son los que reciben los municipios y a diferencia de las Participaciones, las Aportaciones si son condicionadas, es decir, la propia Ley establece en que servicios y obras los gobiernos municipales pueden gastar los recursos. A continuación, diremos cuáles son, donde solamente de los dos que llegan al municipio diremos cómo se componen, en dónde se deben destinar y que para el estudio de este trabajo son los que nos interesan:

1. Fondo de Aportaciones para la Nómina Educativa y Gasto Operativo (FONE).

2. Fondo de Aportaciones para los Servicios de Salud (FASSA).

3. Fondo de Aportaciones para la Infraestructura Social (FAIS). El monto de este fondo se determina en el PEF con recursos federales por un monto equivalente, sólo para efectos de referencia, al 2.5294% de la RFP. Estos recursos se destinan exclusivamente al financiamiento de obras, acciones sociales básicas y a inversiones que beneficien directamente a población en pobreza extrema, localidades con alto o muy alto nivel de rezago social conforme a lo previsto en la Ley General de Desarrollo Social, y en las zonas de atención prioritaria.

4. Fondo de Aportaciones al Fortalecimiento de los Municipios y Demarcaciones Territoriales del Distrito Federal (FORTAMUNDF). El monto de este fondo se determina en el PEF con recursos federales por un monto equivalente, sólo para efectos de referencia, al 2.5623% de la RFP. Estos se destinarán exclusivamente a la satisfacción de los requerimientos de los municipios y de las demarcaciones de la Ciudad

de México, dando prioridad a los siguientes aspectos: i) cumplimiento de sus obligaciones financieras; ii) pago de derechos y aprovechamientos por concepto de agua; y iii) atención de las necesidades directamente vinculadas a la seguridad pública de sus habitantes.

5. Fondo de Aportaciones Múltiples (FAM).

6. Fondo de Aportaciones para la Educación Tecnológica y de los Adultos (FAETA).

7. Fondo de Aportaciones para la Seguridad Pública (FASP).

8. Fondo de Aportaciones para el Fortalecimiento de las Entidades Federativas (FAFEF).

CONCLUSIONES

La discusión teórica conceptual que revisamos en este trabajo de investigación sobre el federalismo fiscal mexicano vinculado como el origen de los recursos que reciben los 2,500 municipios de México nos lleva a tener las siguientes conclusiones:

1. Si bien México en su letra (Constitución) es un país federalista, en la distribución de los recursos juega un papel centralista; el 73% de los recursos que reciben los municipios del país son vía transferencias federales a partir de las Participaciones y Aportaciones.

2. De todos los impuestos (ISR, IVA, IEPs, sobre nómina, sobre hospedaje, predial, principalmente) el 94.3% los recauda el Gobierno federal, el 4.1% el estatal y sólo el 1.6% el municipal, de ahí dicha dependencia que se tiene de los recursos del Gobierno federal.

3. Observamos que las Participaciones Ramo 28 está compuesta por 14 fondos, mientras que las Aportaciones Ramo 33 sólo tiene dos fondos nos lleva a establecer que de ambos los mayores recursos que reciben los munic-

pios son vía estos fondos porque además nos establece que dichas participaciones en su primer fondo se componen del 20% de la Recaudación Federal Participable.

4. Otro dato interesante es que mientras que las Participaciones no están condicionadas y permiten el libre manejo de la hacienda pública municipal las Aportaciones van encaminadas a temas como seguridad pública y combate a la pobreza, pero al ser menores esto nos lleva a concluir porque los municipios no tienen condiciones para mejoras en seguridad y equipamiento e infraestructura básica.

Finalmente podemos establecer que con este trabajo nos queda completamente claro el sistema fiscal mexicano que da condiciones y ventajas económicas para que el Gobierno federal sea el ganador en este modelo, pero donde también podemos observar que para el municipio se vuelve cómodo esperar el recurso federalizado y no desgastarse en fortalecer su sistema recaudatorio.

LITERATURA RELEVANTE

Centro de Estudios de las Finanzas Públicas (2022). Recursos Identificados en el Presupuesto de Egresos de la Federación para el estado de Jalisco 2021. Cámara de Diputados LIV Legislatura. Documento de Trabajo.

López Moguel, A. I., y Cuevas Reyes, L. (2019). La Distribución de las Participaciones Federales a los Municipios en México. En Federalismo Hacendario, Acciones para el fortalecimiento de las Haciendas Públicas Estatales. *Indetec*, nueva época, (1).

- Ramírez Flores, J.T. (2021). Enfoque teórico del federalismo fiscal: espacios pendientes de explorar. En *Federalismo Hacendario, avances y perspectivas del federalismo fiscal*. *Indetec*, nueva época, (10).
- Rodríguez Avalos, M.L., y Chavoya Gama, J.I. (2020). Capacidades fiscales: un comparativo de los ingresos municipales del área metropolitana interestatal Bahía de Banderas, Nayarit - Puerto Vallarta, Jalisco. *Exposición Económica*, (45), 73-97.
- Sánchez Ramírez, M.C. (2020). El Sistema Nacional de Coordinación Fiscal. Una herramienta para el Federalismo. Cuaderno de investigación No. 68, Instituto Belisario Domínguez, Senado de la República, Ciudad de México, 85p.
- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. (1917). Consultado el 30 de junio de 2023. <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/CPEUM.pdf>
- IMCO (Instituto Mexicano de la Propiedad Intelectual) (2020). Contexto de las Finanzas Públicas Municipales. Consultado el 30 de junio de 2023. https://imco.org.mx/wp-content/uploads/2020/10/20201029_Contexto-de-las-Finanzas-Pu%CC%81blicas-Municipales_Presentacio%CC%81n.pdf
- Ley de Coordinación Fiscal (1978). Consultado el 29 de junio de 2023. https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/31_300118.pdf
- Terán, M. (2022). El Federalismo Mexicano desde Zacatecas (1824-1835). Recuperado el 27 de mayo de 2022, de <https://federalismo.nexos.com.mx/2020/11/el-federalismo-mexicano-desde-zacatecas-1824-1835/>

Producir conocimiento y resolver problemas: las tesis de los estudiantes de biología del cuc

Miguel Salcedo Sandoval¹ y Fabio G. Cupul-Magaña^{2*}

RESUMEN: La tesis en la Licenciatura en Biología del Centro Universitario de la Costa (CUC) de la Universidad de Guadalajara en Puerto Vallarta, Jalisco, es uno de los varios instrumentos académicos ofrecidos para lograr la titulación. Durante el período 2012 al 2022, un poco más del 50% de los egresados la prefirieron sobre otras opciones. Tanto instituciones externas a la universidad como la totalidad de los académicos adscritos a la carrera de biología apoyaron su desarrollo. En las siguientes líneas se comenta el significado y alcance de una tesis, los académicos del CUC involucrados en su dirección, así como los temas de investigación abordados por los estudiantes. A pesar que titularse es sólo un requisito administrativo, el lograrlo a través de una tesis es un aporte valioso a la formación profesional y humana del estudiante.

TESIS, OPCIÓN DE FORMACIÓN PROFESIONAL

La carrera de biología, dentro del Centro Universitario de la Costa (CUC) de la Universidad de Guadalajara en Puerto Vallarta, Jalisco (Figura 1), es una opción de formación profesional en la región desde el año 2007. Al concluir sus estudios formales, el estudiante dispone de un amplio abanico de modalidades de titulación. Esta acción académica y administrativa es significativa, pues se trata de una distinción que valida la conclusión satisfactoria de su programa curricular. Pero, mucho más importante, genera la expectativa entre el profesorado y la administración de haber logrado consolidar la educación de un profesionista de calidad, así como la forja del carácter de un buen ciudadano.

¹ Estudiante de la carrera de Biología, Centro Universitario de la Costa. miguel.salcedo6041@alumnos.udg.mx

^{2*} Departamento de Ciencias Biológicas, Centro Universitario de la Costa, Av. Universidad 203, Delegación Ixtapa, Puerto Vallarta 48280, Jalisco. fabio.cupul@academicos.udg.mx



Figura 1. Estudiantes de la carrera de biología del cuc en actividades de investigación en campo. (Foto extrema izquierda y derecha cortesía de Armando Escobedo y Frank Mc Cann, respectivamente).

La tesis es una de las opciones de formación profesional; es decir, de titulación. Al tratarse de un instrumento didáctico, le ofrece al estudiante la oportunidad de desarrollar habilidades de pensamiento analítico y abstracto, útiles para plantear y resolver un problema en particular. Es importante destacar que, en biología y en otras áreas del conocimiento, un problema no es una dificultad o un apuro del que se deba salir lo antes posible, sino una idea que se desea explorar, describir y conocer a profundidad.

También, la realización de una tesis permitirá al estudiante incursionar por el fascinante, pero en ocasiones difícil y tortuoso, camino de la investigación científica. Por fortuna, este camino no lo recorrerá solo, pues se espera que a su lado se encuentre un investigador que lo guíe. El autor Ricardo Sánchez Puentes, expresa atinadamente la relación entre el alumno

tesista y el investigador guía o tutor consumado: «al investigar [al realizar una tesis] se aprende al lado de uno más experimentado [...]; se aprende haciendo, es decir, imitando y repitiendo una y otra vez cada una de las complejas y delicadas labores de la generación de conocimiento; [y] se aprende viendo».

PERO, ¿QUÉ ES UNA TESIS?

El Instituto de Estudios sobre la Universidad (IESU) de la Universidad Autónoma del Estado de México, establece que «la tesis de licenciatura se caracteriza por considerar algún problema vinculado con cierta materia dentro del plan de estudios [de la carrera]; [el cual], se examina de manera teórica (a partir de la revisión de la literatura publicada sobre el tema a estudiar) y posiblemente de manera empírica [puede ser a partir del diseño de un experi-

mento o simplemente de la observación del fenómeno], para llegar a algunas explicaciones. Después de esta etapa, es cuestión que el tesisista emplee su juicio, su experiencia y sus conocimientos (adquiridos durante la carrera) para seleccionar la explicación más convincente» (Figura 2).

En la elección de un tema particular de tesis, es posible considerar tres aspectos: a) un interés genuino, que atrape la fascinación y estimule la pasión, que permita al estudiante realizar su investigación en un tema que le «guste»; nadie se sentirá cómodo, motivado y comprometido, si lo que investiga le aburre; 2) la viabilidad del tema; es decir, si el trabajo ha sido abordado o no con anterioridad, si existen las condiciones (técnicas, monetarias, de tiempo y de disponibilidad de información documental) para llevarlo a cabo; y 3) la guía comprometida de un tutor, que esté dispuesto a lidiar con las vicisitudes propias del trabajo de investigación.



Figura 2. En el extremo derecho del estante se observa la portada de un ejemplar tipo de tesis de licenciatura en biología del cuc.

TESIS E INVESTIGACIÓN EN EL CUC

De acuerdo con la revisión del estado de la carrera de biología de cuc durante el período 2012-2022, realizado por las doctoras Liza Danielle Kelly Gutiérrez y Eréndira Patricia Canales Gómez, el 51% de los egresados (de un total de 214) se titularon por trabajos afines con alguna modalidad de investigación: tesis, seminario de investigación (artículo científico y capítulo de libro), informe de servicio social y producción de materiales educativos (paquete didáctico y guías comentadas o ilustradas). Las académicas citadas destacan que el 40% de las tesis (de un total de 63) se vincularon en su quehacer científico con 26 instituciones académicas, de conservación e investigación del país.

El porcentaje anterior es relevante, pues muestra que, muy posiblemente, las herramientas técnicas y habilidades intelectuales ofrecidas a los estudiantes de biología del cuc durante su carrera, fueron suficientes para permitirles integrarse a otros esquemas académicos y de investigación fuera de la universidad. Así, con su formación previa y la suma de elementos aportados por otras instituciones, lograron concretar un trabajo de grado de calidad, para finalmente titularse.

Si un 40% de las tesis tuvieron apoyo y asesoría de instituciones externas, podría esperarse que el 60% restante contó con la probable guía y apoyo logístico de los propios académicos del cuc. Una revisión actualizada del total de tesis (incluidas aquí todas las modalidades de investigación), arrojó que de 218 biólogos egresados del 2012 al 2022 (cuatro egresados más que en el trabajo de Kelly Gutiérrez y Canales Gómez), 115 (52.75%) eligieron la

tesis como instrumento de titulación (59.13% mujeres, 40.87% hombres). Complementario a los anteriores datos, 26 estudiantes obtuvieron el grado de licenciatura por la modalidad de titulación por promedio, 15 por excelencia académica, así como 62 por examen general de certificación profesional.

A lo largo de los últimos 10 años, la tesis siempre ha estado disponible como una opción de formación y titulación profesional. La proporción de titulación por esta modalidad nunca ha sido constante, pero sí dentro de un mínimo de 31.25% para el 2019 y un máximo del 77.27% para el 2015 (Figura 3). Siempre hay temas de tesis para desarrollar, así como académicos e investigadores dispuestos a apoyar y trabajar en conjunto con los estudiantes.

DIRECTORES, TEMAS Y LOCALIDADES DE ESTUDIO

Como directores han participado 44 académicos, 12 de ellos externos a la universidad. Prácticamente, en algún momento de estos 10 años, todos los académicos adscritos a la carrera de biología, tanto de tiempo completo como de asignatura, se han involucrado en la formación de estudiantes. Así, además de ser los guías del trabajo, han fungido como codirectores o miembros de los comités de tesis.

