

Sociedades rurales, producción y medio ambiente

ISSN 2007-7556



Revista semestral del Departamento de Producción Agrícola
y Animal de la UAM-X



Casa abierta al tiempo

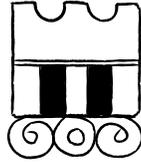
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
UNIDAD XOCHIMILCO

45

Diciembre-Julio
2023

Sociedades rurales, producción y medio ambiente

Sociedades rurales, producción y medio ambiente



Casa abierta al tiempo
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
UNIDAD XOCHIMILCO

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

Rector General

Dr. José Antonio de los Reyes Heredia

Secretaria General

Dra. Norma Rondero López

UNIDAD XOCHIMILCO

Rector

Dr. Francisco Javier Soria López

Secretaria

Dra. Ma. Angélica Buendía Espinosa

DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD

Director

Dr. Luis Amado Ayala Pérez

Jefa del Depto. de Producción Agrícola y Animal

M. en S. Nora Rojas Serranía

Director de la revista

Adolfo Álvarez Macías

COMITE EDITORIAL

Ciencias Agrícolas

Dr. Carlos H. Ávila Bello

Centro de Estudios Interdisciplinarios de Agrobiodiversidad (CEIABio)

Universidad Veracruzana

Dr. Rodolfo Figueroa Brito

Centro de Desarrollo de Productos Bióticos

Instituto Politécnico Nacional

Dr. Daniel Ruiz Juárez

Departamento de Producción Agrícola y Animal

Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco

Ciencias Pecuarias

Dr. Carlos Arriaga Jordán

Instituto de Ciencias Agropecuarias y Desarrollo Rural

Universidad Autónoma del Estado de México

Dr. Luis Corona Gochi

Jefe del Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia

Universidad Nacional Autónoma de México

Dr. Antonio Martínez García

Departamento de Producción Agrícola y Animal

Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco

Calidad e Inocuidad de Productos Agroalimentarios

Dr. Arturo Camilo Escobar Medina

Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (Cuba)

Dr. Eduardo Morales Barrera, UAM-X

Departamento de Producción Agrícola y Animal

Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco

Dra. Silvia D. Peña Betancourt

Departamento de Producción Agrícola y Animal

Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco

Economía y Desarrollo Rural

Dra. Tamara Perelmuter

Instituto de Investigaciones Gino Germani (IIGG)

Universidad de Buenos Aires

Acuicultura y Pesca

Dr. Iván Gallego Alarcón

Diseño y formación

D. C. G. Mary Carmen Martínez Santana

Corrección de estilo

D. C. G. Marbella Vianney Olmos Sánchez

SOCIEDADES RURALES, PRODUCCIÓN Y MEDIO AMBIENTE.

Año 2023, número 45, diciembre-julio de 2023 es una publicación semestral de la Universidad Autónoma Metropolitana, a través de la Unidad Xochimilco, División de Ciencias Biológicas y de la Salud, Departamento de Producción Agrícola y Animal. Prolongación Canal de Miramontes 3855, Col. Ex-Hacienda San Juan de Dios, Alcaldía Tlalpan, C.P. 14387, México, Ciudad de México, y Calzada del Hueso 1100, Col. Villa Quietud, Alcaldía Coyoacán, C.P. 04960, México, Ciudad de México, Tel. 54837231 y 54837230.

Página electrónica de la revista:

<https://sociedadesruralesojs.xoc.uam.mx/index.php/srpma>

Dirección electrónica: aalvarez@correo.xoc.uam.mx

Editor Responsable Profr. Adolfo Guadalupe Álvarez Macías.

Certificado de Reserva de Derechos al Uso Exclusivo del Título No. 04-2022-092811003900-102, ISSN 2007-7556, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor.

Responsable de la última actualización de este número:

Mary Carmen Martínez Santana.

Fecha de la última modificación: 14 de noviembre de 2023.

Tamaño del archivo 2700 KB.

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 Autónoma Metropolitana.

Suscripción anual (2 números)

México: \$220.00

Estados Unidos: \$50.00 USD

Centro América y Sudamérica: \$40.00 USD

Europa: \$60.00 USD

© 2000, Universidad Autónoma Metropolitana, D.R.

Índice

Editorial	9
Política de la revista	13
ARTÍCULOS CIENTÍFICOS	
Ciencia ciudadana, estrategias de conservación de la biodiversidad y biomonitoreos de los organismos genéticamente modificados (OGM's). El desafío de la conservación de la diversidad biológica en el estado de Yucatán <i>Rosa Elena Pérez y Arcelia González</i>	17
Almacenamiento arbóreo-aéreo de carbono en comunidades vegetales del Parque Estatal Cerro El Faro, Tlalmanalco, Estado de México <i>Iván Ernesto Roldán Aragón, Malinalli Cortés Marcial, Aurora Chimal Hernández, Jesús Sánchez Robles, Ernesto Augusto León Carvajal y Luis Carlos Padrón Cruz</i>	45
Análisis del 2000 al 2023 de las dinámicas de la agroindustria del Tequila en la zona protegida por la Denominación de Origen del Tequila (DOT) <i>Erick Rodrigo Guevara Rojas</i>	71
Conocimientos y percepciones sobre el cocodrilo americano (<i>Crocodylus acutus</i>) por pobladores de la Manzanilla del Mar, Costa de Jalisco, México <i>Ricardo A. Ojeda Adame, Peter R. W. Gerritsen y Luis I. Iñiguez Dávalos</i>	97
Enfermedades virales en caprinos <i>Jazmín De la Luz Armendáriz y José Francisco Rivera Benítez</i>	115

Agentes microbianos presentes en cloacas de tortugas patas rojas (<i>Geochelone carbonaria</i>) en un herpetario del estado de Yucatán <i>José Manuel Mukul Yerves, José Alberto Rosado Aguilar, Ana María Rejón Magaña, Edwin José Gutiérrez Ruiz, Alfredo Luna Casas y Lucas Miguel Zavala Escalante</i>	127
Sistema de expresión recombinante de la proteína de fase aguda “Pig-MAP” para su uso como biomarcador de estrés <i>Carlos A. Castro Roca, Yasmin G. De Loera Ortega, José Luis Cerriteño Sánchez, Julieta S. Cuevas Romero y Adelfa del C. García Contreras</i>	139
RESEÑA	
La seguridad alimentaria y nutricional en el mundo, 2023 <i>Adolfo Guadalupe Álvarez Macías</i>	153
Guía de autores	159

Editorial

La revista *Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente* se mantiene en la perspectiva de captar los avances científicos, así como los eventos que están caracterizando los nuevos desafíos del medio rural y del sistema agroalimentario en México y en otras latitudes, por lo cual se vienen abordando temas tan variados como los vinculados a los recursos genéticos, el medio ambiente, la fauna silvestre, el bienestar animal, tecnologías agrícolas y pecuarias, así mismo los relacionados con el mercadeo, inocuidad y nutrición humana, entre otros.

Bajo esa óptica la revista ha mantenido su ritmo de aparición regular desde el año 2000, confirmándose con este número la convicción institucional de preservar su vigencia, gracias al respaldo del Departamento de Producción Agrícola y Animal, de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco. La publicación sigue un proceso de mejora continua de sus procesos editoriales, así como de economía, conforme a los tiempos de austeridad que vive nuestra Universidad y la economía nacional en su conjunto, por lo cual se mantiene exclusivamente bajo un formato digital. En los últimos volúmenes se ha mantenido el número de colaboraciones, lo que suele propiciar algunos retrasos en la aparición puntual de la revista, pero ha sido posible mantener la comunicación con un mayor número de autores y revisores y, en especial, ha implicado un acercamiento a los estándares de calidad que exigen los índices de revistas.

Por lo anterior, se tiene una alta valoración de las aportaciones de autores, árbitros y editoras, que han resultado fundamentales en el proceso de permanencia y mejora de la revista. En este contexto, sigue abierta la convocatoria para que investigadores y estudiosos de diversas instituciones nacionales y del extranjero, y desde las diferentes disciplinas relacionadas al desarrollo de las sociedades rurales, producción agrícola, pecuaria, forestal y pesquera, así como del medio ambiente, propongan aportaciones derivadas de sus investigaciones que coadyuven a atender y entender problemas tan re-

levantes como la pobreza rural, la inseguridad alimentaria, los bajos índices de productividad vegetal y animal, la degradación de los recursos naturales y el medio ambiente, así como del bienestar animal, los que han desembocado en el desarrollo desigual y en variados obstáculos para un desarrollo agropecuario, agroalimentario y rural sostenible, equitativo y competitivo.

Por el contrario, existen opciones de abonar a las fortalezas y oportunidades que derivan del actual modelo de desarrollo, como las producciones y los mercados orgánicos, las tecnologías agroecológicas, prácticas de conservación y restauración de los recursos naturales y fauna silvestre, economía del hogar y participación de la mujer en las actividades rurales, procesos asociativos innovadores y los nuevos hábitos de consumo, por mencionar algunos de los más relevantes. En este número se presentan ocho contribuciones que revelan el carácter multidisciplinario de la publicación. En el primer artículo se aborda la conservación de la diversidad biológica, dado que constituye el sustento de múltiples actividades humanas, como la alimentación y el equilibrio de los ecosistemas. En particular, se analiza la estrategia de conservación de diversidad biológica que se ha venido desarrollando desde 2006 en el Estado de Yucatán y el proyecto de ciencia ciudadana planteado desde la Comisión Nacional para el Uso y Conocimiento de la Biodiversidad, con los biomonitoreos ciudadanos de los organismos genéticamente modificados, enfatizando en su importancia al ser desarrollados por comunidades campesinas e indígenas, específicamente para el caso de la soya genéticamente modificada.

En el segundo artículo se estima el carbono arbóreo-aéreo almacenado en las comunidades vegetales del Parque Estatal Cerro El Faro (PECEF), Tlalmanalco, Estado de México, que posee una superficie de 40.5 ha. Para ello, se caracterizó dasométricamente el arbolado, se estimó el almacenamiento de carbono y se cartografiaron los resultados. Las clases diamétricas > 40 cm almacenan la mayor cantidad de C. Se estimaron valores promedio entre 5.2 a 92.8 Mg C ha⁻¹ para las comunidades vegetales y un almacenamiento total de 1603.9 Mg en las 30.3 ha de la Zona de Conservación del PECEF, la cual almacena en promedio dos veces más C ha⁻¹ que la Zona de Manejo, debido a que esta última ha perdido cobertura arbórea.

En la tercera contribución se caracterizan cada uno de los momentos del ciclo que afectan los distintos escenarios de la cadena agroindustrial del tequila. Se utilizó la metodología *One Factor At a Time* para determinar los factores que intervienen en cada escenario. Se obtuvieron cuatro escenarios que componen la cadena productiva, lo que permite concluir que los productores agrícolas son los que padecen las mayores afectaciones por los ciclos de sobreoferta y escasez, sin embargo, las empresas comer-

cializadoras de tequila sobreviven gracias a la demanda internacional creciente durante los ciclos. En el cuarto artículo se analiza el efecto del ecoturismo en la percepción y conocimientos sobre la biología, estatus de conservación, riesgos y utilidad de los cocodrilos en pobladores de La Manzanilla del Mar, Jalisco, México. Los resultados muestran escasos conocimientos sobre la reproducción y las funciones ecológicas del saurio y, en términos generales, se considera una especie abundante, sin riesgo en su conservación y de poca peligrosidad. Se le asocia también con el turismo y con la generación de ingresos económicos para el poblado.

En el quinto artículo se examina uno de los ejes centrales del bienestar que es la sanidad de las cabras. Los virus más frecuentes en las cabras en México son ectima contagiosa, lentivirus de pequeños rumiantes, virus respiratorio sincitial, virus parainfluenza tipo 3 y el herpesvirus caprino tipo 1. El impacto de las infecciones virales en las unidades de producción se percibe en el decremento de la producción láctea y cárnica, lo que trae consigo un impacto negativo sobre la economía de los productores, además, es importante destacar qué ectima contagioso es zoonótico. En la sexta contribución se resalta que los reptiles como mascotas representan un riesgo porque son reservorios naturales de *salmonella*, *pseudomona* y otros agentes. En esta investigación se identificaron agentes microbianos presentes en las cloacas de tortugas *Geochelone carbonaria* en un criadero del estado de Yucatán, México. En conclusión, es importante conocer la microflora presente en estos animales por el riesgo zoonótico que representan para la población humana.

Finalmente, la séptima contribución se experimenta con el uso de biomarcadores; moléculas que sintetizan y liberan los animales en condiciones específicas para evaluar el bienestar animal. Por ello se seleccionó y clonó la porción N-terminal correspondiente a esta proteína en el vector pJET1.2/blunt y se usó para amplificar y subclonar al vector de expresión pETSUMO (pETSUMO-Nterminal). Se obtuvo, por primera vez, un sistema de expresión para la proteína recombinante PigMAP con potencial para desarrollar un sistema de evaluación del bienestar animal en cerdos. Finalmente, se presenta una reseña sobre *El estado de la seguridad alimentaria y nutricional (SAN) en el mundo*, en su versión 2023. En este año contiene un subtítulo muy sugerente: Urbanización, transformación de los sistemas agroalimentarios y dietas saludables a lo largo del continuo rural-urbano, que ponen de relieve una de las problemáticas y desafíos más visibles en el mundo que es el proceso de urbanización en prácticamente todos los países.

Por último, se reitera que el proceso de mejora general en que está inmersa la revista se mantendrá para que se logre el reconocimiento necesario que atraiga a nuevos

autores y lectores, por tanto, son bienvenidas todas las sugerencias y observaciones que coadyuven en este sentido. A la vez, esta publicación está abierta a todas las propuestas académicas de calidad susceptibles de ser publicadas.