Los tres académicos con más direcciones de tesis a lo largo del tiempo han sido Fernando Vega Villasante con 21 tesis, Fabio G. Cupul Magaña con 16, así como Bartolo Cruz Romero y Sandra Quijas Fonseca con ocho. También, con cinco direcciones sobresalen Alma Paola

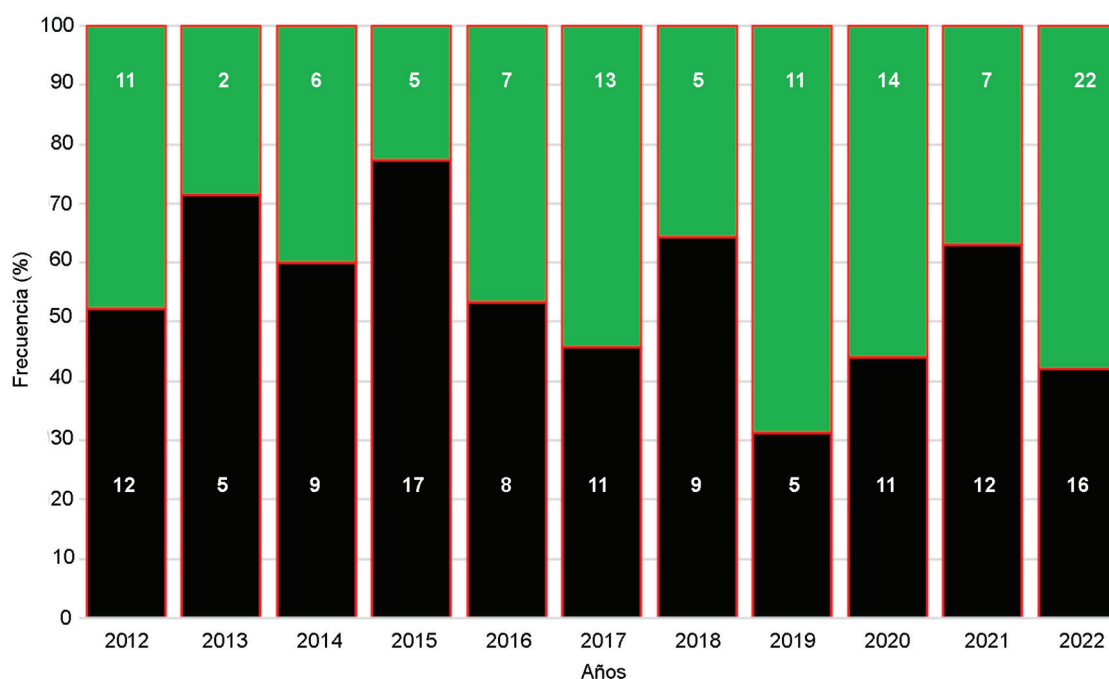


Figura 3. Proporción de titulación por tesis (seminario de investigación, informe de servicio social y producción de materiales educativos; barras negras) y por el resto de las modalidades (promedio, excelencia académica y examen general de certificación profesional; barras verdes) durante el período 2012 al 2022 en la carrera de biología del CUC. Las cifras en blanco insertadas en las barras corresponden al número de tesis por modalidad.

Rodríguez Troncoso, Armando H. Escobedo Galván, Pablo S. Hernández Hurtado y Eric Bautista Guerrero.

Las tesis, de manera general, han abordado el estudio de diversos grupos de plantas, animales, hongos y factores ambientales. Así, los temas se han relacionado con 25 áreas, designadas arbitrariamente, donde destacan estudios sobre ecología de comunidades y zoología general (Figura 4). Además, de 97 tesis revisadas (no se consideraron 18 tesis de la modalidad de paquete didáctico y guías comentadas o ilustradas), 55 tesis se realizaron con datos obtenidos de campo, 33 con resultados experimentales de laboratorio y nueve a partir de revisiones de literatura.

Las dos especies tomadas con mayor frecuencia como objetos de estudio de los trabajos de tesis fueron el langostino o camarón

varillado, *Macrobrachium tenellum*, en 13 tesis; así como el cocodrilo americano, *Crocodylus acutus*, en seis tesis (Cuadro 1; Figura 5). En cuanto a las localidades de estudio, salvo una tesis realizada con información para Nicaragua y otra en Coahuila, el espacio geográfico de investigación se circunscribe a la costa centro occidente y sur de Jalisco, así como centro y sur de Nayarit, incluida aquí la Bahía de Banderas y las islas Marías e Isabel.

ACOTACIONES FINALES

Presentamos únicamente los resultados de una exploración sobre las tesis realizadas en el CUC durante los últimos 10 años. La investigación en este campo deberá continuar. Sin embargo, este vistazo revela que la tesis es un instrumento muy valioso para la titulación; pues, además

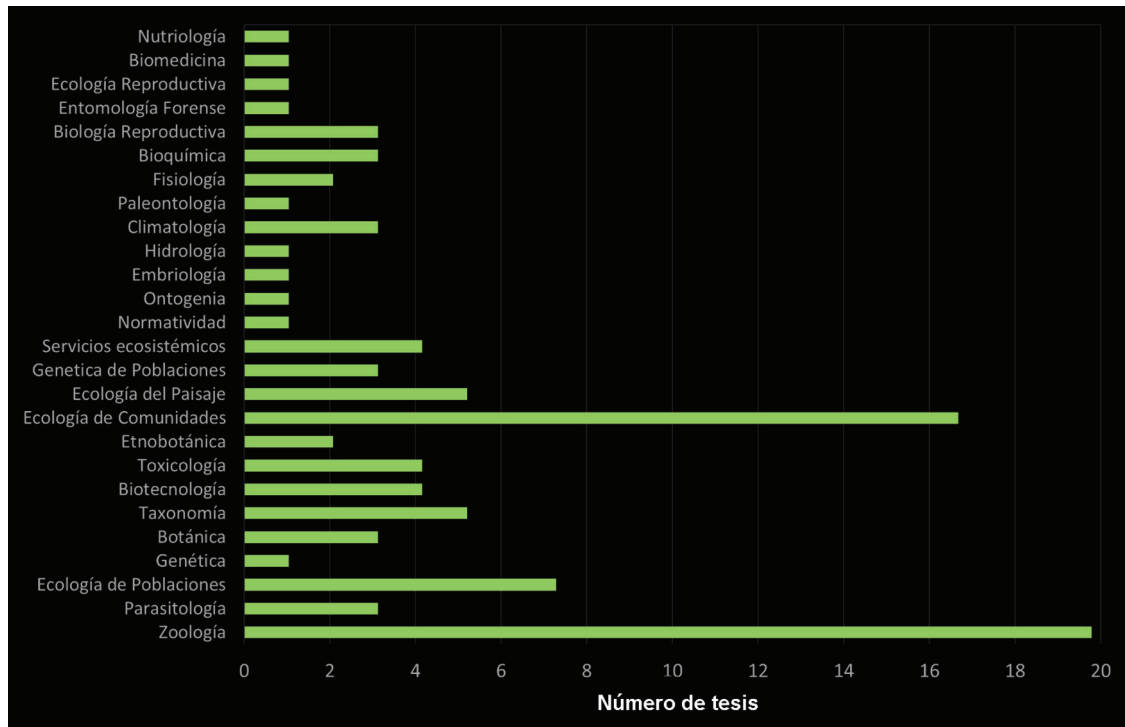


Figura 4. Total de tesis de biología del CUC desarrolladas por temas o áreas generales de conocimiento (excluidas la modalidad de paquete didáctico y guías comentadas o ilustradas) durante el período 2012 al 2022.

Cuadro 1. Especies estudiadas en las tesis de licenciatura del CUC (en algunos casos sólo se incluye el género e indica sinonimia) durante el período 2012 al 2022, ordenadas alfabéticamente. No se citan especies mencionadas en listas de registro. Se incluye orden y familia.

<p>Scleractinia, Acroporidae <i>Acropora palmata</i></p> <p>Diptera, Culicidae <i>Aedes aegypti</i></p> <p>Asparagales, Amaryllidaceae <i>Allium sativum</i></p> <p>Agaricales, Amanitaceae <i>Amanita muscaria</i> <i>Amanita virosa</i></p> <p>Caudata, Ambystomatidae <i>Ambystoma mexicanum</i></p> <p>Hemiptera, Aphididae <i>Aphis aurantii</i></p> <p>Anostraca, Artemiidae <i>Artemia franciscana</i> sinónimo de <i>Artemia monica</i></p> <p>Squamata, Teiidae <i>Aspiloscelis communis</i></p> <p>Lamiales, Acanthaceae <i>Avicennia germinans</i></p> <p>Cantharellales, Cantharellaceae <i>Cantharellus cibarius</i></p> <p>Carcharhiniformes, Carcharhinidae <i>Carcharhinus falciformis</i></p> <p>Decapoda, Parastacidae <i>Cherax quadricarinatus</i></p> <p>Lurales, Lauraceae <i>Cinnamomum cassia</i></p> <p>Clionaida, Clionaidae <i>Cliona amplicavata</i> <i>Cliona flavifodina</i> <i>Cliona mucronata</i> <i>Cliona pocillopora</i></p>	<p>Peciformes, Coryphaenidae <i>Coryphaena hippurus</i></p> <p>Crocodylia, Crocodylidae <i>Crocodylus acutus</i></p> <p>Squamata, Iguanidae <i>Ctenosaura pectinata</i></p> <p>Coleoptera, Coccinellidae <i>Cycloneda sanguinea</i></p> <p>Isopoda, Cymothoidae <i>Cymothoa exigua</i></p> <p>Cypriniformes, Cyprinidae <i>Cyprinus carpio</i></p> <p>Cypriniformes, Cyprinidae <i>Danio rerio</i></p> <p>Perciformes, Eleotridae <i>Dormitator latifrons</i> <i>Eleotris picta</i> <i>Gobiomorus maculatus</i></p> <p>Decapoda, Hippidae <i>Emerita rathbunae</i></p> <p>Enterobacteriales, Enterobacteriaceae <i>Escherichia coli</i></p> <p>Primates, Hominidae <i>Homo sapiens</i></p> <p>Malvales, Malvaceae <i>Hibiscus sabdariffa</i></p> <p>Boletales, Hygrophoropsidaceae <i>Hygrophoropsis aurantiaca</i></p> <p>Russulales, Russulaceae <i>Lactarius indigo</i> <i>Lactarius piperatus</i> <i>Lactarius smithii</i></p>	<p>Myrtales, Combretaceae <i>Laguncularia racemosa</i></p> <p>Cyclopoida, Lernaieidae <i>Lernaea cyprinacea</i></p> <p>Agaricales, Agaricaceae <i>Leucopaxillus amarus</i> sinónimo de <i>Leucopaxillus gentianeus</i> <i>Macrolepiota mastoidea</i></p> <p>Caryophyllales, Cactaceae <i>Lophophora</i></p> <p>Lottioida, Lottiidae <i>Lottia</i></p> <p>Decapoda, Palaemonida <i>Macrobrachium tenellum</i></p> <p>Eustigmatales, Monodopsidaceae <i>Nannochloropsis salina</i> sinónimo de <i>Microchloropsis salina</i></p> <p>Squamata, Dactyloidae <i>Norops nebulosus</i> sinónimo de <i>Anolis nebulosus</i></p> <p>Perciformes, Cichlidae <i>Oreochromis aureus</i></p> <p>Squamata, Phyllodactylidae <i>Phyllodactylus tuberculatus</i></p> <p>Scleractinia, Pocilloporidae <i>Pocillopora</i></p> <p>Cyprinodontiformes, Poeciliidae <i>Poecilia reticulata</i> <i>Xiphophorus maculatus</i></p> <p>Agaricales, Psathyrellaceae <i>Psathyrella candolleana</i></p>
--	--	---

**Agaricales,
Hymenogastraceae**

Psilocybe cubensis

**Malpighiales,
Rhizophoraceae**

Rhizophora mangle

**Squamata,
Phrynosomatidae**

Sceloporus bulleri

Sceloporus melanorhinus

Boletales, Sclerodermataceae

Scleroderma texense

Myrtales, Myrtaceae

Syzygium aromaticum

Tetractinellida, Thoosidae

Thoosa

Thoosa mismalolli

Boletales, Boletaceae

Tylopilus nicaraguensis

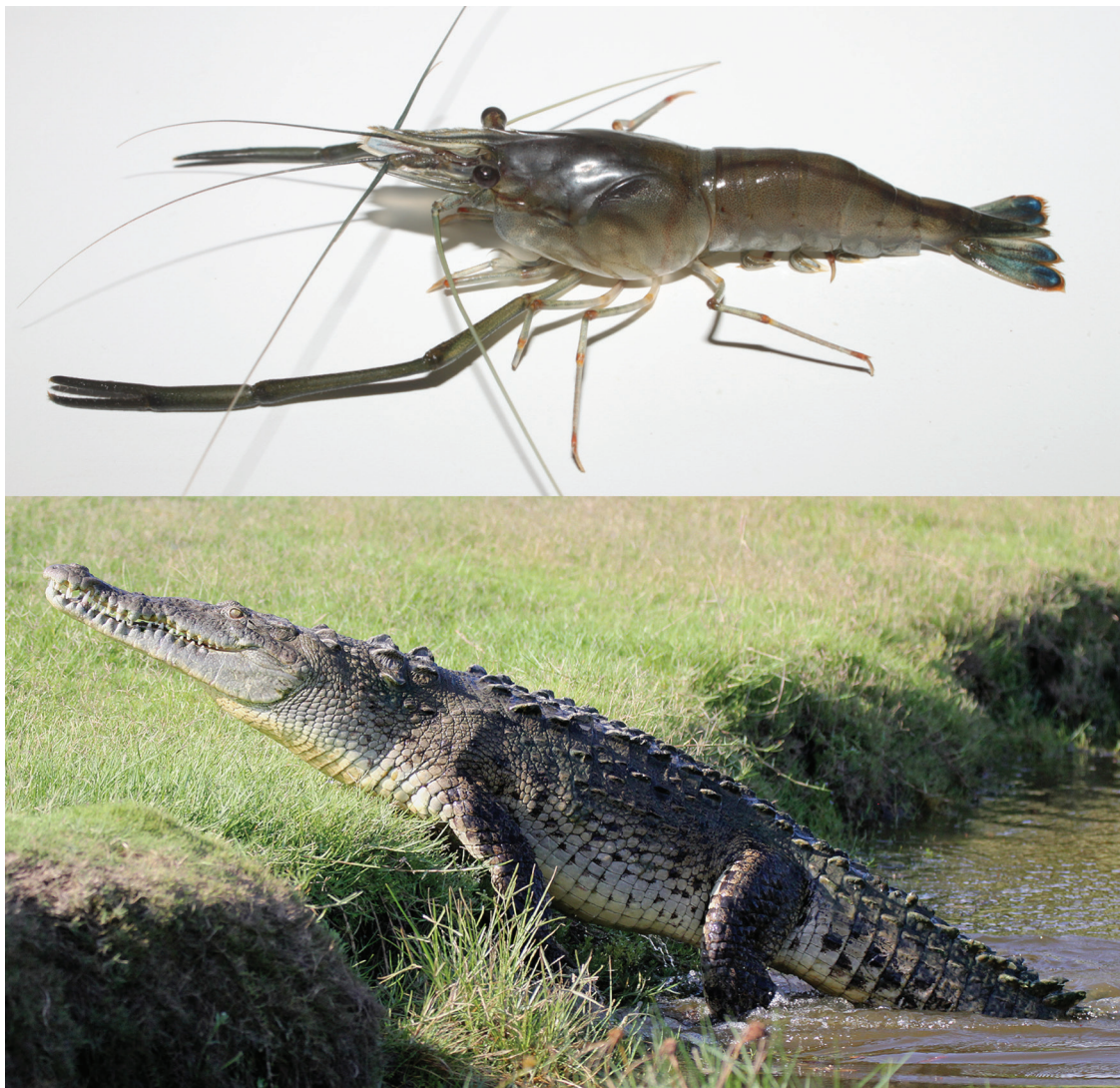


Figura 5. Las especies con mayor frecuencia de estudio por las tesis de la carrera de biología del cuc. Langostino o camarón varilludo, arriba (Foto cortesía Laboratorio de Calidad de Agua y Acuicultura Experimental, LACUIC). Cocodrilo americano o de río, abajo (Foto cortesía Frank Mc Cann).

de permitir al estudiante cumplir con un trámite puramente administrativo, lo fortalece en el desarrollo de habilidades científicas de utilidad para su futuro quehacer profesional.

El estudiante tiene la oportunidad de hacer una tesis porque, dentro del CUC, existen académicos con inclinación hacia la investigación, creativos y con recursos técnicos y de infraestructura para apoyarlos en el área del conocimiento de su experiencia. También, no es raro que los investigadores impulsen las propias ideas de trabajo planteadas por el alumno.

Por último, la realización mayoritaria de las tesis dentro de un área específica de estudio, en este caso de Jalisco y Nayarit, es reflejo de la contribución del CUC al conocimiento regional de sus ambientes oceánicos y continentales con miras a su conservación y aprovechamiento; sin olvidar, claro está, su participación primordial en la formación del recurso humano.

AGRADECIMIENTO

A Liza D. Kelly Gutiérrez, Eréndira P. Canales Gómez y Saira A. Gil Montes por su apoyo con material y facilidades de acceso al archivo de tesis de biología del CUC. Al personal de la biblioteca del CUC por su apoyo, así como al revisor anónimo por sus valiosos comentarios.

LITERATURA RELEVANTE

- Cupul-Magaña, F. G. (1994). Estudio observacional de la distribución temática de los trabajos de tesis de la Facultad de Ciencias Biológicas de la UdeG (1986-1994). *Publicaciones Especiales de Biólogos Colegiados de Jalisco A.C.*, (1), 1-8.
- Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C., y Baptista-Lucio, P. (2010). *Metodología de la investigación*. Quinta edición. McGraw-Hill.
- Kelly-Gutiérrez, L. D., y Canales-Gómez, E. P. (2022, 5-7 de octubre). *Avances y retos de la vinculación en la investigación en ciencias biológicas en el Centro Universitario de la Costa* [Conferencia]. Reunión Anual de la Asociación Mexicana de Instituciones de Educación en Biología A.C., Consorcio de Programas Educativos de las Ciencias Biológicas, Guadalajara, Jalisco, México.
- Sánchez-Puentes, R. (1989). *Enseñar a investigar: una didáctica nueva de la investigación en ciencias sociales y humanas*. Centro de Estudios sobre la Universidad, Universidad Nacional Autónoma de México, Plaza y Valdés Editores.
- Universidad Autónoma del Estado de México. (2023). *Instituto de Estudios sobre la Universidad*. Consultado el 1 de agosto 2023. <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/22023>

El fraude científico delito académico. SEGUNDA PARTE: La Inteligencia Artificial vs. la inteligencia inmoral: ¿qué postura tiene ChatGPT sobre el fraude científico?

Olimpia Chong-Carrillo, Fernando Vega-Villasante,
Martín A. Aréchiga-Palomera, Karen N. Nieves-Rodríguez,
Omar A. Peña-Almaraz y ChatGPT

INTRODUCCIÓN

Este artículo es el segundo que versa sobre el fraude científico, fenómeno destructivo que se da, lamentablemente, en todo el mundo y en todos los ámbitos de la ciencia. No es un problema que acontezca fuera de nuestro entorno directo ya que se presenta con más frecuencia de lo que se pudiera esperar. En nuestra primera entrega, definimos los tipos de fraude científico que existen y las consecuencias que este pudiera acarrear a la sociedad. En esta segunda entrega hemos decidido incluir a un autor peculiar: el ChatGPT. Con base en las respuestas que esta inteligencia artificial (IA) nos ha dado a varias preguntas, es que hemos desarrollado este artículo, con las modificaciones, adaptaciones y comentarios pertinentes. Por lo tanto, la estructura del presente trabajo consiste en las preguntas realizadas a la IA, su respuesta y finalmente nuestros comentarios, cuando fue

el caso. Se comenzó con aspectos generales sobre el ChatGPT y se continuó con aspectos más específicos sobre el fraude científico.

PREGUNTA:
¿CUÁL ES IMPORTANCIA DEL
ChatGPT PARA EL DESARROLLO DE
LA CIENCIA?

Respuesta ChatGPT (resumida):

ChatGPT puede ser una herramienta valiosa para los científicos en todas las etapas de su trabajo. Los científicos pueden utilizar ChatGPT para acceder rápidamente a información científica relevante de una amplia gama de campos, a generar ideas y plantear preguntas de investigación, discutir conceptos, obtener sugerencias sobre experimentos o investigaciones futuras, y explorar nuevas direcciones en sus campos. También puede aportar ayuda para redactar artículos, resúmenes, presenta-

Laboratorio de Calidad de Agua y Acuicultura Experimental. Centro Universitario de la Costa, Universidad de Guadalajara. Av. Universidad 203, delegación Ixtapa, 48280, Puerto Vallarta, Jalisco, México. olimpiachcarrillo@gmail.com

ciones y comunicar sus hallazgos de manera más clara y efectiva. También puede ayudar en la resolución de problemas científicos complejos, analizar datos científicos e interpretación de resultados, así como la identificación de patrones en grandes conjuntos de datos. Los científicos pueden aprovechar ChatGPT para crear recursos educativos y divulgativos más accesibles (como es el caso del presente artículo).

PREGUNTA:
EN UN LENGUAJE SENCILLO,
¿CÓMO FUNCIONA ChatGPT?

Respuesta ChatGPT:

Claro, puedo explicarte cómo funciona ChatGPT de manera simple:

Imagina que ChatGPT es como un súper lector de libros que ha leído una gran cantidad de texto de Internet. Ha leído libros, noticias, páginas web y muchas otras cosas. Ahora, cuando tú le haces una pregunta o le dices algo, él trata de responder basándose en todo lo que ha leído. Funciona como un juego de adivinanzas en el que intenta predecir cuál podría ser la próxima palabra o frase en la conversación. Utiliza lo que ha aprendido de todo lo que ha leído para hacer estas predicciones y generar respuestas que tengan sentido. Por ejemplo, si le preguntas sobre el clima, él tratará de adivinar la respuesta basándose en lo que sabe sobre el clima en general, pero no tiene acceso a información en tiempo real ni a datos actualizados.

En resumen, ChatGPT funciona como un lector muy inteligente que trata de responder tus preguntas y participar en conversaciones basándose en lo que ha leído antes, pero no

tiene conocimiento actualizado ni acceso a internet para buscar información en tiempo real.

PREGUNTA:
¿QUÉ ES EL FRAUDE CIENTÍFICO?

Respuesta ChatGPT:

El fraude científico se refiere a la conducta deshonesta o engañosa en el ámbito de la investigación científica. Implica la manipulación, falsificación o tergiversación deliberada de datos, resultados de experimentos, métodos de investigación, informes de estudios o cualquier otro aspecto de la investigación científica con el propósito de engañar a la comunidad científica, los revisores, los editores de revistas académicas o el público en general. El fraude científico es una violación grave de la ética y la integridad en la investigación y puede tener consecuencias perjudiciales para la ciencia, la confianza pública en la investigación y la carrera de los investigadores involucrados.

Algunos ejemplos de fraude científico incluyen: Falsificación de datos: Alterar datos



Imagen 1. Generada con la IA LuzIA.

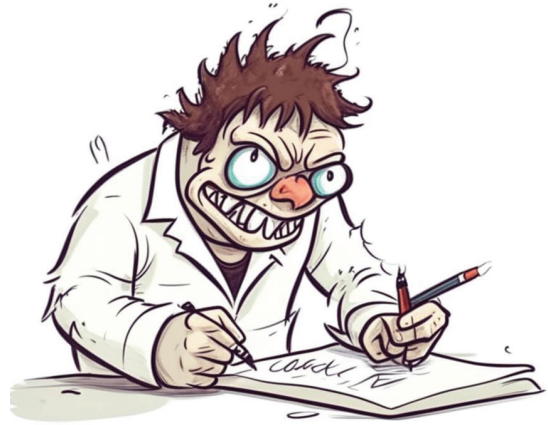
experimentales o de investigación para hacer que los resultados parezcan más convincentes o significativos de lo que realmente son. Fabricación de datos: Inventar datos o resultados que nunca se obtuvieron en el proceso de investigación. Plagio: Copiar el trabajo de otros investigadores sin darles el crédito adecuado, lo que incluye la publicación de trabajos anteriores como propios. Autoría fraudulenta: Incluir a personas como coautores en un estudio cuando no han contribuido sustancialmente a la investigación. Supresión de datos negativos: Ocultar o no informar datos que contradicen las conclusiones deseadas en un estudio.

El fraude científico es perjudicial porque socava la confianza en la investigación científica y puede llevar a la toma de decisiones erróneas basadas en resultados falsificados o sesgados. Por esta razón, las instituciones académicas, las revistas científicas y las agencias de financiamiento de la investigación tienen políticas estrictas y mecanismos de revisión para prevenir y detectar el fraude científico. Los investigadores que se involucran en fraude científico pueden enfrentar consecuencias graves, como la retractación de sus publicaciones, la pérdida de financiamiento y daño a su reputación profesional.

PREGUNTA: ¿CUÁLES SON LOS MAYORES FRAUDES CIENTÍFICOS?

Respuesta ChatGPT:

A lo largo de la historia de la ciencia, ha habido varios casos destacados de fraudes científicos que han sacudido la comunidad científica y la opinión pública. Algunos de los mayores fraudes científicos incluyen:



Imagined with luzia.com

LUZIA

Imagen 2. Generada con la IA Luzia.

Fraude de Piltdown (1912-1953): El fraude de Piltdown es uno de los engaños científicos más notorios. Se trataba de un supuesto fósil de un ancestro humano que fue encontrado en Piltdown, Inglaterra. Sin embargo, en 1953 se descubrió que el cráneo humano y la mandíbula de simio que formaban el fósil eran falsos, y que habían sido deliberadamente modificados para parecer un eslabón perdido en la evolución humana.

Fraude de la investigación de células madre de Hwang Woo-suk (2004-2006): El científico surcoreano Hwang Woo-suk ganó reconocimiento internacional por afirmar haber clonado células madre humanas y haber creado líneas celulares personalizadas. Sin embargo, se descubrió que gran parte de su investigación era fraudulenta, y que había falsificado datos y resultados. Este caso resultó en la retracción de sus estudios y en un gran escándalo en la comunidad científica.

Caso de la investigación de fraude de Jan Hendrik Schön (2002): Schön, un físico de materiales, publicó una serie de estudios que

afirmaban avances significativos en la electrónica orgánica, pero se descubrió que había falsificado datos en múltiples ocasiones. Sus investigaciones fueron retiradas, y su carrera científica sufrió un duro golpe.

Caso de la investigación de fraude de Andrew Wakefield (1998): Wakefield, un médico británico, publicó un estudio que afirmaba una conexión entre la vacuna contra el sarampión, las paperas y la rubéola (MMR) y el autismo. Su trabajo fue ampliamente difundido, pero posteriormente se demostró que había manipulado datos y había conflictos de interés no revelados. El estudio fue retirado, y Wakefield perdió su licencia médica.

Caso del fraude de la investigación de Stapel (2011): Diederik Stapel, un psicólogo social neerlandés, fue sorprendido fabricando datos en numerosos estudios de psicología social. Este caso generó una profunda preocupación sobre la replicabilidad y la integridad en la investigación en psicología.

Estos son sólo algunos ejemplos de fraudes científicos notorios, pero existen otros casos

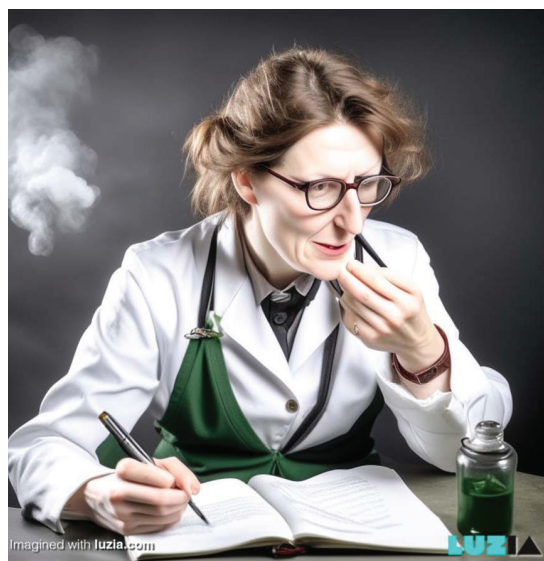


Imagen 3. Generada con la IA LuzIA.

en diversas disciplinas científicas a lo largo de la historia. Es importante destacar que estos casos son excepciones y que la gran mayoría de los científicos llevan a cabo investigaciones con integridad y ética. Sin embargo, los fraudes científicos ponen de relieve la importancia de la revisión por pares, la transparencia en la investigación y la vigilancia de la comunidad científica para mantener la integridad de la ciencia.