Adolfo Álvarez Macías
Director

Política de la Revista

La revista *Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente* se viene publicando desde el Departamento de Producción Agrícola y Animal (DPAA), de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, con el fin de difundir cuerpos de conocimientos y métodos innovadores de las ciencias biológicas, sociales y ecológicas que tratan de explicar los problemas y desafíos científicos, tecnológicos, sociales y culturales que confrontan el desarrollo de las sociedades en sus territorios rurales, la agricultura, la ganadería, la conservación de los recursos naturales y de la fauna silvestre y, más ampliamente, los temas de la alimentación, nutrición y desarrollo regional. En ese marco, la revista está implicada en proponer análisis y discusiones que generen, cada vez más, posibles alternativas de solución para problemas y retos locales, regionales, nacionales y globales. En consecuencia, la revista se orienta hacia la evaluación de la investigación de frontera y el nivel actual de la discusión entre disciplinas relacionadas con el objeto de estudio.

Desde esta perspectiva, se pretende que las distintas contribuciones aborden la temática con rigor científico y con una visión humanista que brinde proyección y sentido a los resultados presentados. En los últimos meses se han presentado macro eventos que marcan el funcionamiento y el devenir de los sistemas agroalimentarios y las sociedades rurales. Por un lado, el cambio climático y sus crecientes repercusiones, que está obligando a modificar o adaptar el manejo de especies, variedades y razas, como a adoptar prácticas y tecnologías apropiadas para, por un lado, contrarrestar sus efectos y, por otro, mitigar y en su caso, restaurar los recursos naturales y potenciar los rendimientos de cultivos y producciones animales. Los efectos de la pandemia del COVID 19, que ha durado más de dos años, también supuso el retiro temporal de varios actores del medio rural y agroalimentario, así como la ruptura de múltiples cadenas productivas que implicó algunas cuestiones positivas, como la regeneración de recursos naturales y descenso de agentes contaminantes, pero también otros cambios críticos, como la reducción de

los ingresos de amplias capas de la población y el descenso de la producción agrícola y animal, generando un aumento de pobreza, de personas en inseguridad alimentaria, de la inflación y la crisis de las finanzas públicas, entre otras consecuencias. Finalmente, la invasión rusa a Ucrania ha supuesto otro trastorno mayor, dado que se trata de dos potencias agrícolas que, ante el conflicto y las sanciones aplicadas a Rusia por parte de la comunidad internacional, ha redundado en caos en el mercado internacional de productos agropecuarios y materias primas, especialmente con precios elevados. Ante ello, se intensifica la demanda de mayores investigaciones y análisis que permitan comprender estas dinámicas y, en su caso, contar con información valiosa para formular alternativas e intervenciones que contribuyan a la atención de estos desafíos.

Así mismo, se reitera que la política de la revista promueve la publicación de trabajos que aporten información inédita y original bajo las siguientes cuatro modalidades: i) Artículos de investigación, ii) Artículos de revisión y Notas de investigación, iii) Ensayos, y iv) Reseñas. La revista prosigue con su publicación periódica y cada vez está más cerca de alcanzar la puntualidad en su aparición semestral, gracias a la colaboración tanto de autores como de revisores y cuerpo editorial. También se ha continuado con la mejora progresiva de los mecanismos de evaluación de los manuscritos que se presentan y se han acortado los períodos de respuesta a los autores, lo que permite a la revista responder, cada vez más, a los requerimientos de una publicación de calidad susceptible de ingresar a los índices de revistas más relevantes del país. Para ello, ha sido apreciable el impulso que mantiene el DPAA, que está comprometido en la divulgación de resultados de investigaciones de cuerpo de académicos, como lo manda la Ley Orgánica universitaria.

Asociado a lo anterior, es importante la participación de todos los investigadores que consideren a la revista como un canal de divulgación pertinente para los resultados de sus investigaciones. Prueba de lo anterior es que la revista ha rebasado los 20 años de aparición regular. Así, la publicación se mantiene como un campo abierto, crítico y constructivo que busca enriquecer las explicaciones científicas e interpretaciones que coadyuven al desarrollo rural, agropecuario, alimentario y regional, teniendo como principios rectores: la equidad, la sostenibilidad y la competitividad.

Aparte de las contribuciones individuales, también se viene fomentando la edición de números temáticos, desarrollados por grupos formales e informales de investigación, para el abordaje de objetos de estudio comunes bajo distintas ópticas analíticas, métodos de trabajo, e incluso disciplinas. Para los interesados en esta última opción se les invita a contactar a la dirección de la revista para coordinar de la mejor manera posible alternativas de este tipo. Finalmente, nos gustaría subrayar que esta revista está inscrita en

LATINDEX, así como en PERIODICA, esperando en el futuro cercano avanzar en su inscripción en otros índices similares.

Para más información sobre la publicación, favor de dirigirse a:

Adolfo Álvarez Macías
Director

Ciencia ciudadana, estrategias de conservación de la biodiversidad y biomonitoreos de los organismos genéticamente modificados (OGM's). El desafío de la conservación de la diversidad biológica en el estado de Yucatán

Rosa Elena Pérez¹ y Arcelia González^{2*}

Resumen. *La conservación de la diversidad biológica tiene gran relevancia a nivel internacional, ya que constituye el sustento de múltiples actividades humanas, es la base de una gran variedad de bienes alimenticios y es un pilar fundamental para el equilibrio de nuestros ecosistemas. Es también uno de los grandes compromisos internacionales asumidos por México, dada su riqueza en biodiversidad.*

El objetivo de este trabajo es analizar la relación que tiene la estrategia de conservación de diversidad biológica que se ha venido desarrollando desde 2006 en el Estado de Yucatán y el proyecto de ciencia ciudadana planteado desde la Comisión Nacional para el Uso y Conocimiento de la Biodiversidad (CONABIO), con los biomonitoreos ciudadanos de los organismos genéticamente modificados (OGM's), enfatizando la importancia de este ejercicio de los biomonitoreos, específicamente los desarrollados por comunidades campesinas e indígenas, en el caso de la soya genéticamente modificada.

Palabras clave: *Conservación de la diversidad biológica; Ciencia ciudadana; Biomonitoreos; Soya transgénica; México.*

¹ Profesora de asignatura del Centro de Estudios Sociológicos de la UNAM. Doctorante del Posgrado en Sociología de la Línea Sociedad y Nuevas Tecnologías de la UAM-Azcapotzalco.

² Profesora-Investigadora de la Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco. Área de Investigación: Impactos Sociales de la Biotecnología.

* Autor de correspondencia. e-mail: arcel.2013@gmail.com

Abstract. *The conservation of biological diversity is of great relevance at the international level, since it constitutes the sustenance of multiple human activities, it is the basis of a great variety of food goods and it is a fundamental pillar for the balance of our ecosystems. It is also one of the great international commitments assumed by Mexico, given its richness in biodiversity.*

The objective of this work is to analyze the relationship between the strategy for the conservation of biological diversity that has been developed since 2006 in the State of Yucatán and the citizen science project proposed by the Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), with citizen biomonitoring of genetically modified organisms (GMOs), emphasizing the importance of this biomonitoring exercise, specifically those developed by peasant and indigenous communities, in the case of genetically modified soybeans.

Key words: *Conservation on biological diversity; Citizen science; Biomonitoring; Transgenic soy; Mexico.*

INTRODUCCIÓN

La conservación de la diversidad biológica tiene gran relevancia a nivel internacional ya que constituye el sustento de múltiples actividades humanas, es la base de una gran variedad de bienes alimenticios y es un pilar fundamental para el equilibrio de nuestros ecosistemas. Es también uno de los grandes compromisos internacionales asumidos por México, dada su riqueza en diversidad biológica, el cual lo coloca actualmente en el quinto lugar a nivel mundial, particularmente en variedades vegetales, reptiles, anfibios, entre otros.

La megadiversidad que caracteriza a nuestro país, y que ha llevado a nuestro gobierno a firmar el Convenio de Diversidad Biológica (CDB), desde 1993, implica también la realización de estrategias de protección y conservación de esta diversidad a nivel estatal y local. Bajo dicho escenario, en el que la conservación de la diversidad biológica se convierte en un asunto de discusión pública, la ciencia ciudadana, resulta ser un mecanismo que en recientes décadas ha adquirido gran relevancia, toda vez que implica la participación de actores sociales sin formación científica o técnica pero poseedores de conocimientos tradicionales o locales que pueden ser de gran soporte para dicho fin.

El objetivo de este trabajo es analizar la relación que tiene la estrategia de conservación de diversidad biológica que se ha venido desarrollando desde 2006 en el Estado de Yucatán y el proyecto de ciencia ciudadana planteado desde la Comisión Nacional para

el Uso y Conocimiento de la Biodiversidad (CONABIO), con los biomonitoreos ciudadanos de los organismos genéticamente modificados (OGM's). Nos interesa contrastar este ejercicio de participación institucional con los llamados biomonitoreos ciudadanos de los (OGM's), específicamente los desarrollados por comunidades campesinas e indígenas, en el caso del cultivo de la soya genéticamente modificada en el estado. Este análisis permitirá identificar la importancia de incluir criterios de bioseguridad y vigilancia de las afectaciones de la liberación de los OGM's dentro de la conservación de la biodiversidad y el papel de las instituciones reguladoras.

Cabe destacar que este artículo es el resultado de una investigación realizada en 2018 y 2022 en la Península de Yucatán, con el objetivo de conocer la trayectoria de campesinos, científicos, académicos, activistas y abogados opuestos a la siembra de soya genéticamente modificada, por las implicaciones socioambientales ocasionadas particularmente a la producción de miel. Al respecto, se realizaron entrevistas con actores clave, así como etnografías en zonas de la península de Yucatán donde se estaba realizando dichas siembras. Además, en 2023, se llevaron a cabo entrevistas a actores clave involucrados en el tema de la conservación biológica en Yucatán³.

Ciencia ciudadana. Desde el conteo de aves hasta los biomonitoreos ciudadanos

El concepto de ciencia ciudadana constituye uno de los términos más controversiales tanto desde los Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología, como dentro de los estudios sociales, en general, desde la última década del siglo XX y hasta nuestros días. Una de las cuestiones más controvertidas con respecto al uso del concepto, radica en que los procesos de intercambio epistémico, es decir, de tipos distintos de conocimiento (Laera, 2018) que se dan entre quienes forman parte de algún proyecto de esta naturaleza, persiguen intereses sumamente variables que pueden ir desde el conteo de especies por hobby o afición hasta la toma de muestras o monitoreos de contaminantes en comunidades afectadas por desarrollos tecnoindustriales.

³ Algunos de los entrevistados fueron: el Dr. Carlos Galindo Leal, director de Comunicación de la Ciencia, de la Comisión para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO); Biol. Esiquio Benitez Díaz, director de Cooperación e Implementación en Biodiversidad (CONABIO); Dr. Germán Carnevalli Fernández Concha, Unidad de Recursos Naturales del Centro de la Investigación Científica de Yucatán (CYCY), Dra. Alba Rosa Rivera de la Rosa, investigadora de la Facultad de Economía de la Universidad Autónoma de Yucatán.

La participación del público lego en la ciencia, incluso a gran escala, no es tan reciente. Varios estudios para el conteo y clasificación de aves, realizadas por voluntarios, se iniciaron en Europa desde el Siglo XVIII. En el Siglo XIX, un grupo de astrónomos aficionados iniciaron la Sociedad Astronómica del Pacífico (en 1889). Ya iniciado el siglo XX, un gran número de individuos participaron en el conteo de aves, peces, reptiles y anfibios. Otros muchos aficionados han participado en el monitoreo de la calidad del agua y en la búsqueda de nuevas estrellas e incluso galaxias (Dickinson y Bonney, 2012).

Las causas que explican la participación del público lego en el desarrollo de la ciencia, implica actualmente, cuestionar los datos de la política gubernamental, por ejemplo, en el monitoreo de la calidad del agua, del aire, etc., generando controversia en torno al propio desarrollo de la ciencia y la tecnología. El surgimiento de movimientos sociales, tienen como origen el propio desarrollo del capitalismo posterior a la Segunda Guerra Mundial, por los efectos destructivos para el ser humano y nocivos para el medio ambiente, que trajo el uso de la ciencia y tecnología beligerante.

Es durante el periodo de la Segunda Guerra Mundial también cuando la ciencia adquiere un carácter predominante de poder, tanto por el propio proceso de evolución del modo de producción capitalista, como por el avance científico- tecnológico que, a partir de este acontecimiento, sucedió. Es en 1942, cuando la Asociación Británica para el Progreso de la Ciencia promovió una reunión internacional cuyo tema central sería “La Ciencia en el orden Mundial”. En tal reunión se invitaba a participar a expertos científicos en aras de la “paz mundial”. De manera paradójica, fue a partir de este periodo que emerge la llamada “big science”, junto con el fuerte papel de los estados más poderosos, participantes en el acontecimiento bélico, tanto en el financiamiento de la propia ciencia como en la dirección de los desarrollos científicos y tecnológicos. El vínculo ciencia-poder iniciaba una etapa de gran fortalecimiento, no sólo por la participación de grandes científicos en el desarrollo de armas de fuego, sino justo en la construcción de la bomba atómica (Albornoz, 2007).

En esta etapa de predominio del Estado-nación en donde la ciencia y la tecnología constituyen asuntos de seguridad nacional, es el Estado la institución que concentra el poder, en la que los legos quedan excluidos de los juicios de los expertos, dentro de un contexto de fuerte desarrollo científico y tecnológico (Jasanoff, 2017).