PREGUNTA: ¿CÓMO SE PUEDE EVITAR EL FRAUDE CIENTÍFICO?

Respuesta ChatGPT:

La prevención del fraude científico es fundamental para mantener la integridad de la investigación y la confianza en la comunidad científica. Aquí hay algunas medidas clave que se pueden tomar para evitar el fraude científico:

Fomentar la ética en la investigación: Las instituciones académicas y las organizaciones de investigación deben promover una cultura de integridad y ética en la investigación. Esto incluye la educación sobre la ética de la investigación y la promoción de valores éticos entre los investigadores.

Políticas y directrices claras: Establecer políticas y directrices claras en cuanto a la autoría, la recopilación y el manejo de datos, la publicación y otros aspectos de la investigación. Estas políticas deben estar disponibles para todos los investigadores y deben ser aplicadas de manera consistente.

Supervisión y revisión por pares: La revisión por pares rigurosa de los trabajos de investigación es esencial para detectar posibles fraudes. Los revisores deben estar atentos a irregula-

ridades en los datos y a cualquier indicio de mala conducta.

Transparencia de datos: Los investigadores deben ser transparentes en cuanto a la recopilación y el análisis de datos, lo que incluye proporcionar acceso a los datos subyacentes siempre que sea posible. Esto permite la verificación independiente de los resultados.

Mentoría responsable: Los mentores y asesores académicos deben desempeñar un papel activo en la orientación y supervisión de los estudiantes e investigadores a su cargo. Deben fomentar la integridad y la ética en la investigación.

Reporte de mala conducta: Establecer procedimientos y canales de denuncia para que los investigadores puedan informar de posibles casos de fraude o mala conducta sin temor a represalias.

Auditorías y monitoreo: Las instituciones de investigación pueden realizar auditorías periódicas de los proyectos de investigación para detectar posibles irregularidades en la recopilación y el manejo de datos.

Promoción de la replicabilidad: Fomentar la replicación de estudios por parte de otros investigadores como una forma de verificar los resultados y reducir la posibilidad de fraude.

Consecuencias claras: Establecer consecuencias significativas para aquellos que se involucran en fraude científico, como la retirada de publicaciones, la pérdida de financiamiento y la revocación de títulos académicos.

Es importante que la comunidad científica y las instituciones de investigación trabajen en conjunto para crear un entorno en el que la integridad y la ética sean valores fundamentales. La prevención del fraude científico es esencial para garantizar que la investigación científica

siga siendo confiable y valiosa para la sociedad en su conjunto.

PREGUNTA: ¿QUÉ SANCIONES DEBERÍAN DE APLICARSE A UN CIENTÍFICO QUE COMETA FRAUDE?

Respuesta ChatGPT:

Las sanciones que se deben aplicar a un científico que comete fraude pueden variar dependiendo de la gravedad de la infracción y las políticas de la institución o la comunidad científica en la que trabaje. Aquí hay algunas sanciones comunes que suelen aplicarse en casos de fraude científico:

Retracción de publicaciones: Si se descubre que un científico ha cometido fraude en una investigación publicada, es común que se retiren las publicaciones afectadas. Esto implica que los artículos se eliminan de revistas científicas y se marca claramente que han sido retractsados debido a mala conducta.

Suspensión o revocación de financiamiento: Los científicos que cometen fraude pueden enfrentar la suspensión o la revocación de cualquier financiamiento de investigación que estén recibiendo. Esto puede incluir becas, subvenciones y otros recursos financieros.

Despido o suspensión del empleo: En casos graves de fraude científico, las instituciones académicas o de investigación pueden tomar medidas disciplinarias, como el despido o la suspensión del empleo del científico involucrado.

Inhabilitación profesional: Algunas instituciones o comités de ética científica pueden recomendar la inhabilitación profesional, lo que significa que el científico no puede ejercer su

profesión en el ámbito académico o de investigación durante un período determinado.

Reputación dañada: El simple hecho de ser acusado o hallado culpable de fraude científico puede tener un impacto duradero en la reputación profesional del científico involucrado, lo que puede dificultar su capacidad para encontrar empleo o financiamiento en el futuro.

Acciones legales: En algunos casos, el fraude científico puede llevar a acciones legales, como demandas por parte de instituciones o individuos afectados por la mala conducta.

Es importante destacar que la gravedad de las sanciones puede variar según las circunstancias específicas del caso y la política de la institución o comunidad científica involucrada. Además, es fundamental que el proceso de investigación y sanción se lleve a cabo de manera justa y transparente, garantizando los derechos del científico acusado. El objetivo de estas sanciones no es sólo castigar al individuo, sino también enviar un mensaje claro de que la mala conducta en la investigación no será tolerada y que se protegerá la integridad y la confiabilidad de la ciencia. Además, se busca disuadir a otros de cometer actos similares y promover una cultura de ética y responsabilidad en la investigación científica.

PREGUNTA: ¿DEBEN LAS UNIVERSIDADES PROTEGER A UN CIENTÍFICO QUE COMETE UN FRAUDE?

Respuesta ChatGPT:

Las universidades y las instituciones académicas tienen la responsabilidad de promover la integridad y la ética en la investigación científica.



Imagen 4. Generada con la IA LuzIA.

Cuando se sospecha o se comprueba que un científico ha cometido fraude en su investigación, la respuesta de la institución debe ser guiada por principios de responsabilidad, transparencia y la preservación de la integridad de la investigación y la reputación de la institución en sí. En general, las universidades no deben proteger a un científico que comete fraude. En cambio, deben tomar medidas para abordar adecuadamente la mala conducta en la investigación. Estas medidas pueden incluir:

Investigación imparcial: La institución debe llevar a cabo una investigación imparcial y rigurosa para determinar si ha ocurrido fraude o mala conducta. Esto puede involucrar a un comité de ética, revisores externos o investigadores independientes.

Retirada de publicaciones: Si se descubre fraude en la investigación publicada, la institución debe tomar medidas para que se retiren las publicaciones afectadas y se informe adecuadamente a la comunidad científica.

Sanciones adecuadas: Si se confirma el fraude, la institución debe imponer sanciones

apropiadas, que pueden incluir la suspensión, la revocación de financiamiento, el despido o la suspensión del empleo, dependiendo de la gravedad de la infracción.

Notificación a las autoridades pertinentes: En casos graves de fraude que involucran financiamiento público o regulaciones legales, la institución puede estar obligada a notificar a las autoridades gubernamentales o de financiamiento.

Transparencia: La institución debe ser transparente en cuanto a las acciones tomadas y, en la medida de lo posible, compartir información sobre el caso con la comunidad científica y el público, sin comprometer la privacidad del científico acusado.

Proteger a un científico que comete fraude sería contrario a los principios de integridad en la investigación y socavaría la confianza en la institución y en la comunidad científica en su conjunto. Además, podría tener consecuencias negativas para la reputación de la institución.

Es importante que las universidades tengan políticas y procedimientos claros para abordar la mala conducta en la investigación y que se adhieran a estos procedimientos de manera imparcial y transparente para garantizar la integridad de la investigación y la responsabilidad ética.

PREGUNTA:

¿UN CIENTÍFICO DEBERÍA PROTEGER A OTRO QUE COMETE FRAUDE?

Respuesta ChatGPT:

No, un científico no debería proteger a otro que comete fraude científico. La integridad y la ética en la investigación científica son fun-

damentales para la credibilidad y la confianza en la comunidad científica y en la ciencia en general. Proteger a un colega que ha cometido fraude científico es contrario a estos principios y puede tener graves consecuencias para la integridad de la investigación y la reputación de la comunidad científica en su conjunto. Cuando un científico tiene conocimiento o sospechas de que un colega está involucrado en fraude científico, es importante que siga un enfoque ético y responsable. Aquí hay algunas medidas que un científico puede tomar en esta situación:

Denunciar la preocupación: Si un científico tiene razones para creer que se ha cometido fraude científico, debe informar de inmediato sus preocupaciones a las autoridades pertinentes dentro de su institución académica o de investigación.

Colaborar en investigaciones internas: Si se inicia una investigación sobre el fraude, los científicos deben estar dispuestos a cooperar y proporcionar información relevante si son contactados por los investigadores internos o los comités de ética.

No encubrir ni participar en la mala conducta: Los científicos no deben encubrir ni participar en actividades fraudulentas. Encubrir a un colega que comete fraude es también una forma de mala conducta.

Promover una cultura de integridad: Los científicos deben trabajar juntos para promover una cultura de integridad y ética en la investigación científica. Esto incluye fomentar la transparencia, la honestidad y la responsabilidad en la investigación.

La mala conducta en la investigación científica es perjudicial para la ciencia y la comunidad

científica en su conjunto. Es responsabilidad de todos los científicos contribuir a la preservación de la integridad de la investigación y denunciar cualquier comportamiento fraudulento o antiético que puedan encontrar. La ética y la integridad son valores esenciales en la investigación científica y deben ser defendidos por todos los miembros de la comunidad científica.

PREGUNTA: ¿POR QUÉ LOS CIENTÍFICOS COMETEN FRAUDE?

Respuesta ChatGPT:

Los científicos, al igual que las personas en cualquier profesión, pueden cometer fraude por una variedad de razones. Es importante destacar que la gran mayoría de los científicos son honestos y éticos en su trabajo, pero en casos aislados, pueden surgir problemas de integridad. Algunas de las razones por las cuales un científico podría cometer fraude incluyen:

Presión por resultados: En algunos campos de la investigación científica, como la academia, existe una fuerte presión para producir resultados positivos y publicaciones significativas. Esto puede llevar a algunos científicos a sentirse tentados a falsificar o manipular datos para cumplir con estas expectativas.

Competencia y reconocimiento: La competencia en el mundo de la investigación científica puede ser feroz. Algunos científicos pueden sentir que necesitan destacarse y ganar reconocimiento a toda costa, incluso si eso significa recurrir a prácticas deshonestas.

Presión financiera: La obtención de fondos para la investigación puede ser complicada y competitiva. Algunos científicos pueden verse

tentados a exagerar los resultados de su investigación para asegurar financiamiento adicional.

Fomento de una carrera: Para avanzar en sus carreras, los científicos a menudo necesitan una sólida trayectoria de publicaciones y logros. Esto puede llevar a algunos a recurrir a prácticas poco éticas para mejorar sus credenciales.

Ego y prestigio personal: El ego y el deseo de prestigio personal pueden jugar un papel en el fraude científico. Algunos científicos pueden querer ser reconocidos como pioneros en su campo y pueden estar dispuestos a engañar para lograrlo.

Es importante destacar que el fraude científico es una violación grave de la ética profesional y puede tener graves consecuencias tanto para el científico involucrado como para la comunidad científica en general. La ciencia se basa en la confianza en la integridad de los datos y los resultados, por lo que es fundamental mantener altos estándares éticos en la investigación científica y abordar de manera efectiva cual-



Imagen 5. Generada con la IA LuzIA.

quier caso de fraude que surja. Los sistemas de revisión por pares, la transparencia en la metodología y la replicación de estudios son algunas de las formas en que la comunidad científica trabaja para prevenir y detectar el fraude científico.

CONCLUSIONES Y COMENTARIOS

Con base en las respuestas del ChatGPT y también con las situaciones que, como humanos, hemos experimentado, podríamos concluir que es prioritario tener una postura más severa y sólida en la formación de recursos humanos en las carreras científicas y académicas, con un programa de ética con el fin de evitar este tipo de prácticas delictivas. A la fecha, existen diversos desarrollos de *software* que nos permiten detectar el plagio en textos y documentos, por mencionar, el Turnitin, una de las herramientas más conocidas para detectar plagio en los textos académicos, este programa es uno de los desarrollos tecnológicos mayormente utilizados en instituciones educativas, también existen otros programas que nos permiten detectar plagio, entre estas están Plagscan, Plagiarism checker X, Viper, entre otros. Importante hacer mención que algunos de estos programas también nos permiten detectar parafraseo, sin embargo, la percepción del revisor de textos tendría un papel fundamental entre discernir el plagio, que implica el robo de la idea principal de un texto, con la redacción de la definición de un concepto científico, esto sin alterar la originalidad del autor al que se cita. Ante el esfuerzo constante de las herramientas tecnológicas desarrolladas y la responsabilidad de la revisión por pares (como mínimo), se lograría mitigar o por lo menos

reducir las apariciones de investigaciones fraudulentas. En ese sentido, este escenario planteado torna a una sentencia bastante certera «no debemos olvidar que siempre existirá quien intente alcanzar sus metas y logros por argucias, ardidés, fraudes y engaños, bien sea falsificando, copiando o inventando datos. Por lo tanto, el juego infantil de ‘policías y ladrones’ continuará».

Frente a la última pregunta a ChatGPT, ¿Por qué se comete fraude? Posiblemente la falta de un correcto desarrollo de un juicio moral puede anteceder el inicio de una carrera científica o académica. La falta de capacidad de una persona en la toma de decisiones correctas y que se consideran éticas en el mundo académico es probablemente uno de los puntos cruciales que pueden desembocar en este tipo de actividades fraudulentas. Las respuestas a esta cuestión por ChatGPT son bastantes certeras a lo que sucede con los investigadores en México, y seguramente en muchas partes del mundo. Los científicos mexicanos están sometidos a constantes evaluaciones por parte del Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT), sobre todo aquellos que forman parte del Sistema Nacional de Investigadores (SNI). Este sistema se basa en un programa de estímulos económicos y de reconocimiento a su productividad científica, esto se traduce, en términos tangibles, en una relación entre publicar sus investigaciones y recibir financiamiento público. Ante esta presión, surge la famosa frase «publicar o perecer», frase que describe la presión que tienen los investigadores por publicar rápida y continuamente, a fin de mantener un estatus y permanecer en este grupo selecto dentro de la academia (Rodríguez Miramontes *et al.* 2011).

Para México, el SNI es sin duda un mecanismo fundamental para la generación de ciencia, innovación y avance tecnológico, el problema es cuando aparecen personajes con poca honestidad, faltos de ética y con una desenfrenada avaricia financiera que los lleva a romper los límites de la razón desembocando en prácticas delictivas como lo es el fraude científico.

Las respuestas de ChatGPT a las preguntas realizadas, son contundentes y no dejan lugar a la duda. Con el conocimiento de que esta inteligencia artificial se nutre de millones de textos que sintetiza y analiza, no podemos sino concordar con sus apreciaciones sobre el fraude científico, desde nuestra limitada perspectiva humana.

No hay espacio, en la actividad científica real y honesta, para las prácticas fraudulentas que se originan por la avaricia, egoísmo, falta total de ética y hasta una apabullante estulticia. Los efectos que el fraude científico provoca son desastrosos y el mismo ChatGPT es reiterativo en esto y en la necesidad de llevar a cabo acciones para erradicarlo de raíz. La advertencia, que esta misma IA, nos anuncia del posible uso que se dé de ella, para cometer fraudes debe alertarnos para lo que podremos enfrentar en el futuro. Las revistas científicas

deberán redoblar esfuerzos e incrementar sus capacidades tecnológicas para asegurar la originalidad y veracidad de los manuscritos que reciben para evaluación. La oscura intención de quienes ya han practicado el fraude, con éxito o sin él, no debe tomarse a la ligera. Aunque las universidades e instituciones de investigación prediquen y obliguen a sus integrantes a apearse a códigos de ética, la realidad es que los deseos de sobresalir, adquirir fama y prestigio y allegarse beneficios económicos y recursos, son tan atractivos que habrá quienes se mantengan activos en esta inmoral práctica.

LITERATURA RELEVANTE

- Abad Gurumeta, A., y Calvo Vecino, J. M. (2015). Fraude científico en las publicaciones o el «juego de policías y ladrones». *Revista Española de Anestesiología y Reanimación*, 549-550.
- Rodríguez Miramontes, J., González Brambila, C. N., y Maqueda Rodríguez, G. (2017). El Sistema Nacional de Investigadores en México: 20 años de producción científica en las instituciones de educación superior (1991-2011). *Investigación bibliotecológica*, 31(SPE), 187-219.

Contaminantes en ecosistemas acuáticos de México: Ecoloco entre nosotros

Eduardo Ramírez Ayala¹, Miguel Ángel Arguello Pérez¹,
Adrián Tintos Gómez^{1,2}, Jorge Alberto Mendoza Pérez³,
César Antonio Sepúlveda Quiroz^{4,5}, Carlos Alfonso Álvarez González⁴,
Rebeca Yasmín Pérez Rodríguez⁶, Gabriel Núñez-Nogueira⁷,
César Arturo Ilizaliturri Hernández⁸, Rogelio Costilla Salazar²,
Josué Israel López Cardiel¹ y José Ángel Hinojosa Larios¹

RESUMEN: La contaminación química de los ecosistemas acuáticos, en especial la ocasionada por las sustancias tóxicas persistentes y bioacumulables (STPB), es uno de los proble-

¹ Programa de Posgrado BEMARENA. Departamento de Estudios para el Desarrollo Sustentable de Zonas Costeras. Centro Universitario de la Costa Sur. Universidad de Guadalajara. Calle Gómez Farias 82, Colonia Centro en San Patricio Melaque, 48980. Cihuatlán, Jalisco, México.

² División de Ciencias de la Vida. Campus Irapuato-Salamanca. Universidad de Guanajuato. Complejo 2, km 9, carretera Irapuato-Silao. Col. Centro 36, 500. Irapuato, Guanajuato, México.

³ Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México, México.

⁴ Laboratorio de Fisiología en Recursos Acuáticos (LAFIRA), División Académica de Ciencias Biológicas (DACBIOL), Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, carretera Villahermosa-Cárdenas, km 0.5, 86039. Villahermosa, Tabasco, México.

⁵ Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de Villahermosa, carretera Villahermosa-Frontera, km. 3.5. Ciudad Industrial. Villahermosa, Tabasco, México.

⁶ Laboratorio de Servicios de espectroscopía, cromatografía y calorimetría DC-NyE, Departamento de Química. Universidad de Guanajuato. Unidad Noria Alta, Col. Noria Alta s/n, 36050. Guanajuato, México.

⁷ Laboratorio de Hidrobiología y Contaminación Acuática, División Académica de Ciencias Biológicas (DACBIOL), Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Villahermosa, Tabasco, México.

⁸ Facultad de Medicina. Coordinación para la Innovación y Aplicación de la Ciencia y la Tecnología. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Av. Sierra Leona 550, Lomas 2a sección, 78210, San Luis Potosí.

mas más preocupantes en la actualidad. Estos contaminantes están involucrados en la degradación de los ecosistemas acuáticos, la pérdida de biodiversidad, daños a la salud pública y seguridad alimentaria. México enfrenta hoy, el reto de propiciar un equilibrio entre desarrollo económico y protección ecológica. México es una economía emergente y el decimoprimer país más poblado del planeta, por la gran diversidad de recursos naturales y múltiples ecosistemas acuáticos de importancia nacional e internacional al ser el segundo país con mayor número de humedales inscritos en el convenio RAMSAR, pone ante los ojos del mundo el cuidado y el monitoreo de dichos recursos. Todo esto, también demanda mayor compromiso de las autoridades para la ejecución de la normatividad existente y fomento de programas de monitoreo de contaminantes en los ecosistemas acuáticos. Esta información es necesaria en la toma de decisiones en cuestiones de salud ambiental, salud pública, y la protec-

ción y manejo responsable de los ecosistemas acuáticos.

¿CUÁL ES UNA DE LAS PROBLEMÁTICAS ACTUALES DE LOS ECOSISTEMAS ACUÁTICOS?

Uno de los problemas más importantes que enfrenta la sociedad moderna es la contaminación química de los ecosistemas acuáticos, particularmente la causada por sustancias tóxicas persistentes y bioacumulantes (STPB). Estos contaminantes juegan un papel importante en la degradación general de los ecosistemas acuáticos y la pérdida de biodiversidad, así como la amenaza directa que representa para la salud humana y la seguridad alimentaria (Figura 1). Esto presenta un problema grave y creciente debido a que los ecosistemas acuáticos son el destino final de la mayoría de las STPB derivadas principalmente de las actividades industriales, agrícolas y domésticas. Esto

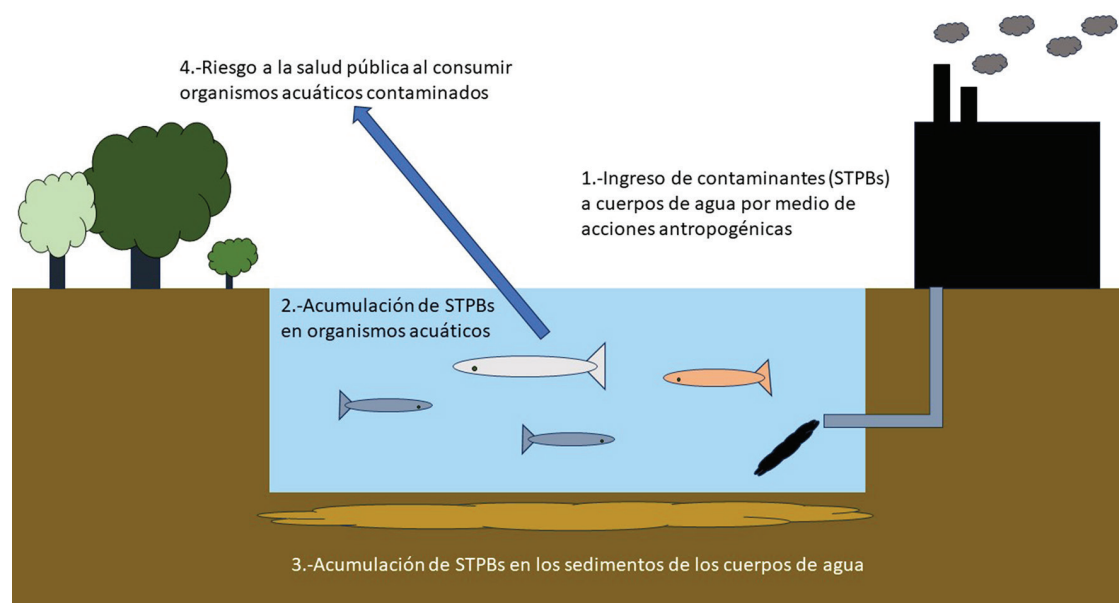


Figura 1. Contaminación química de los ecosistemas acuáticos por sustancias tóxicas persistentes y bioacumulables (STPB).

en tiempos futuros se complicará aún más por el crecimiento poblacional y de las manchas urbanas, así como con el aumento acelerado de zonas industriales alrededor del mundo, sobre todo en los países con economías emergentes.

PANORAMA GLOBAL DE LA CONTAMINACIÓN DE ECOSISTEMAS ACUÁTICOS

Por la importante necesidad de desarrollo económico-industrial que tienen estos países, los gobiernos de estos adquieren compromisos muy fuertes con los sectores industriales, y en algunas ocasiones a costa de la integridad de sus ecosistemas acuáticos y recursos naturales en general. De igual manera, algunos de estos países además cuentan con una riqueza ecológica muy importante, son miembros del grupo de países considerados como megadiversos (once países que albergan el mayor índice de biodiversidad de la tierra y que en conjunto albergarían cerca del 70% de la biodiversidad del planeta), como es el caso de China, India, Brasil, Indonesia o México. En particular Mé-

xico, miembro destacado dentro de los países megadiversos, cuenta con una gran cantidad de ecosistemas acuáticos de importancia tanto nacional como internacional, es el segundo país con mayor número de humedales inscritos en el convenio RAMSAR, y por otro lado, presenta una de las poblaciones humanas más grandes del mundo, es el décimo primer país más poblado del planeta, si bien, su desarrollo en los diversos sectores industriales no se ha acelerado tanto como el de otras economías emergentes, varios de los sectores industriales del país se encuentran fuertemente desarrollados y explotados, como es el caso de la industria minera, la industria petrolera, la industria textil y la industria agrícola.

MONITOREO DE ECOSISTEMAS ACUÁTICOS COMO ESTRATEGIA DE PREVENCIÓN Y CUIDADO

Para poder saber cómo el impacto de los contaminantes ha dañado los ecosistemas acuáticos, el desarrollo de monitoreos es una pieza clave (Figura 2). México tiene una gran res-

Figura 2. Monitoreo en campo, necesario para cuantificar los contaminantes en sedimentos, agua y organismos acuáticos.



ponsabilidad en materia de protección y manejo responsable de sus ecosistemas acuáticos, esto influenciado por tratar de equilibrar el desarrollo económico y la protección ecológica. Para ello se han establecido convenios y tratados internacionales, leyes, normas y políticas nacionales que promueven la protección y conservación de los ecosistemas acuáticos del país, así como programas de monitoreo nacional como la Red Nacional de Monitoreo. Sin embargo, los complejos escenarios de contaminación en los que se encuentran gran parte de los ecosistemas acuáticos del país requieren de un mayor esfuerzo por parte de las autoridades competentes. Por otro lado, se vuelve evidente que los programas de monitoreo de contaminantes en los ecosistemas acuáticos son imprescindibles para garantizar el cumplimiento de los compromisos adquiridos, en los programas nacionales y en los tratados internacionales (como el tratado de Minamata o el convenio de Estocolmo, ratificados por México desde el 2003 y 2015 respectivamente), y para un aprovechamiento responsable de sus recursos.

Por al monitoreo continuo de los contaminantes en ecosistemas acuáticos, México cuenta ya con información acerca del efecto temprano de estas sustancias en los organismos silvestres, no obstante, se tiene escasa información sobre el impacto que estos presentan en la salud de las personas, a causa, principalmente, del consumo de organismos contaminados por parte de la población, y los efectos que esto representaría. Sin embargo, los investigadores han monitoreado la concentración de las STPB más importantes en diversas matrices ambientales (agua, sedimento, aire y organismos) de los ecosistemas acuáti-

cos del país desde hace cerca de tres décadas, y hay valiosa información que puede servir de base para la toma de decisiones en cuestiones de salud ambiental y de salud pública, así como a favor de la protección y manejo responsable de los ecosistemas acuáticos.

CONTAMINACIÓN POR STPB EN MÉXICO

Según los monitoreos científicos realizados en México, cerca de 50 sitios presentan enriquecimiento de mercurio (Hg) en los sedimentos, que es parte de los STPB, en sitios de lagunas costeras, bahías, playas, ríos, lagos, ciénegas, presas, entre otros. Prácticamente todos los cuerpos acuáticos interiores revisados se encuentran contaminados con mercurio al considerar que las concentraciones para sitios no contaminados van desde 0.004 a 0.07 $\mu\text{g/g}$ peso seco. Por ejemplo, solo el río Colorado, el río Marabasco, y la presa de Agua Limpia se encontraron dentro de este rango, mientras que, para los ecosistemas costeros como bahía de Todos Santos, laguna El Tobari, bahía Santo Tomás, bahía Kino, bahía La Choya, laguna Yavaros, laguna de Términos, Barra de Navidad, playa Huatulco y bahía de Salina Cruz, podrían considerarse como sitios no contaminados según los niveles que van de 0.02 a 0.03 $\mu\text{g/g}$ peso seco.

Otros elementos que conforman los STPB son el Plomo (Pb) y el Cadmio (Cd), en donde de igual manera, ya se tienen reportes en México que diversos en sedimentos de ecosistemas acuáticos presentan concentraciones (Pb: 12.5-32 $\mu\text{g/g}$; Cd: 0.1-0.6 $\mu\text{g/g}$) por arriba de lo permitido. En general, estos tres elementos Hg, Cd, Pb presentes en sedimentos repre-

sentan un peligro potencial importante para la vida silvestre de los ecosistemas acuáticos de México sobre todo teniendo en cuenta los efectos de la exposición crónica.