A mediados de la década de los 70, con el desarrollo del capitalismo, bajo el llamado modelo neoliberal (Hess, 2016), se experimenta un debilitamiento del papel del Estado como rector de la economía, a nivel mundial, creando las condiciones para consolidar la participación de las empresas transnacionales en el mercado, aumentando su control en sectores estratégicos económicos como el desarrollo de tecnologías de punta,

llámese microelectrónica, ciencia de materiales, biotecnología. Estos factores favorecieron, en gran parte, la aparición de movimientos sociales, que impulsan el surgimiento y despliegue de la propia ciencia ciudadana.

El auge de la ciencia ciudadana, entendida como un ejercicio de participación en el debate público por parte de ciudadanos sin una formación científica pero con conocimientos situados respecto a problemas sociales o ambientales, se explica, en gran parte, ya que los movimientos sociales están continuamente enfrentando e interviniendo en controversias generadas por el desarrollo de la ciencia y la tecnología, buscando impulsar enfoques y dinámicas más incluyentes y con justicia social (Kimura y Kinchy, 2016).

Con el desarrollo del capitalismo, a principios de la década de los ochenta, el poder del Estado en el control del mercado continúa debilitándose, dando a paso a las grandes empresas transnacionales, las cuales ponen a su servicio a la ciencia, como fuerza productiva innovadora. La innovación tecnológica, comienza a convertirse en una estrategia de mercado utilizada por el propio capital, y tecnologías de punta como la biotecnología moderna, la nanotecnología, etc., se utilizan transnacionalmente. Los grandes consorcios transnacionales, así, ejercen poder a través de la propia innovación tecnológica, expandiéndose a nivel mundial y concentrando la producción propia de tecnología de punta. Desde una perspectiva de modernización y eficiencia, estas grandes empresas fomentan la expansión de sus tecnologías, sin una perspectiva que priorice el principio precautorio, que avise de los peligros y consecuencias del uso de las nuevas tecnologías (Beck, 2004). El Estado, por su parte, en esta nueva etapa de la modernidad capitalista, apoya esta expansión de tecnologías, como la biotecnología, por ejemplo, sin conceder a la sociedad una mayor participación en tecnologías alternativas, que prioricen el bienestar y el cuidado del medio ambiente. Es la sociedad, son los movimientos sociales, los que presionan e intentan intervenir en la gestión y curso de las tecnologías.

El desarrollo de nuevos proyectos de ciencia ciudadana que se vienen realizando desde inicios del siglo XXI, tiene muchas vertientes, está vinculado tanto a la creciente participación del público lego en el área científica, por interés en la ciencia misma, por afición, hasta por el cuestionamiento crítico de la evolución de la ciencia y la tecnología, que difícilmente cubre las expectativas de bienestar de la mayoría de la población. El término *ciencia ciudadana* fue incluido en el Diccionario de Inglaterra, en 2014, como “trabajo científico realizado por miembros del público en general, a menudo en colaboración con o bajo la dirección de científicos profesionales e instituciones científicas” (Eitzel, *et al*, 2017).

El concepto de ciencia ciudadana, así, es objeto de discusiones amplias y controversiales respecto a su significado. En la práctica, la ciencia ciudadana se ha abordado

de formas muy variadas, por ejemplo: la participación del público no científico en el conteo de aves, estrellas, etc; la ampliación de la participación por gente lego en el desarrollo de la ciencia; la intervención del público como parte de un movimiento que democratiza el proceso de investigación científica; empoderamiento de las comunidades para atender problemas locales; cuestionamiento de las políticas gubernamentales en temas ambientales y calidad de vida a nivel local, nacional y global. Esta discusión, sobre el significado de ciencia ciudadana, lleva a un debate sobre la producción de conocimiento, especialmente la labor de investigación realizada por el público no especializado, que consiste en el cuestionamiento sobre el carácter científico de su labor. En este debate se observan, en general, dos posturas: la primera, la cual considera que el público lego realiza labor científica, en esta perspectiva se encuentra la postura de Alan Irwin; desde otra perspectiva, un tanto instrumentalista, se encuentra la reflexión de que la población no experta solamente participa en la labor científica, con sus observaciones, búsqueda de información y apoyo a los científicos. Se incluyen, así, criterios sobre justicia epistémica, dado que se cuestiona cuando sí y cuando no caracterizar el trabajo realizado por el público lego como científico (Eitzel *et al*, 2017).

Si bien, la mayor parte de proyectos que pueden considerarse dentro del rubro de ciencia ciudadana, se dan con mayor frecuencia en países del norte global, debido al aumento en décadas recientes de conflictos socioambientales en países del sur, las redes colaborativas entre científicos, abogados, activistas y comunidades indígenas y campesinas, han permitido poner en la arena pública temas como la necesidad de ampliar las vías de participación de ciudadanos tradicionalmente excluidos de las discusiones técnicas en torno a los riesgos y sus consecuentes decisiones políticas (Piña, 2017).

La expansión de riesgos en materia ambiental en comunidades locales, y la emergencia de percepciones diferenciadas al respecto, ha traído como consecuencia un proceso de subpolitización, que como señala Ulrich Beck (2002) implica la emergencia de formas de reflexividad social que cuestionan de fondo el papel de los llamados sistemas expertos (Giddens, 1994) en las evaluaciones y mecanismos de gestión de los riesgos. Ante una desconfianza generalizada en los estándares fijados por la ciencia dominante o hegemónica, cuando ciertos grupos sociales se sienten agraviados y marginados desde la óptica de sus territorios o comunidades, estos agentes se organizan para formar redes colaborativas entre distintos tipos de expertise que validen en términos científicos y técnicos sus demandas.

Existen diferentes perspectivas teóricas para analizar a la ciencia ciudadana. Por ejemplo, la participación de los no expertos en la ciencia, del público lego –en donde se incluyen a las organizaciones no gubernamentales, aficionados, estudiantes e, incluso,

a las comunidades locales e indígenas– ha llevado a algunos autores a caracterizar este proceso como una modernización epistémica. David Hess señala que habría que entender a la modernización epistémica como un proceso en el que se da una diversificación de la composición social de la ciencia, así como una integración institucionalizada del conocimiento lego. Esta última, incluye la apropiación histórica de conocimiento local e indígena, por parte de la ciencia occidental (Hess, 2016).

En el presente artículo, entendemos a la ciencia ciudadana no sólo como un tipo de trabajo inter y transdisciplinar que impulsa una dinámica novedosa de participación pública en la resolución de conflictos, sino como un mecanismo de enrolamiento entre distintos sujetos epistémicos que persiguen fines y criterios axiológicos comunes, permitiendo un flujo de intercambio de conocimientos entre formas diversas de expertise, útiles para enfrentar los problemas en cuestión. De acuerdo con Laera (2018) un intercambio epistémico se refiere a procesos de cooperación en la atribución y usos sociales de conocimientos relevantes, que a pesar de no compartir códigos o lenguajes en común (por ejemplo, los saberes locales y los saberes científicos) pueden propiciar acuerdos de colaboración a partir de echar a andar estrategias de diálogo y entendimiento, con la finalidad de construir significaciones compartidas sobre hechos en los que se vuelve necesario ejercer algún tipo de acción o presión social.

De acuerdo con lo anterior, es posible establecer que uno de los pilares actuales de la ciencia ciudadana, tiene que ver con una dinámica organizativa entre conocimientos con matrices epistémicas diversas que pueden llegar a complementarse cuando existe la necesidad de responder a contextos de amenaza o afectaciones sistemáticas que entran en espacios contenciosos, al darse disputas por la racionalidad respecto a las causas, reconocimiento, desarrollo, evaluación y gestión de situaciones de inminente riesgo o peligro. De acuerdo con Luhmann, los riesgos se encuentran asociados a decisiones que se toman en el presente y que implican la posibilidad de que exista un contexto de daño futuro, el cual afectará siempre de manera selectiva y focalizada a un sector o grupo social que vivenciará dichas consecuencias en forma de peligros detonados por un entorno (Luhmann, 1992). En este sentido, la ciencia ciudadana funge como una respuesta social colectiva ante un entorno de incertidumbre hacia agentes específicos.

La ciencia ciudadana tiene grandes ventajas para el desarrollo de la ciencia y la tecnología. Considerando las ventajas, en primer lugar, la ciencia ciudadana permite realizar investigaciones costosas, de gran beneficio para la ciencia, sin remuneración alguna. Esta ventaja ha llevado a grandes cuestionamientos justamente sobre el trabajo no pagado al público lego, en donde tanto los gobiernos de diferentes países, instituciones e incluso, grandes empresas transnacionales, se ven beneficiados por este trabajo no

remunerado; otra ventaja es la producción de conocimiento desde el propio público no experto, que contribuye a la solución, por ejemplo, de problemas ambientales, de salud, etc; la ciencia ciudadana también impulsa la construcción de redes sociales que participan en la solución de problemas locales; por lo que también puede ser una herramienta para apoyar luchas de justicia social. Al desafiar la información gubernamental sobre problemas ambientales, de salud, etc., el público no experto, puede participar en el desarrollo de la ciencia, incluso, incidiendo en la toma de decisiones. En términos generales, la ciencia ciudadana no sólo reúne datos y produce conocimiento acerca de una problemática, por ejemplo, ambiental, sino también desafía a la autoridad y apoya procesos de movilización colectiva (Kimura y Kinchy, 2016).

Desde una perspectiva crítica, sin embargo, es inevitable cuestionar las limitaciones de la ciencia ciudadana. Una de sus limitaciones es el propio trabajo no remunerado a miles de personas no expertas que, con gran entusiasmo y entrega, participan en la recopilación de datos y producción de conocimiento. Otra de las limitaciones es el cuestionamiento, desde una perspectiva de justicia epistemológica, cuando no se reconoce el trabajo del público lego, como trabajo científico.

La ciencia ciudadana, como un dispositivo de análisis y cuestionamiento respecto a la producción situada de conocimiento experto, permite criticar y en ciertos escenarios, anticipar el curso que tendrán ciertas decisiones incluso antes de que los peligros se materialicen. En ese sentido, puede fungir como una suerte de herramienta de diagnóstico, como un articulador o catalizador de procesos organizativos, como un ensamblaje de perspectivas con diferentes niveles de especialización transdisciplinar, también como un habilitador para la formación de eslabones y cadenas enfocadas en ampliar la participación pública. En palabras de Functowicz y Ravetz (2000), la ciencia ciudadana puede entenderse como un tipo de ciencia posnormal en tanto que, por efecto del propio desarrollo de la complejidad sistémica inherente al despliegue de la sociedad capitalista, alienta a los ciudadanos a tomar un papel activo frente a la proliferación de contextos de alta incertidumbre científico técnica que no alcanza a ser resuelta solamente por la dinámica epistémica y metodológica de los conocimientos expertos.

De esta manera, el crecimiento de la ciencia ciudadana en países que concentran conflictos por cuestiones ambientales y megaproyectos como ocurre en el sur global, se ve alentada por la formación de comunidades que comparten riesgos y requieren soluciones urgentes ante los problemas que enfrentan.

Kinchy y Kimura (2016) sostienen que, si bien en una concepción clásica de la ciencia ciudadana, se le concibe a ésta como aquella que emplea a voluntarios o gente no experta en la recolección de datos o muestras para que otros, empresas, ONG's o gobier-

nos, utilicen dicha información, en un contexto de expansión de los movimientos sociales en temas ambientales a escala global, la ciencia ciudadana permite el reclutamiento de participantes dentro del debate público con la intención de redimir controversias, por ejemplo, respecto a riesgos de tipo científico tecnológico y ambiental.

De acuerdo con Kimura (2020) la inclusión de ciudadanos en la recopilación de evidencias o datos, puede contribuir a la crítica sobre los propios mecanismos metodológicos que se emplean de manera oficial. La autora toma como ejemplo el caso de las comunidades afectadas por el desastre de Fukushima quienes, ante la falta de respuestas satisfactorias por parte de las autoridades ambientales, desplegaron sus propias redes organizativas que pusieron en duda los estándares oficiales para llevar a cabo la toma de muestras, logrando el reclutamiento de participantes con una mayor conciencia política sobre el nivel de los daños y con la posibilidad de obtener información certera al respecto, sustentada sobre la base de un trabajo colaborativo que se extendió en diferentes zonas del país. De esta manera, la ciencia ciudadana en contextos de emergencia, permite cuestionar la relación entre producción social del conocimiento científico, el uso de criterios de evaluación estandarizados y burocratizados y el surgimiento de una ciudadanía crítica que se decanta por la búsqueda de los medios más fiables posibles para vencer su analfabetismo científico y entrar con los medios suficientes a la discusión pública con la finalidad de incidir en la toma de decisiones.

Lo anterior, siguiendo a Backstrand (2004), implica cuestionar las formas de cientización, impulsada desde un discurso perteneciente a la corriente de la modernización ecológica, para la que todos los riesgos ambientales sean manejables sin atacar la lógica del sistema dominante; es decir, como un tipo de tendencia política y epistemológica que reduce los riesgos a discursos meramente técnicos sustentados en una infraestructura institucional, que opera bajo un paradigma de ciencia regulatoria. Dicha tendencia permite desarrollar una respuesta en la sociedad definida por la autora como “pericia cívica”, la cual consiste en una mayor deliberación y participación ciudadana en el ámbito científico para revertir los rasgos tecnocráticos de la gestión ambiental.

La ciencia ciudadana va más allá de una tarea para recopilar datos, implica que los propios ciudadanos interesados se organicen en un sentido político; primero con la intención de obtener los conocimientos necesarios en la consecución de los objetivos que se plantean y para ser ellos en específico quienes puedan desarrollar contribuciones en el terreno científico, que incluso y ampliando la idea de Irwin, puedan servir para que otros ciudadanos en contextos similares, puedan utilizarlo, fungiendo entonces, como un tipo de acervo de conocimiento a mano para quienes así lo requieran. De esta manera, la ciencia ciudadana puede dar lugar a un tipo de socialización del conocimiento en

temas como derechos humanos o justicia socioambiental, aún entre pueblos o comunidades que varían en términos territoriales o culturales pero que enfrentan situaciones o incluso, enemigos comunes (Irwin, 1995).

Conservación de la Diversidad Biológica. Desde el Convenio de Diversidad Biológica hasta la Estrategia para la Conservación y Uso Sustentable en el Estado de Yucatán (ECUSBY) y el proyecto de ciencia ciudadana

Uno de los papeles más importantes de la ciencia ciudadana ha sido aquel que se ha observado en el tema de la conservación de la diversidad biológica. A nivel internacional, es la Cumbre de la Tierra, también conocida como la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (CNUCED), la reunión internacional que mejor representa la importancia, no sólo de la conservación de la diversidad biológica, sino también de la participación del público lego en esta problemática.

Se han llevado a cabo varias Cumbres de la Tierra. Una de las más importantes es la celebrada en Río de Janeiro, Brasil, en 1992. En esta reunión internacional participaron representantes de 179 países y cerca de 400 organizaciones no gubernamentales (Fernández, 2019). Es dentro de esta Cumbre de la Tierra que se planteó el Convenio de Diversidad Biológica (CDB), el cual establece diferentes mecanismos para la conservación de la diversidad biológica, a nivel mundial, así como una utilización sostenible de los recursos genéticos, que son parte de la diversidad biológica (Fernández, 2019).

El CDB se plantea tres objetivos: 1) la conservación de la diversidad biológica; 2) la utilización sostenible de sus componentes y la participación justa y equitativa de los beneficios que se deriven de la utilización de los recursos genéticos (Naciones Unidas, 1992). Cabe señalar que la participación de múltiples organizaciones no gubernamentales en esta reunión internacional expresaba tanto la crisis política que ya manifestaba el papel del Estado como rector de la economía, como la preocupación por problemas ambientales; por ejemplo: la desertificación del suelo, el calentamiento global y la pérdida de biodiversidad, entre otros factores (Gómez y Maxfield, 2017).

Dentro de esta reunión global surge la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y los Recursos Naturales (UICN), la cual fue pionera del concepto de desarrollo sostenible y promotora del CDB. La UICN es una organización mixta, que comprende tanto la participación de los gobiernos de los diferentes países miembros, así como la participación de organizaciones no gubernamentales científicas. La relevancia de la participación de esta UICN es su habilidad para la realización de investigaciones científicas relacionadas

con los problemas medioambientales y su papel como asesora en las Conferencias de las Partes (COPs) de la CDB, que se formaron con la finalidad de implementar los objetivos de la CDB (Gómez y Maxfield, 2017).

México forma parte del CDB desde 1993 que entró en vigor. Desde 1992 fue creada la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), considerando como uno de sus objetivos principales la conservación de la diversidad biológica en México. La CONABIO tiene también la misión de promover, coordinar y realizar actividades dirigidas al conocimiento de la biodiversidad. Ha instrumentado el Sistema Nacional de Información para la Biodiversidad, con el objetivo de brindar datos, información y asesoría a diferentes usuarios. Cabe señalar que la CONABIO ha desarrollado sistemas de monitoreo, cartografía, análisis de información, evaluaciones de ecosistemas de México, estrategias nacionales y estatales de diversidad biológica y plataformas de ciencia ciudadana.⁴

Respecto a proyectos y plataformas de ciencia ciudadana, la CONABIO lanzó el proyecto aVerAves en 2004, con el objetivo de construir una base de datos de libre acceso para el público y que se conforma con el trabajo que realizan tanto personas del público lego como expertos, a través de fotos que se almacenan en una base de datos. En el año de 2013 la institución desarrolla su segundo proyecto de ciencia ciudadana llamado NaturaLista, cuyo objetivo también es la creación de una base de datos con la participación de expertos y el público lego, además de la labor de información y concientización al público lego de la importancia de la conservación de la diversidad biológica (Piña, 2017).

La CONABIO también ha impulsado estrategias estatales de diversidad biológica. Una de ellas es la Estrategia para la Conservación y el Uso Sustentable de la Biodiversidad del Estado de Yucatán (ECUSBY).

Desde el año 2002, la CONABIO, junto con los gobiernos estatales y diferentes representantes de la sociedad civil, está desarrollando las Estrategias Estatales de Biodiversidad (CONABIO y Secretaría de Desarrollo Sustentable de Yucatán, 2019).

La ECUSBY surge de este proyecto, con la intención de desarrollar estrategias estatales de diversidad biológica. La estrategia en Yucatán se comienza a desarrollar a partir de 2006. Se realizó el Estudio de Estado denominado Biodiversidad y Desarrollo Humano en el Estado de Yucatán. A lo largo de la realización de esta estrategia se han

⁴ www.conabio.org.mx

observado los principales factores asociados a la pérdida de la diversidad biológica en la región; la deforestación, la degradación del hábitat, la extracción selectiva de especies, la modificación de flujos de agua y la contaminación que sufren tanto ecosistemas terrestres como acuáticos y la presencia de especies invasoras. En el trabajo realizado con las comunidades locales, se encontró que gran parte de sus preocupaciones se centran en los temas de suficientes alimentos, medicamentos, agua potable, filtración de contaminantes, polinización de sus cultivos, y protección contra desastres naturales, lo cual conforma la importancia de desarrollar mecanismos que ayuden a la conservación y uso sustentable de la biodiversidad. De acuerdo al reporte de la ECUSBY, son los sectores más pobres, los pequeños productores, los campesinos y comunidades indígenas, los que más limitados se encuentran para contar con condiciones para realizar un mejor uso de la diversidad biológica (CONABIO y Secretaría de Desarrollo Sustentable de Yucatán, 2019).

Cabe señalar que si bien en el caso de los ecosistemas terrestres-subterráneos se determinaron objetos de conservación como flora y fauna, cuerpos de agua, etc. y se identificaron amenazas a la biodiversidad tales como la sobreexplotación, cambio climático, contaminación y transgénicos, no está planteada con claridad cómo afectan los transgénicos a la biodiversidad y cómo contrarrestar tal amenaza.

El proyecto de ciencia ciudadana desde la CONABIO también ha sido planteado como posible instrumento para enriquecer la información y contribuir a la conservación de la diversidad biológica en el estado de Yucatán. Desde el año 2004, la institución desarrolló el proyecto de ciencia ciudadana aVerAves, una plataforma digital que permite registrar múltiples especies de aves observados por aficionados o expertos en diferentes lugares del país, ha generado hasta la fecha actual, alrededor de 13 millones de registros de especies de aves (CONABIO, 2019). La información registrada se encuentra de acceso al público y el objetivo es tener una base de datos que permita la conservación de la diversidad biológica. Cabe comentar que este proyecto de ciencia ciudadana nace de uno previo desarrollado en la Universidad de Cornell, llamado Ebird. En el año 2013, se desarrolló una segunda plataforma digital, llamada NaturaLista, con el apoyo de la Compañía Telcel y de la Fundación Carlos Slim, con el objetivo de registrar la diversidad de plantas, animales y hongos, que existen en México, es la red social de ciencia ciudadana más grande de México, con más de un millón de observaciones (Piña, 2017); (CONABIO, 2019); (entrevista al Dr. Carlos Galindo). Posteriormente la CONABIO lanza la plataforma digital EncicloVida, lo cual permite un registro de múltiples variedades de plantas y animales y una conexión a nivel mundial. (CONABIO, 2019 y entrevista al Dr. Carlos Galindo).

La plataforma de EncicloVida también fue presentada en el estado de Yucatán, junto con los resultados de la ECUSBY. Se señaló que EncicloVida cuenta con casi 59 mil usuarios, los cuales han aportado más de un 1 millón 600 mil observaciones de más de 31,400 especies (CONABIO, 2019).

La colaboración entre CONABIO y el gobierno del estado de Yucatán tiene el objetivo de fomentar la participación de la ciencia ciudadana en la conservación de la diversidad biológica, además de tener como instrumento central la ECUSBY. Desde nuestra perspectiva, la participación de la sociedad civil en la conservación de la diversidad biológica es importante, sin embargo, existen amenazas como la liberación de organismos genéticamente modificados que, además de la participación de la sociedad civil debería tener la prioridad de desarrollar criterios desde el principio precautorio para evitar su expansión.

Respecto a la ECUSBY, ésta tiene aciertos, ya que es importante realizar un diagnóstico, e implementar mecanismos para conservar la biodiversidad. Sin embargo, quedan pendientes importantes, incluso, reconocidos por la propia ECUSBY, que son los criterios de bioseguridad y las medidas de acceso y compartimiento justo y equitativo planteado en el propio CDB. Cabe comentar, asimismo, que en esta importante tarea de diagnóstico, tanto de la diversidad biológica, como de la situación de la población de la Península de Yucatán en torno a la propia biodiversidad es de reconocerse, sin embargo, no se enfatizan las afectaciones que la biotecnología agrícola moderna ha causado en la región, como la contaminación de miel de grupos de apicultores con los transgenes de soya genéticamente modificada y la contaminación del agua por el uso de glifosato que ha tomado una enorme relevancia en los años recientes.

Desde esta perspectiva es que tienen gran trascendencia las acciones de monitoreo que realizan los grupos de activistas indígenas de la Península de Yucatán, a propósito de la soya genéticamente modificada cuyo caso abordaremos en el siguiente apartado.

Biomonitoreos ciudadanos de soya GM en la Península de Yucatán. Politización reflexiva y defensa del territorio

La producción de cultivos genéticamente modificados, resultado de la biotecnología moderna se ha incrementado significativamente, desde mediados de la década de los 90 del siglo XX.

Para el año de 2019, no sólo los países más desarrollados han incrementado la superficie cosechada con cultivos transgénicos, sino también países en desarrollo, en especial de América Latina.

Brasil y Argentina, ocupan el segundo y tercer lugar, con 52.8 millones y 24 millones de hectáreas, respectivamente (ISAAA, 2019). Los cultivos que lideran esta producción de transgénicos son los mismos cuatro cultivos que lideraron en la década de los 90 del siglo XX: soya, maíz, algodón y canola. Cabe señalar que para el año 2019 Brasil superó, por primera vez a Estados Unidos en el cultivo de soya genéticamente modificada, con 31.5 millones de hectáreas de soya (ISAAA, 2019). Esta expansión lleva consigo no sólo una homogeneización de la producción agrícola y con ella efectos adversos a la diversidad biológica, sino que el uso del herbicida más utilizado a nivel mundial, el glifosato, también daña la biodiversidad. En 2014, por ejemplo, se aplicaron 747 millones de toneladas de glifosato en aproximadamente 1400 millones de hectáreas a nivel global. Cabe comentar que el glifosato puede persistir en el suelo donde se aplique posterior a las aplicaciones, además de que también se ha detectado en áreas naturales protegidas, lo cual daña directamente la ecología y la diversidad biológica. La introducción de soya genéticamente modificada ha aumentado diez veces el uso del glifosato en Argentina y Brasil ha superado este uso. En general, la tendencia a la producción de cultivos tolerantes a herbicidas, como el glifosato, ha provocado una generalización de la práctica del monocultivo, en contra de la rotación y de la biodiversidad (INECC, 2018).

En México, la producción de soya genéticamente modificada y el uso del herbicida glifosato ha provocado también graves afectaciones al medio ambiente, a la salud humana y animal y efectos adversos a las comunidades indígenas, especialmente en la Península de Yucatán.

En el presente apartado, profundizaremos en el tema de los biomonitoreos ciudadanos realizados en la Península de Yucatán con el objetivo de visibilizar y denunciar la situación de afectación socioambiental que prevalece en la región, entendiendo a este como un mecanismo de ciencia ciudadana.

En el año 2011, frente al vacío regulatorio que ha prevalecido en México en torno al cultivo de organismos genéticamente modificados⁵, se aprobó la siembra a escala

⁵ Si bien en México no contamos con permisos para la siembra comercial de cultivos transgénicos a excepción del algodón, se han extendido desde 2006 denuncias por fenómenos de contaminación en variedades nativas de maíz. La institución encargada de generar regulaciones al respecto es la CIBIOGEM, que desde la Ley de Bioseguridad de OGM's (2005), se encarga de implementar los mecanismos de bioseguridad en el país. Sin embargo, no existen estrategias suficientes para ampliar los procesos de vigilancia y control respecto a dichos organismos. Este vacío regulatorio, como exploraremos en el presente apartado, ha sido aprovechado por quienes se benefician de cultivos como la soya GM.

comercial de soya transgénica en nueve estados de la República, entre ellos en la región de la Península de Yucatán, una de las zonas más ricas en diversidad biológica y cultural, debido a la presencia de comunidades indígenas mayas quienes practican actividades como la siembra de cultivos tradicionales, por ejemplo, la milpa, la apicultura y la conservación forestal. Debido a esta situación, surgió un movimiento organizado entre dichas comunidades, ONG's ambientalistas, comercializadores de miel, abogados y científicos, que buscaron demostrar la existencia de afectaciones ambientales ocasionadas por la rápida expansión de dicho cultivo. La movilización fue detonada a raíz de que los cultivos de soya y el uso del herbicida glifosato necesario para matar las malezas de la planta, ocasionaron eventos de contaminación en la miel que, siendo un producto de exportación muchas veces bajo el esquema orgánico, generó un rechazo por parte de países europeos compradores, bastante rigurosos en cuestiones de bioseguridad y transgénicos (Pérez y Risdell, 2020).