También otro tipo de contaminantes está al acecho de provocar alto daño en los ecosistemas acuáticos, son los contaminantes orgánicos persistentes (COP) los cuales han sido registrados en sedimentos, agua, y en bioacumulados en los tejidos de diversos organismos acuáticos. Los COP están formados principalmente por bifenilos policlorados (PCB) e hidrocarburos poliaromáticos (HAP), estas sustancias por su composición química tienen la facilidad de acumularse en los sedimentos, y con el paso del tiempo estas concentraciones pueden aumentar considerablemente lo que puede ser perjudicial para todos los organismos presentes en ese ecosistema acuático. Algunos registros indican que en la laguna Agiabampo en el estado de Sonora, se encuentran altas concentraciones de estos contaminantes. Esto muy posiblemente relacionado a las malas prácticas agrícolas de la zona. Del mismo modo, dentro de los contaminantes pertenecientes a los COP, la concentración de hidrocarburos poliaromáticos (HAP) son los más estudiados en los sedimentos de los ecosistemas acuáticos de México, con cerca de 70 sitios reportados; probablemente por la industria petrolera del país, en la que las actividades de extracción, refinación y transporte de petróleo son las fuentes más importantes de HAP. Sin embargo, hay otras fuentes importantes de estos contaminantes por ejemplo, el uso de embarcaciones a motor, la quema de biomasa, la deposición atmosférica y el arrastre fluvial. Con base en los diferentes estudios realizados se observa que la gran mayoría de ecosistemas

acuáticos en México presentan HAP. Al igual que en el caso de los metales pesados (Hg, Pb y Cd) la presencia de COP en sedimentos acuáticos de México presenta un peligro potencial importante para la vida silvestre, inclusive en las relativamente bajas concentraciones encontradas, sobre todo teniendo en cuenta los efectos de la exposición crónica. Estos efectos de la exposición crónica a largo plazo y a concentraciones bajas resultan igualmente dañinos que las exposiciones agudas a concentraciones altas, aunque menos evidentes, pudiéndose presentarse a nivel genético, epigenético y/o conductual, lo que afecta a la presente o futuras generaciones, compromete la supervivencia y reproducción a largo plazo, provoca la reducción y el deterioro de las poblaciones. De igual manera, los efectos nocivos de la contaminación ambiental por STPB alcanzan también al ser humano a través del consumo de alimentos acuáticos, por la persistencia, bioacumulación y biomagnificación de estas sustancias, toxicidad que se relaciona con alteraciones neurológicas, cardiovasculares, endocrinas o inmunológicas.

CONTAMINACIÓN EN ORGANISMOS ACUÁTICOS EN MÉXICO

Los contaminantes no sólo se encuentran acumulados en los sedimentos o en el agua, también pueden bioacumularse en los organismos acuáticos. En este aspecto, se ha reportado que diversas especies de plantas, moluscos, crustáceos, peces óseos, peces cartilaginosos, reptiles acuáticos, aves acuáticas y mamíferos marinos presentan altas concentraciones de STPB en diversos tejidos. Los organismos más utilizados en el biomonitoreo son los moluscos bivalvos

y los peces óseos, debido principalmente a dos aspectos: su buena cualidad como biomonitor y a su gran importancia económica en el país. Los bivalvos son organismos sésiles y filtradores, lo cual refleja con mayor fidelidad la historia más reciente de contaminación en el agua de una zona en particular; mientras que los peces, gracias a su gran variedad y complejidad ontogénica ocupan diversas habitas y niveles en la red trófica de un ecosistema, de igual manera se tiene una gran comercialización de estas especies en el país. Se sabe que se puede encontrar mayor concentración de contaminantes en organismos tope en la cadena alimenticia. Por otro lado, en el caso particular de Cd y Pb en organismos acuáticos no se encontró evidencias de biomagnificación en las redes tróficas de los ecosistemas acuáticos de México; sin embargo, se presenta una marcada bioacumulación sobre todo en bivalvos, alcanzado concentraciones de Cd 20-30 veces más altas que en peces y hasta concentraciones de Pb cientos de veces más altas. En contraste el comportamiento de COP en organismos acuáticos presenta evidencias de biomagnificación y bioacumulación especialmente en los grandes mamíferos marinos.

ORGANISMOS BIOINDICADORES, CENTINELAS, COMUNICADORES O CHISMOSOS

Como se mencionó anteriormente, algunos contaminantes se pueden acumular en ciertos tejidos u organismos de peces, aves acuáticas, mamíferos marinos entre otros. Esto es fundamental ya que se puede elegir algunos de ellos para comprobar si cierta zona está contaminada, por lo que estos organismos se con-

vierten en centinelas, ya que nos comunicarán si la laguna, el río, o la laguna están contaminados y hasta que nivel, lo que permite que estos organismos se les llame técnicamente bioindicadores o biomarcadores.

En México se han usado aproximadamente 70 especies diferentes como organismos de referencia, alrededor del 50% fueron especies de peces. Otros grupos de interés fueron los cladóceros y los bivalvos; en este aspecto, cabe destacar también se ha usado organismos no convencionales como tortugas, tiburones, cocodrilos y corales. Bajo este contexto, es recomendable considerar una característica fundamental en los organismos bioindicadores como es que éstos sean nativos, propios de la zona de estudio, lo que incrementa la certeza y relevancia de los estudios. Pese a que el uso de biomarcadores está sujeto a una serie de variables no controladas como la talla, peso, edad, sexo, estadio reproductivo, temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, pH y la época del año (primavera-verano, lluvias-secas); sin embargo, al ser evaluados nos permiten entender el efecto de los contaminantes y su relación con estos factores. Los reportes hasta el momento sobre la presencia de contaminantes bioacumulados en organismos acuáticos es prueba irrefutable de la exposición crónica a la que están expuestos los organismos silvestres.

¿CUÁNTO ES POQUITO Y CUÁNTO ES MUCHO?

La bioacumulación de contaminantes en los organismos puede generar enfermedades, falla de órganos, estrés o la muerte si las concentraciones son muy altas. Para saber cuánta concentración de estos contaminantes se en-

cuentra en los organismos, se evalúa el riesgo potencial de los contaminantes con referencia a las concentraciones residuales en el tejido de los organismos (TRG, por sus siglas en inglés) (Figura 2). Estos TRG están basados en un gran número de experimentos de campo y laboratorio, buscan ligar las mediciones realizadas en organismos silvestres con la robusta información toxicológica experimental, para predecir el riesgo potencial al que se enfrentaría la población estudiada. Además, los TRG proporcionan una relación entre las posibles concentraciones máximas de un contaminante en diferentes tejidos (incluido el alimento), de tal suerte que se mantengan por debajo de las concentraciones recomendadas para la protección de la vida silvestres y la salud humana; dichos valores están avalados por diversas agencias nacionales e internacionales. En este mismo sentido, las diferentes agencias a nivel mundial y mexicanas han establecidos límites máximos permisibles como una medida que busca proteger a las personas de los efectos nocivos por el consumo de productos acuáticos contaminados que pueden estar presentes en ellos. Una de las agencias con mayor relevancia en el monitoreo de contaminantes es la Agencia de Protección al Ambiente de Estados Unidos (EPA), la cual establece los límites máximos permisibles de diversos compuestos; por ejemplo, en pescados los límites para el Cd son de 1 $\mu\text{g/g}$ peso húmedo y para el Hg es de 0.1 $\mu\text{g/g}$ peso húmedo. Por otro lado, la Comunidad Europea (CE) establece que el límite de concentración máxima en el músculo de pescado es de 1 $\mu\text{g/g}$ para Hg, 0.5 $\mu\text{g/g}$ para Cd y Pb. $\mu\text{g/g}$ peso húmedo.

¿CÓMO AFECTA LOS CONTAMINANTES A LOS ORGANISMOS ACUÁTICOS?

Los contaminantes pueden provocar la muerte de peces, aves, crustáceos, y otros organismos acuáticos, como resultado final de una alta concentración o una exposición prolongada del contaminante; sin embargo, previo a esta condición, los organismos acuáticos pueden experimentar diversos factores que se ven reflejados principalmente en su comportamiento. Por ejemplo, en peces un intervalo entre 6 y 20 $\mu\text{g/g}$ peso húmedo de Hg provoca efectos subletales, tales como alteraciones conductuales, lesiones cerebrales y deterioro del desarrollo gonadal. En aves, se ha reportado que concentraciones entre 0.5 y 1 $\mu\text{g/g}$ peso húmedo de Hg puede causar mortalidad, malformaciones y daños neurológicos.

Por otro lado, la CE establece el límite máximo permisible para DDT de 1 $\mu\text{g/g}$ peso húmedo, mientras que el Codex Alimentarius Guidelines de la Food and Agriculture Organization de las Naciones Unidas (FAO) y la Organización Mundial de la Salud (WHO siglas en inglés) establecen un máximo de 5 $\mu\text{g/g}$ peso húmedo.

En México, un estudio multidireccional informa que alrededor del 41% de los bivalvos, el 76% de los crustáceos, el 76% de los peces y el 96% de los tiburones y rayas superan el límite máximo permitido para el Hg, mientras que el 15% de los bivalvos, el 26% de los crustáceos y el 40% de los peces superan el límite para el DDT, lo cual indica el riesgo potencial en el que se encuentra la vida silvestre en los ecosistemas acuáticos de México.

¿CÓMO SABER SI COMER PRODUCTOS ACUÁTICOS CONTAMINADOS NOS PUEDE HACER DAÑO?

Para conocer si existe una posibilidad de que el consumo de organismos acuáticos genere un daño a la salud de la población, existen protocolos para evaluar dicho riesgo. En esta evaluación se toma en consideración el cociente de riesgo (HQ) utilizando la ecuación $HQ = E/RfD$, donde E es el nivel de exposición o consumo del contaminante y se calcula mediante la ecuación $E = C \times I/W$, donde C es la concentración del contaminante (en $\mu\text{g/g}$ peso húmedo), I es la tasa de ingestión (en g/día) y W es el peso promedio (en kg) per cápita, RfD es la dosis de referencia (en $\mu\text{g/kg}$ de peso/día).

En México se reportó que alrededor del 5% de los casos se supera el valor de HQ para todos los contaminantes, lo que indica un riesgo potencial bajo (Tabla 1); no obstante, al evaluar el HQ con un valor de entre 200 y 400 g/d , característico de comunidades de pescadores de México (Figura 3), el riesgo se incrementa considerablemente, lo que afecta fuertemente a las comunidades pesqueras, mujeres embarazadas y niños la población de mayor riesgo.

CONCLUSIONES

Existe una clara necesidad del monitoreo continuo de los niveles de contaminantes en diversas matrices ambientales de los ecosistemas acuáticos del país dado el vacío de información que existen al respecto en diversas áreas. Por su

Tabla 1. Concentraciones máximas de contaminantes permitidas en el agua considerada para el consumo humano (NOM-127-SSA1-2017) y para la descarga de aguas residuales a cuerpos de agua en México (NOM-001-SEMARNAT-2021).

Contaminante	NOM-127-SSA1-2017 (Límite máximo permisible)	NOM-001-SEMARNAT-2021 (Límite máximo permisible)
Aluminio (Al)	0.20 mg/L	–
Arsénico (As)	0.025 mg/L	0.4 mg/L
Bario (Ba)	1.3 mg/L	–
Cadmio (Cd)	0.005 mg/L	0.4 mg/L
Cianuro	–	3.0 mg/L
Cobre (Cu)	2.00 mg/L	6.0 mg/L
Cromo (Cr)	0.05 mg/L	1.5 mg/L
Hierro (Fe)	0.30 mg/L	–
Manganeso (Mn)	0.15 mg/L	–
Mercurio (Hg)	0.006 mg/L	0.02 mg/L
Níquel (Ni)	0.07 mg/L	4.0 mg/L
Plomo (Pb)	0.01 mg/L	1.0 mg/L
Selenio (Se)	0.04 mg/L	20.0 mg/L

Figura 3. Muestreo en localidades pesqueras de México, zonas con mayor vulnerabilidad de la población a estar expuestos a STPB.



parte, las instituciones de gobierno de los tres niveles de México, así como las involucradas en la protección del medio ambiente, deben comprometerse más con este fin en la armonización oportuna y rápida de los instrumentos legales existentes. Asimismo, se debe posibilitar programas de monitoreo de contaminantes que permitan la protección de los ecosistemas, con la participación de instituciones de educación superior, además de campañas de concientización en educación básica y media superior, lo que permitirá asegurar la participación comprometida de toda la comunidad consensuada. Si todos aportamos significativamente en promover una cultura de uso sustentable de los recursos naturales, se mejorará la protección al medio ambiente y se asegurará que México respete las obligaciones nacionales e internacionales que ha asumido en esta materia.

LITERATURA RELEVANTE

Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME). 2002. Canadian sediment

quality guidelines for the protection of aquatic life: summary tables, updated. In: Canadian environmental quality guidelines, 1999. Canadian Council of Ministers of the Environment, Winnipeg.

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). 2017. Estadísticas del agua en México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Comisión Nacional del Agua, Ciudad de México, pp. 294. Consultado el 24 de abril del 2023. www.sina.conagua.gob.mx/publicaciones/EAM_2017.pdf

CONAPESCA (Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca). 2017. Anuario estadístico de acuacultura y pesca. Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca, Mazatlán, 293 pp. Consultado el 24 de abril del 2023. https://www.conapesca.gob.mx/work/sites/cona/dgppe/2017/ANUARIO_ESTADISTICO_2017.pdf

DOF (Diario Oficial de la Federación). 2009. Norma Oficial Mexicana NOM-242-SSA1-2009. Productos y servicios. Productos de la pesca frescos, refrigerados,

- congelados y procesados. Especificaciones sanitarias y métodos de prueba. Secretaría de Gobernación, Ciudad de México.
- EU (European Union Commission). 2006. Commission Regulation (EC) No. 1881/2006 of December 19, 2006, setting maximum levels of certain contaminants in foodstuffs. Official Journal of the European Communities, 20/12/2006 L 364/5.
- Norma Oficial Mexicana PROY-NOM127-SSA1-2017. 2019. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de la calidad del agua. Secretaría de Salud. Ciudad de México. Consultado el 22 de junio del 2023. www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5581179&fecha=06/12/2019#gsc.tab=0
- Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-2021. 2022. Que establece los límites permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos receptores propiedad de la nación. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Ciudad de México. Consultado el 22 de junio del 2023. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5645374&fecha=11/03/2022#gsc.tab=0
- Norma Oficial Mexicana NMX-AA-051-SCFI-2016. 2016. Análisis de agua. Medición de metales por absorción atómica en aguas naturales, potables, residuales y residuales tratadas método de prueba. Secretaría de Economía. Ciudad de México. Consultado el 5 de abril del 2023. www.economia-nmx.gob.mx/normas/nmx/2010/nmx-aa-051-scfi-2016.pdf
- Ramírez-Ayala, E., Arguello-Pérez, M. Á., Tintos-Gómez, A., Pérez-Rodríguez, R. Y., Díaz-Gómez, J. M., Borja-Gómez, I., Sepúlveda-Quiroz, C. A., Patiño-Barragán, M., Lezama-Cervantes, C., y Salomé-Baylón, J. (2020). Review of the biomonitoring of persistent, bioaccumulative, and toxic substances in aquatic ecosystems of Mexico: 2001-2016. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 48(5), 705-738.
- Ramírez-Ayala, E., Arguello-Pérez, M. Á., Tintos-Gómez, A., Pérez, J. A., Díaz-Gómez, J. M., Pérez-Rodríguez, R. Y., Núñez-Nogueira, G., Sepúlveda-Quiroz, C. A., Zepe-da-González, F. A., y Lezama-Cervantes, C. (2021). Heavy metals in sediment and fish from two coastal lagoons of the Mexican Central Pacific. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 49(5), 818-827.
- Ramírez-Ayala, E., Arguello-Pérez, M. Á., Tintos-Gómez, A., Hernández-Anguiano, J. H., Pérez-Rodríguez, R. Y., Ilizaliturri-Hernández, C. A., Núñez-Nogueira, G., y Sepúlveda-Quiroz, C. A. (2021). Persistent organic pollutants (POPs) in fish from two coastal lagoons of the central Mexican Pacific. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 49(4), 663-670.
- USEPA (US Environmental Protection Agency). 2010. Guidance for implementing the January 2001 methylmercury water quality criterion. EPA 823-R-10-001. US Environmental Protection Agency, Office of Water, Washington, D.C.
- USFDA (US Food and Drug Administration). 2017. Consultado el 2 de febrero 2023. www.fda.gov/ICECI/ComplianceManuals/CompliancePolicyGuidanceManual/ucm074510.htm

Desechos, pero con un gran aporte nutricional: los subproductos

Zinnia E. Aguirre-García¹ y Daniel Badillo Zapata^{1,2}

RESUMEN: La acuicultura es uno de los sectores de mayor crecimiento en lo que se refiere a producción de alimentos para consumo humano a nivel mundial. Dentro de esta actividad, la alimentación llega a representar entre un 60 y 70% de los costos de producción, un gasto bastante fuerte para el productor, donde se van gran parte de sus ganancias. Estos altos costos son debidos a que existe una gran dependencia al suministro de ingredientes claves como los son la harina y aceite de pescado, cuya oferta es limitada debido principalmente por la sobreexplotación de los recursos pesqueros y el daño constate que se da en los ecosistemas. Este factor ha provocado un aumento continuo en el precio de los insumos. De aquí se origina la necesidad urgente de reducir la dependencia casi total de la industria acuícola de este ingrediente finito, encontrando así a los subproductos: producto secundario que

se obtiene de un producto principal en un proceso de elaboración, fabricación o extracción. Estos subproductos son ricos en compuestos químicos y biológicos, como minerales, lípidos, aminoácidos, polisacáridos y proteínas, que pueden ser aprovechados en diferentes industrias, siendo una de ellas la acuicultura.

■ ■ ■

Cuando hablamos de alimentos saludables, se nos viene a la mente rápidamente el pescado, sin embargo, poco sabemos de su proceso de captura o producción. La acuicultura es el sistema de obtención de alimentos acuáticos con mayor crecimiento a nivel mundial, su importancia procede de la gran aportación a la producción pesquera mundial y al crecimiento en la demanda de los productos acuícolas, aparte de ser un componente alimenticio altamente nutritivo (Figura 1). El pescado tiene una ven-

¹Laboratorio de Calidad de Agua y Acuicultura Experimental. Centro Universitario de la Costa, Universidad de Guadalajara. Av. Universidad 203, delegación Ixtapa, 48280, Puerto Vallarta, Jalisco, México.

² Investigadoras e investigadores por México, CONAHCYT.

Pescado: el superalimento de la naturaleza

El pescado es no solo fuente de **proteínas y grasas saludables**, sino también una fuente única de **nutrientes esenciales**

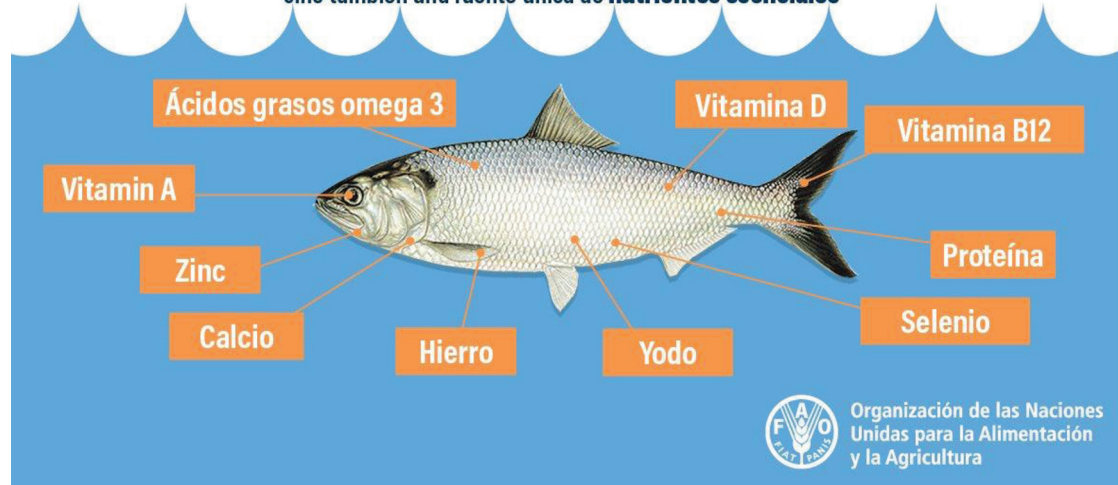


Figura 1. Composición nutricional de los peces comestibles. Tomada del Informe SOFIA 2020 de la FAO.

taja única sobre otros productos animales y vegetales; hay una gran cantidad de especies de peces que varían significativamente en su precio, por lo tanto, es accesible a todos los grupos de personas, es decir, grupos de ingresos altos, medios y bajos, siendo una de las fuentes de proteína animal más consumidas. Si bien se espera que la acuicultura contribuya significativamente a alimentar a la población del futuro, por medio de una mayor disponibilidad y consumo de alimentos, lo que contribuye a la seguridad alimentaria y a una fuente primordial de nutrientes esenciales de la más alta calidad, hacerlo de manera sustentable, minimizar los impactos ambientales y que sea a bajo costo es un gran reto. La industria acuícola es un sector dependiente de ingredientes clave, como lo son la harina y aceite de pescado, utilizados en la formulación de dietas balanceadas para el desarrollo óptimo de los organismos cultivados. No obstante, su oferta es limitada en mayor parte por la sobreexplotación de los re-

ursos pesqueros, convirtiéndose en un gran reto que enfrentan los productores, ya que, la alimentación llega a representar entre un 60 y 70% de los costos de producción, un gasto bastante fuerte, donde se va gran parte de sus ganancias.

HARINA Y ACEITE DE PESCADO

La harina de pescado es un polvo marrón obtenido después de la cocción, prensado, secado y molienda de pescados crudos frescos y/o desechos derivados del procesamiento del mismo (Figura 2). El aceite de pescado se obtiene a partir de la elaboración de harina de pescado, siendo este un subproducto, se extrae de tres maneras: física, química y biológica. Los procesos físicos incluyen homogenización, calentamiento, presión y filtrado, los procesos biológicos incluyen extracciones de aceite y producción de ensilaje a través del uso de enzimas de los residuos de las vísceras de pes-

cado (autólisis) o de enzimas de otras fuentes (hidrólisis) y el proceso químico es realizado mediante el empleo de disolventes, los cuales pueden resultar tóxicos y desnaturalizar las proteínas con la pérdida de las propiedades funcionales. Para la obtención de la harina se utilizan diversas especies de peces, en específico, los organismos más pequeños que habitan cerca de la superficie (pelágicos), como lo son: la anchoveta y la sardina. Estos ingredientes son la principal fuente de proteína utilizada en la formulación de alimentos para organismos acuáticos debido a su alto contenido de proteína cruda, aminoácidos esenciales, ácidos grasos esenciales, energía digestible, vitaminas y minerales necesarios para el desarrollo óptimo los peces.

Sin embargo, los recursos pesqueros siguen descendiendo debido a la pesca excesiva, la contaminación, la ordenación deficiente y otros factores, pero el número de desembarques de poblaciones biológicamente sostenibles está aumentando. Debido a lo anterior la harina de pescado está llegando a su límite de producción, lo cual se refleja en la baja dispo-

nibilidad en el mercado internacional dando lugar a que este ingrediente sea el de mayor costo en la formulación de alimentos acuícolas.

LOS SUBPRODUCTOS

Para la comunidad científica el meollo real fue encontrar un sustituto a la harina y aceite de pescado, que fuera eficiente, de alta calidad, menor costo e impacto ambiental y con el mejor factor de conversión, es decir, biomasa ganada por kilogramo de alimento proporcionado. Encontrando con éxito a los “subproductos”. Los subproductos son cuerpos enteros o partes de animales o productos de origen animal no destinados a consumo humano, incluidos óvulos, embriones y espermatozoides, derivados de la elaboración, fabricación o extracción de un producto primario, principalmente resultado de la producción de alimentos destinados para el hombre. Los subproductos tienen características nutritivas (proteínas, lípidos, aminoácidos esenciales etc.) (Tabla 1) diferentes según su origen (vegetal o animal) y del tipo de proceso industrial (cáscara, pulpa,



Figura 2. Harina de pescado (izquierda), aceite de pescado (derecha). Tomada de Wild Foods Co.

Tabla 1. Listado de subproductos utilizados en la industria acuícola

#	Subproductos	Ingredientes	Organismo	% de proteína	Reemplazo efectivo
1	Animal	Intestino, carne, hueso, cabeza, plumas, picos.	Camarón, vaca, cerdo y pollo.	40%	75%
2	Animal y vegetal	Carne y hueso, plumas, picos, sangre, krill antártico, gluten de maíz, semilla de algodón y harina de arroz.	Cerdo, pollo, maíz, Krill, algodón y arroz.	46%	50%
3	Ave	Plumas y pico	Pollo	48%	83%
4	Ave y porcino	Plumas, pico, carne y huesos.	Pollo y cerdo	30%	79%
5	Ave y vegetal	Plumas, pico, gluten de trigo, maíz y harina de soya	Pollo y vegetal	50%	40%
6	Ave y ensilado de pescado	Plumas, pico y pescado	Pollo y pescado	75%	46%
7	Porcino	Carne y huesos	Cerdo	26%	35%
8	Pescado	Carne y espinas	Pescado	56%	50%
9	Ensilado de pescado	Carne, espinas, aletas y cabeza	Pescado	45%	50%
10	Ensilado de pescado y maíz	Carne, espinas, aletas, cabeza y gluten	Pescado y grano de maíz	30%	40%
11	Subproductos de la industria cervecera	Residuo	Cerveza	32%	50%
12	Subproducto de destilería y soya	Granos secos	Cerveza	32%	77%
13	Agrícola/vegetal	Aceite de maní, harina de frijol y girasol descascarillado	Cacahuete, frijol y girasol	48%	–
15	Patata	Concentrado de proteína de patata	Almidón	40%	0%
16	Maíz	Gluten de maíz	Maíz	30%	75%
17	Soya	Pulpa	Soya	31%	75%

gluten), y lo más importante, pueden ser destinados a la alimentación animal. Principalmente se dividen en dos grupos: a) *elaborados*: son aquellos que han sido sometidos a un proceso de transformación físico o químico (harina de carne, grasa, sebo, sangre). Y b) *sin elaborar*: son aquellos que no sufren este proceso de transformación y que simplemente son depositados o cortados (cuero/piel, hígado). La variedad de subproductos que son utilizados en la acuicultura es enorme y mucho depende de la disponibilidad del producto primario. En la industria se aprovechan fuentes proteicas tanto de origen animal como vegetal.

Aunque es verdad que el uso de subproductos es reciente, mitigó tres problemas: 1) la disminución del precio del alimento balanceado mediante la sustitución parcial o total de harina de pescado. 2) La reducción de los grandes volúmenes de desechos orgánicos provenientes de diferentes industrias alimentarias, lo que contribuye a la disminución del costo ambiental que causan tanto la acumulación como la quema de desechos. 3) La reducción de los gastos de transporte de los subproductos hacia los rellenos sanitarios. Si bien la introducción de los subproductos fue una estrategia de la comunidad científica para aliviar las necesidades alimentarias y económicas, existe una amplia variedad de opciones de estudio que deben ser exploradas, con el fin de potencializar aún más el uso de los subproductos como ingredientes principales en dietas para el cultivo de organismos. Se debe continuar la búsqueda de subproductos con el fin de seguir reduciendo

costos y contaminación ambiental por la gran cantidad de desechos. Se pueden obtener más beneficios utilizando otras fuentes de proteínas y de aceites, como el caso de los ensilados. Desarrollar harinas a partir de los subproductos de la pesca y de la misma industria acuícola. Desarrollar procesos más económicos y viables que pueden ser aplicados al aprovechamiento de los subproductos en localidades que no puedan tener acceso a tecnologías. La alimentación mundial y seguridad nutricional debe lograrse mediante el aumento de la producción de alimentos, mejorar la calidad nutricional y la reducción de los residuos.