Frente a la amenaza que significó la pérdida de mercado a la par de la rápida difusión pública acerca de los efectos negativos que la soya GM traería a la región en términos ambientales (pérdida de cobertura forestal y agropecuaria por el avance de monocultivos, la posible contaminación de variedades alimentarias locales, contaminación de suelos y agua por efectos del glifosato y daños a la salud) surgió una base social que se organizó rápidamente para revocar, por la vía legal, dichos permisos, especialmente en el municipio de Hopelchén, Campeche, una de las zonas agrícolas más importantes en la región y donde conviven al menos, dos sistemas productivos en constante disputa⁶. Para sustentar la batalla legal, fue necesario desplegar un trabajo científico comunitario que comprobara las posibles afectaciones socioambientales, las cuales fueron negadas por instituciones de gobierno como la Secretaría de Agricultura, entonces SAGARPA, la Comisión Intersecretarial de Bioseguridad de los Organismos Genéticamente Modificados (CIBIOGEM) y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT). De esta manera, y luego de la realización de una consulta indígena entre 2015 y 2018,⁷ que

⁶ Por una parte, encontramos la producción especializada y mecanizada dependiente de semillas híbridas llevada a cabo principalmente por población mestiza y agricultores menonitas quienes desde la década de los ochenta se han asentado en la región. Por otro, encontramos la pequeña producción campesina cada vez con menos disponibilidad de espacios para llevarse a cabo. En este grupo situamos al sector apícola, cuya producción se destina a la exportación, representando un ingreso extra para la población en su mayoría de la etnia maya. (Bazán, 2019; Echánove, 2016).

⁷ <http://consultaindigenamaya.org/>

sirvió para exacerbar los mecanismos de exclusión hacia los argumentos de las comunidades, respaldados por el trabajo científico-legal que demostraba dichas afectaciones, fue posible visibilizar ante la opinión pública la situación de disputa y controversia por la expansión de la soya GM. Cabe destacar que cuando la SCJN decretó la realización de la misma, quedó legalmente prohibida su siembra, situación que no se detuvo y fue constantemente denunciada por las comunidades y sus asesores (Pérez y Risdell, 2020).

En 2017 y frente a violaciones cometidas por la empresa MONSANTO respecto a las hectáreas permitidas para la siembra de la soya, las cuales no fueron respetadas⁸, se da una prohibición desde el gobierno federal para su cultivo en la región. Sin embargo, la siembra de soya GM no se ha detenido, grave problema que ha sido constantemente denunciada por miembros de las comunidades. A simple vista, no es posible detectar las diferencias entre la soya convencional y la de tipo transgénico, sin embargo, dada la experiencia que han adquirido dichos agentes para monitorear las siembras, y los problemas que vienen enfrentando como: las relaciones de tensión con grandes productores, por ejemplo menonitas, el conocimiento sobre terrenos, ciclos y comportamientos agrícolas, así como la constante afectación sufrida por eventos de fumigaciones aéreas con pesticidas, legalmente no reguladas, la tala ilegal de selvas así como la desecación y contaminación de cuerpos de agua, ha sido posible para estos actores, construir una expertise comunitaria de tipo transdisciplinar en tanto han sido capacitados por sus asesores para detectar dichos cultivos como los causantes de este conjunto de agravios a su territorio y a su salud. Ante el vacío de Estado en materia de bioseguridad, son las comunidades organizadas y sus asesores, quienes se encargan de vigilar y denunciar la prevalencia de la soya y, por tanto, de su sistema productivo en la región.

Es importante remarcar en esta parte, que existen diferencias en la prevalencia del cultivo de soya GM y en la movilización social en los tres estados de la Península de Yucatán. Mientras en Campeche, particularmente en el municipio de Hopelchén y en la región poniente de Quintana Roo en la zona cercana a Bacalar, hay asentamientos de población menonita para quienes los cultivos agroindustriales, por ejemplo, maíz,

⁸ En 2017, el Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA) revoca el permiso a MONSANTO para la liberación de soya GM del evento MON-04032-6, debido a que la empresa había excedido los polígonos permitidos para sembrarla, en un claro desacato a las leyes de bioseguridad, que como era evidente, no estaban funcionando, pues se estaba sembrando sin control. Además, en el oficio expedido por SENASICA, se reveló también la presencia en Campeche de otro tipo de soya GM, evento MON 89788-1 no autorizada dentro del permiso otorgado en 2012, de la cual Monsanto tuvo conocimiento (Santana, 2017).

sorgo, arroz y soya, representan importantes ingresos a su economía y, por tanto, buscan mantenerlos a pesar de la conflictividad socioambiental que generan al ocasionar afectaciones a otros campesinos, en el estado de Yucatán el avance ha sido más lento. La soya se cultiva principalmente en la zona oriente en los ranchos privados y en la zona sur, donde ejidatarios rentan sus tierras a agro empresarios (trabajo de campo, 2018; Echánove, 2019).

Es poco claro cuál es la producción real de la oleginosa y cuánto de su porcentaje corresponde a soya GM. Como documenta Flavia Echánove (2019) investigadora del instituto de geografía de la UNAM, quien de 2016 a 2018 realizó una serie de entrevistas entre miembros del sector sojero y comunidades campesinas, las cifras dadas por el gobierno no corresponden con lo hallado por ella en la región, pues las superficies sembradas son mayores y continúan aumentando.

El movimiento social contra la soya GM en la región también ha disminuido su incidencia. Anteriormente, el colectivo MA OGM, alianza formada por activistas, académicos y abogados a raíz de las afectaciones al sector de la miel, proponía estrategias de acompañamiento para la puesta en marcha de la consulta indígena y la necesidad de llevar a cabo los biomonitoreos ciudadanos tanto para detectar los cultivos de soya GM y documentar los casos de muertes de abejas, sin embargo, la organización se ha ido fragmentando. Prevalece la alianza maya por las abejas de la península de Yucatán, Káabnaaloon, que si bien es un agente importante para hacer visibles las afectaciones socioambientales y poner en marcha biomonitoreos, la organización se ha centrado en la construcción de procesos organizativos comunitarios y la defensa del territorio, por lo que las capacidades de continuar adelante con esta práctica, se han visto rebasadas ante el avance de los cultivos de soya GM, que para el gobierno actual de Yucatán –y los de Campeche y Quintana Roo– no representan un problema grave a pesar de los crecientes fenómenos de contaminación ambiental por el uso de plaguicidas, constantemente denunciados por este y otros colectivos de la región (Información de campo, 2022).

Con lo anterior comprendemos, se da un proceso de politización reflexiva del riesgo (Beck, 2002), aunque diferenciada en los tres estados. La movilización social dado el nivel de afectaciones, ha estado más centrado en Campeche y Quintana Roo, mientras en Yucatán hasta 2018 hubo un apoyo importante del gobierno estatal como abordaremos más adelante, el cual favoreció a las redes de activismo del estado y el diálogo institucional. Es decir, las redes de agentes entre ONG'S, comunidades, universidades, abogados, activistas etc., en constante investigación por cuenta propia, generan criterios de detección y evaluación de riesgos en tanto observan la continuidad e incluso, un agravamiento de la situación socioambiental derivada de las omisiones del estado en

materia de OGM's y pesticidas. Las muestras que se tomaron, tanto de plantas presuntamente modificadas genéticamente, como de abejas muertas por las fumigaciones aéreas, fueron llevadas a laboratorios locales, por ejemplo, al de la Universidad Intercultural de Quintana Roo (información de campo, 2022) para ser procesadas. Sin embargo, no existen mecanismos legales para canalizar las denuncias y por tanto las comunidades se vieron vulneradas en su derecho al medio ambiente sano, la salud y la alimentación.

Siguiendo a Torres Mazuera *et. al* (2020:2), por biomonitoreo ciudadano, entendemos "el uso de herramientas para la colecta de muestras de material genético de plantas u organismos con la finalidad de detectar la presencia de material modificado genéticamente". Este trabajo que debería ser llevado a cabo por personal con formación técnica o científica, fue implementado por grupos de ciudadanos capacitados por sus asesores, para ejecutar dicha tarea, siendo ellos los encargados de la recolección de muestras, pero también de buscar los laboratorios para que estas fueran analizadas.

Los biomonitoreos ciudadanos en la Península de Yucatán se realizaron principalmente en Holpechén, pero también en algunas zonas de Yucatán y Quintana Roo. Si bien sus resultados se toparon, finalmente, con una marcada omisión por parte del Estado que hasta ahora, se ha reusado a generar un marco de sanciones efectivas cuando haya violaciones hacia la bioseguridad, han servido para respaldar lo que las comunidades, desde su experiencia directa con los agravios, detectan en su cotidianidad. Al agudizarse el avance de estos cultivos y todo el sistema productivo que requieren, a la par de megaproyectos como el tren maya, la gentrificación y la urbanización, las comunidades organizadas han desarrollado un discurso en defensa del territorio que favorece procesos organizativos locales y la puesta en marcha de proyectos de desarrollo comunitario, por ejemplo, en materia de educación indígena, agroecología o formación política. Esto ha permitido fortalecer una gramática sobre la defensa del territorio como un mecanismo estratégico y necesario para defenderse frente al avance de un modelo de desarrollo que los coloca en situaciones de graves riesgos sociales.

La realización de biomonitoreos ciudadanos implica, para las comunidades afectadas, tomar un papel activo en la recolección, manejo y procesamiento de muestras de plantas que ellos encuentran convencionalmente en su entorno y que es preciso distinguir en términos de plantas naturales y artefactos biotecnológicos, estos últimos valorados culturalmente como peligrosos o dañinos para el tejido ambiental y social de la región. De acuerdo con Winner (1987), la soya genéticamente modificada es una tecnología inherentemente política en tanto se trata de un dispositivo que impone un cierto orden social en los territorios donde se utiliza, obedeciendo a formas de dominación y

apropiación de los entornos agrícolas, afectados por el uso de semillas GM y su paquete tecnológico que incluye el uso de plaguicidas altamente tóxicos como el glifosato⁹.

Entendemos a los biomonitoreos de soya GM como ejercicios de participación llevados a cabo por sujetos excluidos por las instituciones que deberían encargarse de velar por la bioseguridad. Se trata de un tipo de ciencia ciudadana en tanto se ponen en marcha diálogos entre distintos tipos de conocimiento: los saberes territoriales de los miembros de comunidades campesinas e indígenas que se involucran activamente en la práctica; los conocimientos aportados por biólogos, agrónomos y toxicólogos respecto a la colecta, manejo e interpretación de las muestras; los conocimientos jurídicos necesarios para proceder a judicializar la prevalencia de los daños e, incluso, las estrategias de difusión de la información que son muy importantes para mantener el interés público en el tema, recurso implementado por la sociedad civil organizada para dar a conocer los vacíos que prevalecen en materia de regulación de OGM's en el país.

La ciencia ciudadana opera como un mecanismo de subjetividad política, en tanto da forma a redes de solidaridad e incentiva el surgimiento de una conciencia política que trasciende la mera alfabetización o educación ambiental en estos contextos contenciosos, para dar paso a la formación de capitales sociales, identidades y redes de agentes con capacidades organizativas en expansión, es decir, empoderados hacia la construcción de una gobernanza sobre los riesgos (Kimura, 2021).

El manejo de evidencia científica, a partir de los biomonitoreos ciudadanos, permite desplegar una gramática acerca de la persistencia de un vacío institucional en materia de bioseguridad y la prevalencia de afectaciones territoriales derivadas del uso de OGM's. De acuerdo con Irwin (1995) y Backstrand (2016) el manejo de un lenguaje sumamente técnico que sustente los hallazgos de las comunidades, puede caer en una suerte de cientifización del problema en cuestión, es decir, que un tema tan complejo que implica la construcción de una percepción social de los riesgos como consecuencia de la relación directa con los problemas, se confunda con la necesidad de construir conocimiento objetivo e irrefutable acerca de la existencia o no de las afectaciones valiéndose de la

⁹ Este herbicida fue catalogado en 2015 por la OMS como potencialmente cancerígeno. A pesar de ello, es el más utilizado en el mundo. Se estima que alrededor de la mitad del glifosato usado a nivel global se destina a cultivos transgénicos. En México, su uso ha aumentado en un 1500 % desde 1996, año en que comienzan a ser comercializados los cultivos GM en Latinoamérica. En 2022, el CONACYT difundió el documento: "Expediente científico sobre el glifosato" el cual recoge estos datos referidos además de retomar más de 1100 trabajos de investigadores de todo el mundo referidos a los daños a la salud y al ambiente que representa el herbicida. (CONACYT, 2022).

evidencia técnica disponible. El conocimiento construido a raíz de los biomonitoreos es un instrumento que desaprueba los discursos oficiales acerca de que no existen cultivos de soya GM en los territorios o que las muertes de abejas por el uso de los pesticidas ocurren por otras causas¹⁰. Sin embargo, en México se carece de instrumentos legales para vigilar y canalizar estas denuncias, por lo que, finalmente, lo que se ha logrado con ello frente a una infraestructura institucional rígida y un desinterés político, es todavía muy limitado.

Como ya se señalaba con anterioridad, Yucatán es uno de los estados donde se llevan a cabo estos biomonitoreos, aunque tuvieron un peso mayor durante el gobierno de Rolando Zapata Bello, quien gobernó la entidad de 2012 a 2018, justo en el periodo de consolidación del movimiento contra la soya GM. Durante su gestión, desempeñó un papel muy importante la Secretaría de Desarrollo y Medio Ambiente (SEDUMA), institución que tuvo al frente al académico Eduardo Batlori¹¹, quien desde su gestión, apoyada por el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) –cuyo titular es un activista de la región que lleva años trabajando sobre proyectos de desarrollo comunitario y comercio justo–, impulsó el decreto de Yucatán Zona Libre de Transgénicos, una figura que dentro de la Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados (LBOGM, 2005) permite que el gobierno de una entidad federativa se oponga al cultivo de OGM's en su territorio cuando se considere que puede haber daños ambientales o a la salud de las poblaciones por el uso de dicha tecnología, es decir, aduciendo al principio precautorio.