LITERATURA RELEVANTE

- Arvanitoyannis, I. S. y Kassaveti, A. (2008). Fish industry waste: treatments, environmental impacts, current and potential uses. *International Journal of Food Science and Technology*, (43), 726-745.
- Badillo-Zapata, D., Musin, G. E., Palma-Cancino, D. J., Guerrero-Galván, S. R., Chong-Carrillo, O., y Vega-Villasante, F. (2021). Total or partial replacement of fishmeal with soybean meal in the diet of the Pacific fat sleeper *Dormitator latifrons* juveniles. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 49(1), 40-47.
- González-Salas, R., Romero-Cruz, O., Valdivié-Navarro, M., y Ponce Palafox, J. T. (2014). Los productos y subproductos vegetales, animales y agroindustriales: Una alternativa para la alimentación de la tilapia. CONACYT.

Bonsái: un arte ancestral y un medio sustentable para la apreciación ambiental

Leonardo Martínez-Cárdenas

RESUMEN: El arte ancestral del bonsái, que en japonés significa «árbol en maceta» en nuestros tiempos es una buena herramienta para acercar al público a la apreciación de los árboles en general y de paso al entendimiento de la sustentabilidad ambiental. En México el concepto de la sustentabilidad está creciendo con los esfuerzos de instituciones académicas y programas gubernamentales para mejorar la calidad de vida de la población y asegurar que los recursos naturales perduren para generaciones futuras. La problemática de la verdadera apreciación del valor que tienen los árboles en nuestros ecosistemas y en los ambientes urbanos, se debe a la ignorancia de todos los beneficios que los árboles proveen tales como: la regulación de la temperatura, generación de oxígeno y estética del paisaje entre otros. Este arte permite el acercamiento a la magnificencia de los árboles mediante técnicas de cultivo

que los hace accesibles para mantener pequeños paisajes en casa.

ORIGEN DEL ARTE BONSAÍ

La práctica del bonsái que en japonés significa «árbol en maceta», en sus inicios proviene de China donde los datos más claros indican que hace 1500 años monjes budistas nómadas llevaban consigo plantas medicinales en macetas, las cuales después de años de cultivo de alguna forma sembraban árboles totalmente desarrollados, pero de dimensiones diminutas. Es hasta el siglo VII que, mediante el comercio, estas plantas llegan al Japón donde este arte se depuró, utilizando reglas que se basaban en los principios de la estética y esto dio paso al cultivo de varias especies de árboles. La afición por el bonsái, según explican algunos expertos, se debió a que Japón desde sus albores ha esta-

Secretaría de Investigación y Posgrado, Universidad Autónoma de Nayarit. Ciudad de la Cultura Amado Nervo s/n, 63190, Tepic, Nayarit. México.

Autor de correspondencia: leonardo_martinez@uan.edu.mx

do limitado de espacios, por lo tanto, el poder mantener diversas especies en reducidas macetas ganó mucha popularidad.

Debido al clima de Japón fueron las coníferas (pinos) las especies que más se utilizaron para el bonsái. Después de la segunda guerra mundial cuando Japón se «abrió» hacia el mundo occidental los maestros de este arte quedaron maravillados con el potencial de las especies que encontraron en otras regiones, como el continente americano, donde sus árboles ofrecían una mejor vocación ya que tenían hojas más pequeñas que las especies tradicionales japonesas. En tiempos más recientes, en la década de los 80, la película *Karate kid* fue, sin pretenderlo, gran escaparate de este arte al público a nivel mundial.

BONSÁI = ÁRBOL EN MACETA... PERO ¿QUÉ TIPO DE MACETA?

Como ya se mencionó antes, la palabra bonsái significa en japonés «árbol en maceta» y esta es la primera y más importante de las reglas de esta disciplina. Un bonito árbol por más cuidados y técnicas que se le apliquen, si está sembrado en el suelo, no es considerado un bonsái. Las macetas representan por tanto la esencia del bonsái. En tiempos antiguos los poderosos señores del Japón se preciaban de poseer los mejores especímenes en las mejores macetas. De manera general las macetas para bonsái semejan «charolas» con perforaciones en el fondo para permitir el drenaje del agua de riego. Los precios de las macetas pueden ir desde miles de dólares en objetos de valor histórico hasta unos cuantos pesos con la existencia de sencillos modelos de plástico que cumplen con las necesidades de algunas especies.

Las dimensiones del bonsái están básicamente regidas por el tamaño de la maceta y se clasifican en: miniaturas (15 cm), pequeñas (30 cm), medianas (60 cm) y grandes (mayores a 60 cm). Los materiales son variados, aunque el más común usado por los entusiastas es la cerámica. La selección de la especie y su tamaño debe cubrir las mencionadas reglas de estética procurando una proporción entre el árbol y la maceta. De manera general se utiliza una maceta cuya profundidad sea igual al grueso del tronco del árbol.



Figura 1. Ejemplar de pino negro japonés, con el tronco y las ramas ya redireccionadas y elegantemente enmacetado en cerámica. Fuente: Bradley, B. (1979). *Bonsai: illustrated guide to an ancient art*.

LAS PARTES DE UN ÁRBOL BONSAÍ

Como se mencionó, el tronco es una parte importante para el cultivo del bonsái pero antes que el tronco esta, por supuesto, la raíz.

Raíz

Las raíces de un árbol normal en la naturaleza, es decir la parte del árbol que no observamos es, de manera general, de la misma dimensión que la parte expuesta del mismo. Sin embargo, en el bonsái se lleva a cabo una lenta y minuciosa poda de las raíces para poder cultivar un árbol en una maceta. Otra técnica que es muy común entre los practicantes de este cultivo es el uso de árboles cuyo origen no es de una semilla sino de un «acodo» o sea de una rama de un árbol completamente desarrollado la cual ha sido adaptada para generar raíces menos profundas y más fáciles de mantener.

El tronco

Esta parte del árbol es el sostén de la imagen que tendrá el bonsái a cultivar. En algunos casos se recrean «bosques» utilizando varios troncos, es decir sembrando varios árboles en una maceta cuyas características permitan que estos se desarrollen de manera estética.

Una de las características más importantes del tronco es que tenga la apariencia de ser «viejo» es decir con una corteza rugosa que semeje un ejemplar de muchos años. Esto va a depender de la especie con la que se trabaje, ya que algunas presentan una mejor vocación que otras.

Las ramas

Soportadas en el tronco se encuentran las ramas, las cuales mediante una minuciosa y

delicada poda son seleccionadas para ofrecer una vista estética que semeje lo que podemos encontrar en la naturaleza y durante prácticamente toda la vida del árbol son manipuladas mediante la técnica de alambrado para dar esa imagen «caída» de los árboles de gran tamaño, que se presenta en árboles desarrollados por la acumulación de savia, cuyo peso obedece a la gravedad dirigiéndose hacia abajo.

Las hojas

El potencial de una especie de árbol para ser cultivado como bonsái es también el tamaño de las hojas, estas deben ser de preferencia de un tamaño diminuto y estar distribuidas abundantemente en cada rama, ya que una especie cuyas hojas sean de mayor tamaño que una rama difícilmente ofrecerán ese efecto de árbol miniatura.

¿CUÁLES SON LAS NECESIDADES DE UN BONSAÍ?

Como cualquier planta, un árbol bonsái requiere de: agua, luz y tierra, principalmente, pero en el caso de los árboles en maceta, las reducidas dimensiones en las que se encuentra le colocan en un cierto grado de vulnerabilidad ante cambios bruscos ya que de estar en un medio más grande y estable, tendría una mayor resistencia por ejemplo a una sobreexposición al sol, la lluvia o el frío intenso.

El riego debe ser una práctica casi diaria ya que la maceta no retiene el agua de manera constante, aunque un exceso de agua puede causar daño a las raíces por pudrición. Aunque la idea de tener uno de estos árboles en un espacio «humano» (oficina, casa u otro interior) es muy deseable, en el caso del bonsái no es

posible ya que la mayoría de las especies necesitan del sol directo aunque sea unas cuantas horas al día.

La tierra o sustrato a utilizar es realmente una mezcla colocada estratégicamente para que las partículas más grandes, generalmente de gravilla, provean drenaje en el fondo de la maceta, mientras que las partículas más finas en la parte superior permitan que las raíces obtengan la nutrición adecuada por medio de las raíces.

¿DÓNDE SE CONSIGUE UN VERDADERO BONSAÍ?

Los árboles bonsái, más que una planta en específico son producto de diversas técnicas de cultivo que permiten obtener un árbol en miniatura. Sin embargo, existen estafadores que ofrecen «semillas de bonsai» lo cual no es posible, dicha semilla será simplemente la semilla de un árbol cuyo desarrollo obedecerá al crecimiento normal de un árbol común.

Es por ellos que los lugares donde se pueden conseguir ejemplares para practicar este arte, son viveros especializados donde las plantas en algunos casos ya han empezado a ser modificadas para comodidad del aficionado al bonsái.

TÉCNICAS Y HERRAMIENTAS

Para lograr tener un árbol en miniatura las técnicas a utilizar son variadas. Como ya se mencionó la poda de raíces es esencial para poder mantener al árbol en la maceta.

En algunas especies se acorta el tronco mediante una cuidadosa poda que permita man-

tener la ilusión de que el ápice (o punto más alto) del árbol corresponde con el tronco.

En las ramas, además de la mencionada poda de selección, se utiliza alambre especializado para dar la forma de caída o alterar la dirección de crecimiento, para procurar siempre la estética del árbol. En este caso existen reglas tales como, nunca permitir que haya ramas que formen una cruz y tampoco que haya ramas cuyo crecimiento se dirija hacia el observante. El tamaño de las ramas de igual manera se trabaja semejando a la naturaleza donde las ramas más grandes y gruesas están en la parte

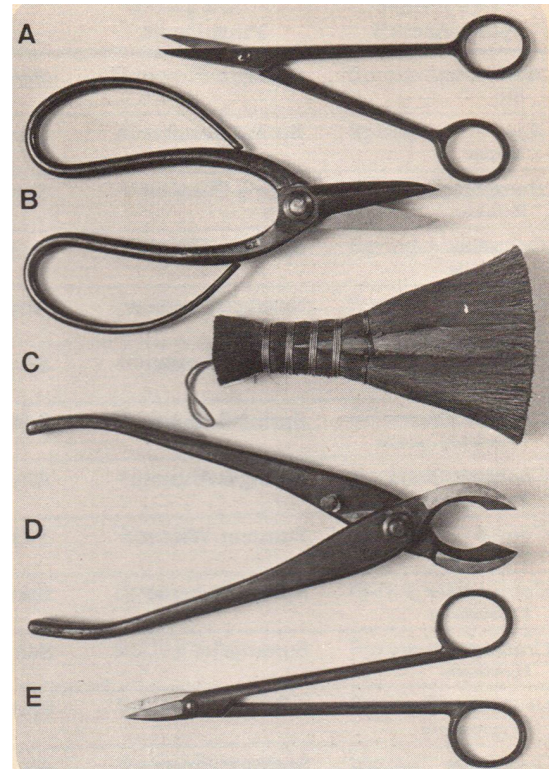


Figura 2. Herramientas clásicas para el trabajo de árboles bonsái: a) tijera para poda de hojas, b) tijera para poda de ramas y raíces, c) escobillón para mantener limpia la superficie del bonsái, d) pinza para corte de ramas gruesas y e) tijera extra fina. Fuente: Bradley, B. (1979). *Bonsai: illustrated guide to an ancient art*.

baja del árbol y gradualmente van siendo más pequeñas y delgadas en sus partes altas.

Para lograr estos efectos, las principales herramientas son, pinzas especializadas de corte y tijeras para realizar las podas tanto de ramas como de hojas, y alambre de aluminio de diversos groesos correspondientes a los groesos de las ramas del árbol. Además de estas herramientas, la más importante es la gran paciencia que debe tener el aficionado al bonsái ya que los procesos son largos para observar resultados.

LOS ESTILOS DEL BONSAÍ

Al igual que en la naturaleza, los estilos que se pueden trabajar en el bonsái son muy diversos, el más común (aunque no por ello el más fácil) es el árbol con el tronco recto hacia arriba, este estilo requiere de un buen corte del tronco inicial para simular un crecimiento «normal». Otro es el árbol con el tronco inclinado, árboles en forma de cascada que semejan a los que se encuentran en cañadas o despeñaderos, también árboles moldeados por el viento, los cuales dan la impresión de estar abatidos constantemente por ráfagas de aire y, por supuesto, los bosques, que son varios árboles plantados en una maceta.

MANTENIMIENTO DEL BONSAÍ

Debido a las pequeñas dimensiones de la maceta de bonsái, es necesaria una diaria vigilancia de los ejemplares dependiendo de su especie, tamaño y forma. Un riego moderado es necesario, así como exposición al sol directo durante unas horas del día. De manera más espaciada se requerirá de algún tipo de fertili-

zante especializado y también de manera anual de una poda de ramas. Ya pasados los años será necesario una poda de raíces y cambio de maceta si así se desea.

CONCLUSIÓN: EL BONSAÍ COMO UNA HERRAMIENTA PARA LA EDUCACIÓN AMBIENTAL

Es muy común el desapego (por decir lo menos) que algunas personas sienten hacia los árboles ya sea porque «tiran basura», cuando sus hojas caen en otoño, o simplemente por la indiferencia ante los ejemplares que se observan en el ámbito urbano. Es como si se pensara que los árboles son un accesorio predeterminado en las banquetas. Por ello el arte bonsái acerca al practicante a la apreciación de los árboles y su utilidad (generación de sombra, regulación de la temperatura, producción de oxígeno y alimentaria), al grado que una vez adquirida «la fiebre verde» o pasión por el bonsái es muy difícil salir de viaje en carretera sin imaginar que aquellos gigantes a lo lejos pueden ser recreados en una simple maceta para brindar un remanso de paz y forma estética en la vida cotidiana.

LITERATURA RELEVANTE

- Bradley, B. (1979). *Bonsai: illustrated guide to an ancient art*. Sunset Editors.
- Morales, R. (2008). *La enciclopedia del bonsái*. Editorial Libsa.
- Murata, K. (1976). *Practical bonsai for beginners*. Japan Publications Trading Company.
- Scott, R. R. (1996). *The art of Bonsai*. California State University. Dominguez Hills.