En 2016, el gobernador Rolando Zapata, emite un documento sustentado en una evaluación técnica exhaustiva sobre los riesgos asociados particularmente al uso de pla-

¹⁰ Las abejas y otros polinizadores, tienen una importancia fundamental en la soberanía alimentaria. De acuerdo con Villanueva y Colín (2012), la tercera parte de los alimentos que consumimos a nivel mundial requieren sus servicios ambientales de polinización. Sin embargo, es recientemente que se ha empezado a hacer visible su importancia, debido al "Síndrome del colapso de colmenas", llamado así en 2006 por los apicultores de Estados Unidos para definir la mortandad y desaparición masiva de abejas en ese momento inexplicable. Actualmente el fenómeno se experimenta en varios países, por ejemplo, en México, donde apicultores de diversos estados reportaron la disminución de entre un 30 y un 88% de sus abejas entre 2015 y 2016. Entre los estados más afectados ese año figuraba Jalisco con una pérdida de unos 2500 millones de abejas equivalentes a 750 toneladas de miel. Derivado de diversos estudios, se han determinado varias causas para explicar este problema, como el cambio climático, el aumento de plagas y el uso indiscriminado de plaguicidas (Torres, 2017).

¹¹ Link del informe: http://www.seduma.yucatan.gob.mx/apicultura_transgenicos/documentos/JUSTIFICACION_TECNICA_CIENTIFICA_OGMS.pdf

guicidas en el estado, centrándose mayormente en la contaminación de aguas y suelos a causa del herbicida glifosato. A partir de dicho posicionamiento, se declara al Estado de Yucatán, como libre de transgénicos, es decir, se prohíbe su cultivo. Cabe destacar que en este Estado no existía, para entonces, una intención generalizada de sembrar soya transgénica. En la región oriente del Estado se encuentran ranchos de empresarios como Jacobo Xacur y Alfonso Romo, quienes manifiestan un interés en dichos cultivos para la alimentación de animales y la producción de aceites o insumos industriales. Fuera de esa región, no hay un interés tan marcado por el cultivo como ocurre en Campeche y en la zona poniente de Quintana Roo.

Al haber un menor interés que en los otros dos estados, la SEDUMA ofreció a los agricultores interesados en cultivar la soya GM, una semilla mejorada conocida como soya huasteca, la cual no requiere glifosato, aunque si el uso de FUSILEX, otro plaguicida también tóxico (Echánove, 2016, 2019). A raíz de la prohibición de sembrar soya GM y de dicha alternativa tecnológica, los biomonitoreos ciudadanos llevados a cabo hasta 2018 en el estado, prácticamente no generaron indicios de que se estuviera sembrando soya GM, aunque cabe destacar, la sospecha de que, en los ranchos privados de los empresarios, la situación fuera diferente por la imposibilidad de llevar a cabo monitoreos exhaustivos (información de campo, 2018 y 2022).

Con la salida de Zapata Bello del gobierno estatal y de Batlori de la SEDUMA, la situación ha cambiado pues se ha abandonado la política de bioseguridad que el gobierno del estado de Yucatán mantenía. Ésta, ha quedado en manos exclusivas de los ciudadanos, quienes tienen que enfrentar el vacío regulatorio y la falta de presupuestos e instancias para canalizar denuncias, incluso no solo por el hallazgo de semillas genéticamente modificadas, también por la muerte de abejas a causa de las fumigaciones aéreas. La situación se ha agravado particularmente en la zona oriente del estado donde se encuentran los ranchos privados referidos (Información de campo 2023).

Es importante remarcar que, si bien el apoyo de la administración de 2012 a 2018 en Yucatán fue un incentivo para fortalecer las redes organizativas en torno a la lucha contra el cultivo de transgénicos y el uso de plaguicidas en la región, son las redes de activismo las que direccionaron y consolidaron los biomonitoreos como estrategias de vigilancia y sondeo medioambiental. Es decir, la ciencia ciudadana ha jugado un papel importante para dar a conocer la situación de agravio generalizado que se vive en la Península, no sólo en Yucatán. Sin embargo, al no existir instancias para canalizar las denuncias, estas no prosperan y lo que ocurre es un incremento en la superficie de soya transgénica e incluso cultivos como maíz transgénico en la región. La preocupación, ante el vacío en

materia de bioseguridad, se centra principalmente en el tema de plaguicidas pues su uso intensivo genera las consecuencias mayormente visibles para la población.¹²

Resulta importante señalar, finalmente, las dificultades que ha tenido la ciencia ciudadana en la generación de estrategias institucionales para frenar el deterioro ambiental en la región. Por un lado, las comunidades afectadas suelen tener una desconfianza histórica hacia la intervención del gobierno en los asuntos organizativos que implican temas sensibles como el medio ambiente. Una de estas experiencias poco alentadoras, fue lo ocurrido durante la consulta indígena referida, en donde la opinión de los apicultores agraviados, intentó ser manipulada por instituciones como la Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas (CDI) y la Comisión Intersecretarial de Bioseguridad de los Organismos Genéticamente Modificados (CIBIOGEM), quienes se negaron a reconocer la situación de división territorial y emergencia por las que las comunidades estaban atravesando, sembrando una fuerte desconfianza en ellas hacia la intervención de instituciones gubernamentales en sus procesos organizativos.

Al no haber un interés real por parte de las instancias reguladoras, la ciencia ciudadana no aprovechó todo su potencial e incluso, implicó una manera de “poner a prueba” lo que los agentes afectados “decían” en tanto eran obligados a traducir sus afectaciones a un lenguaje técnico que puede, en ciertos contextos, no ser apropiado a las necesidades específicas que los agentes en conflicto van experimentando.

En este sentido, las comunidades mayas se sirvieron de la ciencia ciudadana como un ejercicio ampliado de participación, es decir, han funcionado como comunidades extendidas de evaluación de una tecnología (Functowicz y Ravetz, 2000), aportando información que el Estado debería encargarse de generar si se atendiera la complejidad que implica la bioseguridad en los territorios campesinos e indígenas cada vez más expuestos a procesos de saqueo y degradación socioambiental. La puesta en marcha de

¹² En abril de 2023, en el municipio de Hopelchén Campeche, colindante con Yucatán, ocurrió un proceso de muerte masiva de abejas, en el que murieron millones de estos insectos, pues se perdieron alrededor de tres mil colmenas, afectando a 72 familias, en lo que hasta ahora se denomina uno de los mayores exterminios de polinizadores ocurridos en la región peninsular. Presumiblemente, porque no hay elementos certeros por la falta de investigación de las autoridades, la causa de la muerte masiva se debió a la aplicación de fipronil, un plaguicida altamente tóxico utilizado en la producción de chile habanero. Sin embargo y dado que son las comunidades las encargadas de llevar a cabo los monitoreos y canalizar las muestras, sin que haya una estructura que sancione a los responsables, este evento como otros que continuamente ocurren en la península, son poco claros y no son resarcidos, por lo que la región entera atraviesa por procesos severos de injusticia y emergencia medioambiental por el uso de plaguicidas .

la ciencia ciudadana cuestiona de hecho, la visión acotada sobre la bioseguridad que se maneja en México en la LBOGM (2005) sujeta a un marco técnico restringido a evaluar los posibles riesgos de la tecnología transgénica dejando fuera sus efectos sociales (Torres, *et. al.*, 2020). Por tanto, las comunidades mayas no buscan ser reconocidas como sujetos científicos dentro del marco regulatorio existente en el país, sino que su relación con el territorio, su identidad y su derecho a decidir cómo quieren vivir sean respetados y atendidos, es decir, más que un reclamo por la institucionalización de sus demandas se encuentra, de fondo, un discurso por la reivindicación de la justicia ambiental que llevan más de una década impulsando y que no ha sido resuelta debido a las omisiones con las que los gobiernos federal y estatal han actuado frente a la problemática por la que atraviesa la región.

CONCLUSIONES

La conservación de la diversidad biológica es de suma importancia, desde una perspectiva de seguridad alimentaria, equilibrio de los ecosistemas y porque constituye la base de un sinnúmero de actividades humanas, de salud, vestido, etc.

Desde 1993, con la entrada en vigor de la CDB, se han impulsado estrategias de conservación de la biodiversidad a nivel mundial. En México, y en gran parte a partir del establecimiento de la CONABIO, se han planteado y desarrollado estrategias estatales de conservación de diversidad biológica. Una de ellas es la ECUSBEY, además de los proyectos de ciencia ciudadana que ha desarrollado la propia CONABIO.

Por otra parte, si bien el vínculo ciencia-poder se inicia en el periodo de posguerra, con el predominio del Estado-nación y las empresas en el desarrollo científico tecnológico, es a partir de la década de los 80 del siglo XX que las grandes empresas transnacionales, ejercen poder a través de la propia innovación tecnológica, expandiéndose a nivel mundial y concentrando la producción propia de tecnología de punta. En el presente trabajo, hemos abordado lo ocurrido con las empresas biotecnológicas que se niegan a trabajar bajo el principio precautorio, que informe a la población acerca de los peligros y consecuencias que pueda traer el uso de una tecnología.

En las últimas décadas del siglo XXI, el concepto y práctica de la ciencia ciudadana ha sido sumamente discutido y controversial, tanto por los diferentes enfoques dentro de los Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología, como dentro de los estudios sociales en general.

Desde nuestra perspectiva el concepto y práctica de la ciencia ciudadana en México, tiene una gran causal y es a partir de los movimientos sociales en contra de los cultivos

transgénicos, en el caso específico de la soya genéticamente modificada, que ha implicado un ejercicio de participación entre las comunidades afectadas y sus asesores. Desde esta perspectiva, se trata de un tipo de modernización epistémica, como bien lo señala David Hess, debido a que son nuevos actores, movimientos campesinos e indígenas que, desde su carácter de público lego, participan en el cuestionamiento de la ciencia llamada biotecnología moderna, señalando los efectos adversos evidentes de la soya transgénica, en la salud humana y animal, en el medio ambiente y en las formas de vida de las poblaciones que habitan en el estado de Yucatán.

La ECUSBEY y los proyectos de ciencia ciudadana que se han desarrollado desde la CONABIO tienen gran relevancia porque constituyen herramientas que contribuyen a un sistema de inventario respecto a la propia diversidad biológica con la que cuenta nuestro país, así como para identificar y desarrollar criterios de conservación de la diversidad biológica a nivel nacional y estatal. Sin embargo, estos proyectos y estrategias se encuentran limitadas al no incidir en el desarrollo de estrategias de bioseguridad dirigidas, justamente, para implementar una política desde el principio precautorio, para evitar los daños que ya están causando los cultivos genéticamente modificados, como la soya transgénica, a la biodiversidad del estado de Yucatán.

La ciencia ciudadana incentiva un conjunto de prácticas de participación social en entornos epistémicos tradicionalmente cerrados y excluyentes, permitiendo abrir agendas de investigación y traer temas controvertidos a la arena pública cuando ésta es desarrollada desde las propias comunidades afectadas.

En el caso de los biomonitoreos ciudadanos llevados a cabo en la Península de Yucatán, estos obedecen a un ejercicio de participación ciudadana que busca ir más allá de la puesta en marcha de criterios técnicos para probar afectaciones. Los biomonitoreos buscan hacer un llamado a autoridades gubernamentales y entidades institucionales para que atiendan la gravedad del deterioro ambiental en la región por el uso de pesticidas que afecta directamente los derechos al territorio de las comunidades, al medio ambiente y sus prácticas tradicionales como la milpa, actividad que tiene un papel muy importante en la conservación de la diversidad biológica de la región y que, al igual que la apicultura, se encuentra cada vez más amenazada y desplazada debido a la expansión de la agroindustria.

Resulta fundamental que el Estado mexicano atienda esta situación de grave deterioro en la región peninsular, haciendo caso a la producción de evidencia científica producida desde este esquema colaborativo y la necesidad que implica para las comunidades afectadas, que dicha evidencia pueda ser utilizada en las batallas legales para detener el cultivo ilegal de semillas genéticamente modificadas en la región, que ponen en riesgo la diversidad biológica y las formas de vida de las comunidades afectadas.

BIBLIOGRAFÍA

- Albornoz M. 2007. *Los problemas de la ciencia y el poder*. Centro de Estudios sobre Ciencia, Desarrollo y Educación Superior- REDES, Argentina.
- Bäckstrand K. 2004. Scientisation vs. civic expertise in environmental governance: eco-feminist, eco-modern and post-modern responses. *Environmental Politics* 13 (4): 695-714.
- Batlori E. 2012. *Justificación técnica - científica para emitir opinión favorable a solicitudes de zonas libres de cultivos de organismos genéticamente modificados en el Estado de Yucatán*. Secretaría de Desarrollo Sustentable (SEDUMA). Disponible en: http://www.seduma.yucatan.gob.mx/apicultura_transgenicos/documentos/JUSTIFICACION_TECNICA_CIENTIFICA_OGMS.pdf
- Bazán W. 2019. El comercio justo y la producción de miel orgánica en Hopelchén. Un estudio sobre las asociaciones de apicultores LOL K'AX Y KABI'TAH. *Tesis de Licenciatura en desarrollo y gestión interculturales*. UNAM, CEPHCIS, México.
- Beck U. 1986. *La Sociedad del riesgo. Hacia una nueva modernidad*. España: Paidós.
- Beck U. 2002. *La sociedad del riesgo global*. España: Paidós.
- Beck U. 2004. *Poder y contrapoder en la era global. La nueva economía política mundial*, Editorial Paidós, Barcelona, España.
- CONACYT. 2022. *Expediente científico sobre el glifosato y los cultivos GM*. Disponible en: https://conacyt.mx/wpcontent/uploads/documentos/glifosato/Dossier_formato_glifosato.pdf
- Dickinson J., Bonney R. 2012, "Citizen Science. Public Participation in Environmental Research", Comstock Publishing Associates, A Division of Cornell University Press Ithaca and London, Cornell University, Unites States of America
- Echánove F. 2016. *La expansión del cultivo de la soja en Campeche, México: Problemática y perspectivas*. *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*.
- Echánove F. 2019. Reconversión productiva en Yucatán, México: de maíz y pastizales a soja. *Papeles de Geografía*, pp 181-197. Disponible en: <https://revistas.um.es/geografia/article/view/340111/25666>
- Eitzel M. V., Cappadonna J. L., Santos L. C., Duerr R. E., Virapongse A., West S. E., Kyba C. C., Bowser A., Cooper C. B., Sforzi A., Metcalfe A. N., Harris E. S., Thiel M., Haklay M., Ponciano L., Roche J., Ceccaroni L., Shilling F. M., Dörler D., Heigi F., Kiessling T., Davis B. Y. y Jiang Q. 2017, "Citizen Science. Terminology Matters: Exploring Key Terms. *Citizen Science: Theory and Practice* 2(1):1, pp.1-20.

- Fernández L. 2019. "Cumbres de la Tierra: qué es, acuerdos y objetivos", www.ecologia-verde.com/cumbre-de-la-tierra-que-es-acuerdos-y-objetivos-2291.html
- Funtowicz S. y Ravetz J. 2000 "La ciencia posnormal, ciencia con la gente", España, Icaria.
- Gómez I. 2016. "A Honey-Seañed Alliance: Mayan Beekeepers in the Yucatan Peninsula versus Transgenic Soybeans in Mexico's Last Tropical Forest", *Journal of Agrarian Change*.
- Gómez Lee M. I y Maxfield N. 2017. "El papel de la sociedad civil en la Cumbre de la Tierra: gobernanza compleja", *Opera*, 21, pp.135-156.
- Giddens A. 1994. "Vivir en una sociedad postradicional, en Beck U. et. al. *Modernidad reflexiva. Política, tradición y estética en el orden social moderno*. Madrid: Catedra.
- Hess D. 2016. "Undone Science. Social Movements, Mobilized Publics, and Industrial Transitions", Cambridge, Massachusetts, London, England: The Mit press.
- INECC (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático). 2018. El herbicida glifosato y su uso en la agricultura con organismos genéticamente modificados, SEMARNAT, México, disponible en https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/425676/Informe__Glifosato___Agricultura_OGMs_24.12.2018_agg.pdf
- Irwin A. 1995. *Citizen Science: A study of people, expertise and sustainable development*. London: Routledge.
- ISAAA. 2019. "Informe ISAAA 55-2019: Resumen Ejecutivo. Los cultivos biotecnológicos impulsan el desarrollo socioeconómico y el medio ambiente sostenible en la nueva frontera", disponible en <https://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/55/executivesummary/default.asp>
- Jasanoff. 2017. *Science and Democracy*, in Felt Ulrich et al, *Handbook of Science and Technology Studies*, Massachusetts Institute of Technology.
- Kimura A. 2021. Citizen science and social movements: A case of participatory monitoring of genetically modified crops in Japan. *The Sociological Review Monographs*, Vol. 69(3) 580–602.
- Kimura A. H. y Kinchy A. 2016. Citizen Science: Probing the Virtues and Contexts of Participatory Research. *Engaging Science, Technology, and Society*, 2, 331-361. <https://doi.org/10.17351/ests2016.99>
- Laera R. 2018. "Los vínculos de la cooperación epistémica", en *Revista de Filosofía*, Vol. 43, pp. 139-153.
- Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados en México (LBOGM). 2005. Disponible en: <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LBOGM.pdf>
- Luhmann N. 1998. *Sociología del riesgo*. México: Universidad Iberoamericana.

- Pérez R. y Risdell N. 2020. "La península de Yucatán como escenario de riesgo social. La lucha por la justicia ambiental dentro de la movilización contra la soya GM y la defensa de la miel" en: Muñoz R. J. (comp.) *Proceso a los alimentos transgénicos*, México: ITACA.
- Pie de página. 2023. ¿Por qué murieron millones de abejas en comunidades mayas de Campeche?, 15 de abril. Disponible en: <https://piedepagina.mx/por-que-murieron-millones-de-abejas-en-comunidades-mayas-de-campeche/>
- Piedra M. 2016. El cultivo de soya transgénica en Quintana Roo. Estudio de caso del ejido de Salamanca. *Tesis e la Maestría de Ciencias en Recursos Naturales y Desarrollo Rural*. ECOSUR, México. Disponible en: http://aleph.ecosur.mx:8991/exlibris/aleph/a22_1/apache_media/PK8XMLE7DDCT72UV3I3NC15NE16H82.pdf
- Piña J. 2017. Ciencia ciudadana como emprendimiento de la ciencia abierta: El riesgo del espectáculo de la producción y el acceso al dato. Hacia otra ciencia ciudadana | Ciência cidadã como emprendimento de ciência aberta: o risco da espetacularização da produção e o acesso ao dado. Para uma outra ciência cidadã | Citizen Science as an open science enterprise: the risk of a spectacle of production and the access to data. Towards another citizen science. *Liinc em Revista*, 13(1), Article 1. <https://doi.org/10.18617/liinc.v13i1.3765>
- Santana R. 2017. El Senasica revocó a Monsanto permiso para liberar semillas de soya transgénica en siete estados. *Proceso*, 22 de noviembre. Recuperado de: <https://www.proceso.com.mx/512244/senasica-revoco-a-monsanto-permiso-liberar-semillas-soya-transgenica-en-siete-estados>
- Torres Y. 2017. El impacto de los plaguicidas en el sector apícola. CIATEJ, 14 de agosto. Disponible en: <https://ciatej.mx/el-ciatej/comunicacion/Noticias/El-impacto-de-los-plaguicidas-en-el-sector-apicola/34>
- Torres M. G., Vides E. y Rivera F. 2020. "Democratizar la bioseguridad en territorios con diversidad biocultural: la apuesta por una alianza de saberes en México", *Journal of Political Ecology* 27(1), 1036-1051. doi: <https://doi.org/10.2458/v27i1.23211>
- Villanueva R. y Collin U. W. 1996. La apicultura en la Península de Yucatán, México y sus perspectivas. ECOSUR. Disponible en: https://ecosur.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1017/1048/1/0000196981_documento.pdf
- Winner L. 1987. *La ballena y el reactor*, España: Gedisa.
- Zapata R. 2016. "Decreto 418/2016 por el que se declara el Estado de Yucatán zona libre de cultivos agrícolas con organismos genéticamente modificados", Diario Oficial del Gobierno del Estado de Yucatán CXIX, 26 de octubre.

Almacenamiento arbóreo-aéreo de carbono en comunidades vegetales del Parque Estatal Cerro El Faro, Tlalmanalco, Estado de México

Iván Ernesto Roldán Aragón,^{1*} Malinalli Cortés Marcial,²
Aurora Chimal Hernández,³ Jesús Sánchez Robles,⁴
Ernesto Augusto León Carvajal⁵ y Luis Carlos Padrón Cruz⁶

Resumen. Las áreas naturales protegidas ofrecen servicios ecosistémicos a la sociedad y son un modelo para la conservación local y regional. El objetivo fue estimar el carbono arbóreo-aéreo almacenado en las comunidades vegetales del Parque Estatal Cerro El Faro (PECEF), Tlalmanalco, Estado de México, que posee una superficie de 40.5 ha. Para ello, se caracterizó dasométricamente el arbolado, se estimó el almacenamiento de carbono y se cartografiaron los resultados. La riqueza fue de 11 especies de árboles, entre ellas, *Cupressus lusitanica*, *Quercus rugosa*, *Q. laurina* y *Arbutus xalapensis*, las que obtuvieron los valores de importancia principales. Las clases diamétricas > 40 cm almacenan la mayor cantidad de C. Se estimaron valores promedio entre 5.2 a 92.8 Mg C ha⁻¹ para las comunidades vegetales, un valor promedio de 51.9 Mg C ha⁻¹ y un almacenamiento total de 1603.9 Mg en las 30.3 ha arboladas del área. La Zona de Conservación del PECEF almacena en promedio 2 veces más C ha⁻¹ que la Zona de Manejo, debido a que esta última, ha sido la más amenazada y ha perdido una mayor cobertura arbórea.

Palabras clave. Servicios ecosistémicos; Áreas naturales protegidas; Bosques templados; Almacenamiento de carbono.

¹ Laboratorio de Planeación Ambiental, Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco.

² Licenciatura en Biología, Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco.

³ Laboratorio de Taxonomía y Ecología Vegetal, Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco.

⁴ Laboratorio de Estadística, Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco.

⁵ Maestría en Ecología Aplicada, Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco.

⁶ Laboratorio de Taxonomía y Ecología Vegetal, Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco.

* Autor de correspondencia: ieroldan@correo.xoc.uam.mx

Abstract. Protected natural areas offer ecosystem services to society and are a model for local and regional conservation. The objective was to estimate the arboreal-aerial carbon stored in the plant communities of the Cerro El Faro State Park (CEFSP), Tlalmanalco, State of Mexico, which has an area of 40.5 ha. To do this, the trees were dasometrically characterized, carbon storage was estimated and the results were mapped. The richness was 11 tree species, including *Cupressus lusitanica*, *Quercus rugosa*, *Q. laurina* and *Arbutus xalapensis*, which obtained the main importance values. Diametric classes > 40 cm store the greatest amount of C. Average values between 5.2 to 92.8 Mg C ha⁻¹ were estimated for the plant communities, an average value of 51.9 Mg C ha⁻¹ and a total storage of 1603.9 Mg in the 30.3 hectares of trees in the area. The CEFSP Conservation Zone stores on average 2 times more C ha⁻¹ than the Management Zone, because the latter has been the most threatened and has lost greater tree cover.

Key words: Ecosystem services; Protected natural areas; Temperate forests; Carbon storage.

INTRODUCCIÓN

Durante miles de años, las concentraciones de CO₂ en la atmósfera se habían mantenido entre 172 ppm y 299 ppm, sin embargo, a partir de la Revolución Industrial en la segunda mitad del siglo XVIII ocurrieron grandes impactos sobre el ambiente, entre ellos la emisión de dióxido de carbono (IPCC, 2023; Zamora *et al.*, 2016). Se ha reportado que durante la primera mitad del siglo XX hubo un ascenso considerable de CO₂ en la atmósfera terrestre, con un crecimiento medio anual en el período comprendido entre 2010 y 2019 de 10.9 ± 0.9 petagramos de carbono al año (PgC año⁻¹) y una concentración de 408 ppm para el año 2018 (GCP, 2021; IPCC, 2021). Entre las fuentes principales de emisión de CO₂ se encuentran el uso de combustibles fósiles y la producción de cemento, ya que contribuyen con 9.4 ± 0.5 PgC año⁻¹ ($\approx 86\%$), mientras que los cambios de uso del suelo representan una emisión de 1.6 ± 0.7 PgC año⁻¹ (Canadell *et al.*, 2021). Como consecuencia del incremento de este gas con efecto invernadero, los impactos han sido el aumento de la temperatura media global en el planeta de 0.99°C, cambios en los patrones de lluvias, incremento del nivel del mar, sequías de mayor duración y cambios en los patrones de movimiento de especies, entre otros (NASA, 2021).

La conservación de los bosques primarios y la reforestación y/o restauración de los bosques perturbados contribuyen a la disminución de la concentración de los niveles de CO₂ en la atmósfera (De Jong *et al.*, 2004), ya que mantienen o incrementan los sumideros de carbono (Kurz *et al.*, 2016). Se ha documentado que los bosques, tanto

templados como tropicales, almacenan una cuarta parte del carbono a nivel planetario (GCP, 2021), con un almacenamiento estimado de 861 ± 66 PgC, de los cuales 42 % (363 ± 28 PgC) se encuentra en la biomasa viva, tanto aérea como subterránea (Pan *et al.*, 2011).

En el caso de México, Maserá *et al.* (1997) estimaron que los bosques mexicanos almacenan aproximadamente 8 PgC. Estudios realizados en los últimos 13 años (Conafor, 2018; Cartus *et al.*, 2014; FAO, 2010) mencionan que en la biomasa aérea de los bosques del país se almacena entre 1.48 PgC y 2.21 PgC, cifras que son variables debido a las metodologías utilizadas para su estimación y a las dinámicas de cambio de los usos del suelo y vegetación. Además, el carbono almacenado en la parte aérea de la vegetación depende del estado de sucesión de las coberturas vegetales, así como de su estado de conservación y/o degradación (Paz-Pellat *et al.*, 2019; Orozco-Hernández *et al.*, 2013; Jong *et al.*, 2004). Conafor (2018) con base en el inventario nacional forestal y de suelos 2009 – 2014 estima que 55.5% (0.82 PgC) del carbono se encuentra en la vegetación primaria, tanto en bosques templados, tropicales y manglares y 44.5% (0.66 PgC) en la vegetación secundaria. En cuanto a tipos de vegetación primaria de Jong *et al.* (2019) estimaron que los valores promedio más altos de almacenamiento de carbono aéreo se encuentran en el Bosque de Oyamel (103.66 MgC ha⁻¹), seguido por la Selva Alta Subperennifolia (83.07 MgC ha⁻¹), el Bosque de Ayarin (71.13 MgC ha⁻¹) y por el Bosque Mesófilo de Montaña (67.57 MgC ha⁻¹), con los valores máximos reportados para el Bosque Mesófilo de Montaña (646.8 MgC ha⁻¹), la Selva Alta perennifolia (582.3 MgC ha⁻¹) y el Bosque de Oyamel (460.85 MgC ha⁻¹). Para el caso de la vegetación secundaria se ha observado una mayor variabilidad en los valores promedio del carbono aéreo almacenado, cifras que en la mayoría de los tipos de vegetación se encuentran por abajo del valor registrado en la vegetación primaria, con excepción de algunos bosques como el de Cedro, Encino, Encino-Pino y de la Selva Baja Subcaducifolia.

Entre las estrategias impulsadas en México para la conservación de la biodiversidad y el mantenimiento de los servicios ecosistémicos, entre ellos el secuestro de carbono, se encuentran las áreas naturales protegidas (ANP) (Paz-Pellat *et al.*, 2019). Su relevancia como sumideros de carbono es considerable, puesto que para el año 2004, Creel (2009), con base en el plano de vegetación y uso del suelo 2002-2005 (INEGI, 2005), estimó un almacenamiento de 2.2 PgC, con una tasa de secuestro de 0.438 PgC año⁻¹.

Entre los estados de la República Mexicana con el mayor número de ANP, tanto federales como estatales, se encuentra el Estado de México, las cuales protegen parte importante de los bosques templados de la entidad (CEPANAF, 2023; Moreno-Barajas *et al.*, 2019; Ceballos *et al.*, 2009). Una de las ANP relevantes es el Parque Nacional Iztaccihuatl-Popocatepet (PNIP), ubicada en el Eje Volcánico Transversal (ENT), región

del país que se encuentra entre las de mayor almacenamiento ($> 50 \text{ Mg ha}^{-1}$) de carbono (Cartus *et al.*, 2014). A pesar de su estatus de protección el PNIP muestra procesos de degradación impulsados por la tala clandestina, incendios, agricultura de subsistencia, pastoreo extensivo e incremento de las áreas urbanas, problemáticas que afectan su capacidad como sumidero de carbono (Paz-Pellat *et al.*, 2019; Orozco-Hernández *et al.*, 2013; Vega-López, 2009). En este sentido, Lara *et al.* (2016) construyen un escenario tendencial a diez años con cartografía del periodo 2007-2012, que muestra para el Parque Nacional y su área de influencia una disminución del 9 % anual de las coberturas naturales (bosque templado, pastizal natural y vegetación secundaria de bosque templado) como consecuencia del incremento de áreas urbanas ($1\% \text{ año}^{-1}$) y de la agricultura de temporal ($7\% \text{ año}^{-1}$).

Bajo este contexto, el “Parque Estatal Cerro El Faro” (PECEF), toma relevancia debido a que forma parte de las ANPs de la Sierra Nevada, al igual que el PNIP, las cuales constituyen la estrategia de conservación federal y estatal y que, a la vez, están sujetas a semejantes presiones antropogénicas. Como ANP de nivel estatal, el PECEF está destinado a la protección, restauración y conservación de los recursos naturales de suelo, agua, flora y fauna y, como causa de utilidad e interés público al aprovechamiento científico o educativo. Asimismo, los usos del suelo actuales o propuestos según la gaceta de gobierno del Estado de México serán aquellos que cumplen con una función ambiental relevante, como la educación ambiental en el ámbito de la conservación, fungir como zona de amortiguamiento de impactos antropogénicos, para el desarrollo de estudios taxonómicos de flora y fauna y como sumideros con potencial de captura de carbono, entre otros (Gobierno del Estado de México, 2003).

Por lo anterior, conocer los distintos servicios ecosistémicos que ofrece el PECEF, entre ellos el almacenamiento de C, es importante, de tal forma que se cumplan los objetivos establecidos en su decreto como ANP y permita otorgar a la población los beneficios que ésta brinda. Además, conocer el estado en el que se encuentran es de utilidad para establecer una línea base, para poder llevar a cabo el seguimiento de las acciones de manejo y la retroalimentación del programa de manejo del área.

En este contexto, este trabajo tuvo como objetivos caracterizar el arbolado presente en el PECEF, estimar el carbono arbóreo-aéreo almacenado en las comunidades vegetales y representar espacialmente las estimaciones de carbono.

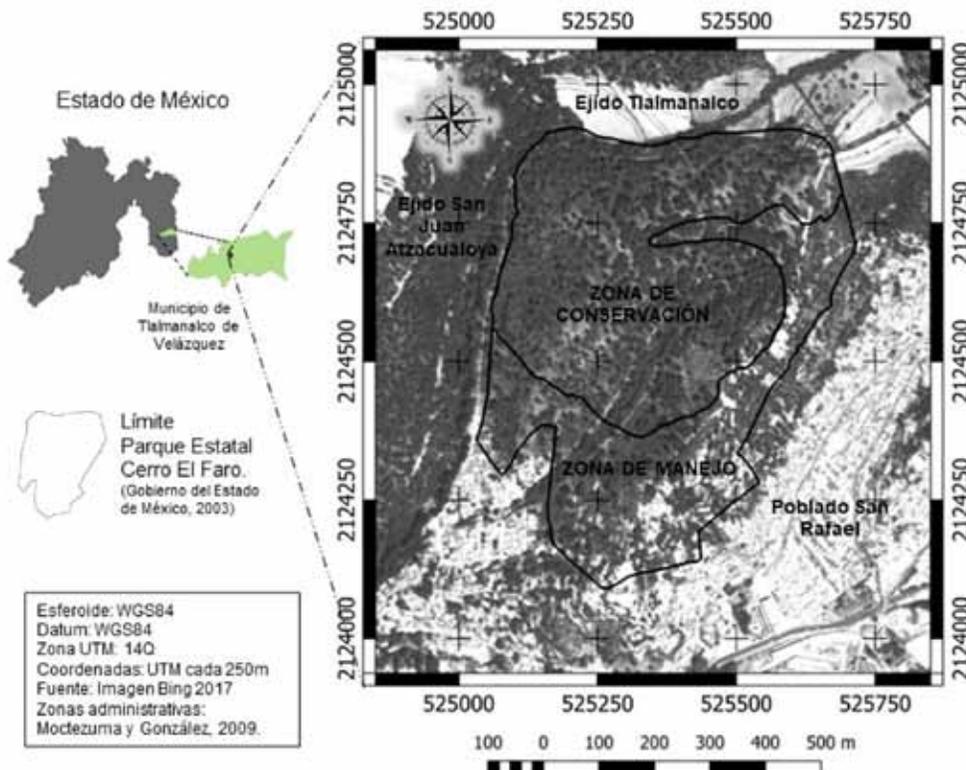
METODOLOGÍA

Zona de estudio

La fábrica “Papeles de Calidad de San Rafael, S.A. de C.V.” donó el predio “Cerro El Faro” en 1995, con una superficie de 58.214233 ha, al gobierno del Estado de México, de la cuales 40.510286 ha fueron decretadas como Parque Estatal el ocho de agosto del 2003 (Gobierno del Estado de México, 2003). El Parque Estatal Cerro El Faro (PECEF) se ubica en el municipio de Tlalmanalco de Velázquez, Estado de México (Figura 1), en la vertiente occidental del volcán Iztaccihuatl, entre las coordenadas UTM (Zona 14 Norte. Datum WGS84) mínimas $X = 525006$, $Y = 2124023$ y máximas $X = 525711$, $Y = 2124873$, en altitudes que van de 2560 a 2700 msnm. El clima según datos de la estación meteorológica más cercana (San Rafael. Estación 00015106. CONAGUA, s/f) es templado subhúmedo ($C(w_2)(w) i g$) con temperatura media anual de $14\text{ }^{\circ}\text{C}$ y precipitación total anual de 1060.2 mm, con un cociente P/T de 75.72% de lluvia invernal de 4.79, oscilación isotermal y marcha anual de la temperatura tipo Ganges. Agosto es el mes más lluvioso (216.6 mm) y el más seco es diciembre (7.6 mm) y, el mes más frío enero ($11.6\text{ }^{\circ}\text{C}$) y el más caluroso mayo ($16.4\text{ }^{\circ}\text{C}$). Se han registrado 264 especies de plantas vasculares, (Cabañas, 2020; Barrales, 2019; Chimal *et al.*, 2013), 83 especies de aves (Leon *et al.*, 2019) y 14 especies de mamíferos medianos y pequeños (Mendoza, 2022; Montes *et al.*, 2019). Respecto a coberturas del suelo, 74.7% (30.3 ha) del PECEF está cubierto por cuatro comunidades arbóreas: *Quercus* spp. (2.67 ha), *Quercus-Pinus* (3.71 ha), *Pinus-Quercus* (11.69 ha) y *Cupressus-Pinus* (12.26 ha); 19% por comunidades arbustivas y herbáceas; 4% del suelo carece de cobertura vegetal y poco menos del 1% está ocupado por casas-habitación dispersas en el territorio (Figura 2). Según el “Programa de conservación y manejo del área natural protegida con categoría de parque estatal Cerro el Faro” (Moctezuma y González, 2009), la zonificación del ANP está constituida por la “Zona de Conservación” que ocupa el 59.75% del área (24.2 ha) y por la “Zona de Manejo” (16.3 ha) en el resto del Parque (Figura 1), sin embargo, a pesar de la zonificación, las actividades de manejo han sido indistintas en ambas zonas, centrándose estas en la apertura de brechas corta fuego, la construcción de tinas ciegas y en la reforestación tiempo atrás con especies como *Pinus patula* Schiede ex Schltdl y Cham., *Cupressus lusitanica* Mill. y *Quercus* spp., además de la introducción de individuos de *Eucalyptus camaldulencis* Mill. y *E. globulus* Labill., los cuales han llegado a su edad reproductiva y se han dispersado en la zona, constituyéndose en un problema potencial dada su condición de especies invasoras. Respecto a esto último, se ha documentado la presencia de otras siete especies de plantas exóticas invasoras en el área (Chimal *et al.*,

2013). En los últimos años se ha presentado el ataque de plagas forestales (*Dendroctonus* spp.), por lo que se ha procedido al saneamiento mediante la extracción de árboles plagados y muertos de tamaño considerable en varias zonas del área, abriendo huecos en la continuidad del bosque. Otro problema ambiental relevante es la ocupación del parque por asentamientos irregulares, principalmente en las zonas este y sur, que son las colindantes al área urbana, además, existen dos tiraderos de basura de tamaño considerable en las cañadas. Finalmente, habría que mencionar el aprovechamiento por parte de la población vecina de algunos recursos naturales, como plantas silvestres, hongos en época de lluvias y conos de *Pinus ayacahuite* C. Ehrenb. Ex Schltld. para la elaboración de artesanías.

Figura 1. Localización del Parque Estatal Cerro El Faro, Tlalmanalco de Velázquez, Estado de México



Composición propia. Fuente y fechas de la imagen satelital y otros elementos en la figura.

MÉTODOS

Para el cumplimiento de los objetivos se desarrolló una primera etapa que llevó a la caracterización del arbolado, una segunda, destinada a la estimación del contenido de carbono arbóreo-aéreo en las comunidades vegetales y, una última, que consistió en la representación espacial de los valores de carbono por tipo de comunidad vegetal y áreas administrativas del PECEF.

En cuanto a la caracterización del arbolado, en enero (época de secas), mayo (previo a la época de lluvias) y agosto (época de lluvias) de 2018 se realizó el trabajo de campo, que consistió en la obtención de registros dasométricos de los árboles localizados en 43 unidades de muestreo (Figura 2) de 100 m² (superficie total 4300 m²), que correspondió a una intensidad de muestreo 1.06 % de la superficie del PECEF y al 1.42 % de sus áreas arboladas. Las unidades de muestreo (um) fueron asignadas de forma preferencial en las cuatro comunidades arbóreas mencionadas anteriormente, siguiendo los criterios de la escuela fitosociológica de Braun-Blanquet (1979), con el siguiente número de unidades de muestreo en cada comunidad: 6 en *Quercus* spp., 4 en *Quercus-Pinus*, 17 en *Pinus-Quercus* y 16 en *Cupressus-Pinus*. Con base en la asignación anterior, el número de unidades de muestreo en la “Zona de Conservación” fue de 26 y de 17 en la “Zona de Manejo”. Se registraron los árboles con diámetro a la altura del pecho (DAP) igual o superior a los 10 cm, para fines de comparación con otros trabajos, así como su altura total. La determinación de las especies fue realizada con base en las claves taxonómicas de Rzedowski y Rzedowski (2001). Además, se obtuvo la riqueza y valor de importancia relativo (VIR) de las especies registradas, con base en la siguiente fórmula:

$$\text{VIR} = (\text{DR} + \text{ABR} + \text{FR}) / 3$$

Donde:

DR = densidad relativa

ABR = área basal relativa

FR = frecuencia relativa

(Romahn de la Vega *et al.*, 1994; Ellenberg y Mueller-Dombois, 1974).

Respecto a la estimación del contenido de carbono arbóreo-aéreo, se aplicaron las ecuaciones alométricas utilizadas por Cano-Flores *et al.* (2020) para el PECEF, las cuales proceden de distintos autores (Tabla 1). En el caso de solo contar con la ecuación para estimar la biomasa se utilizó el factor de conversión estandarizado (0.5) del IPCC (2003) para la obtención de carbono.

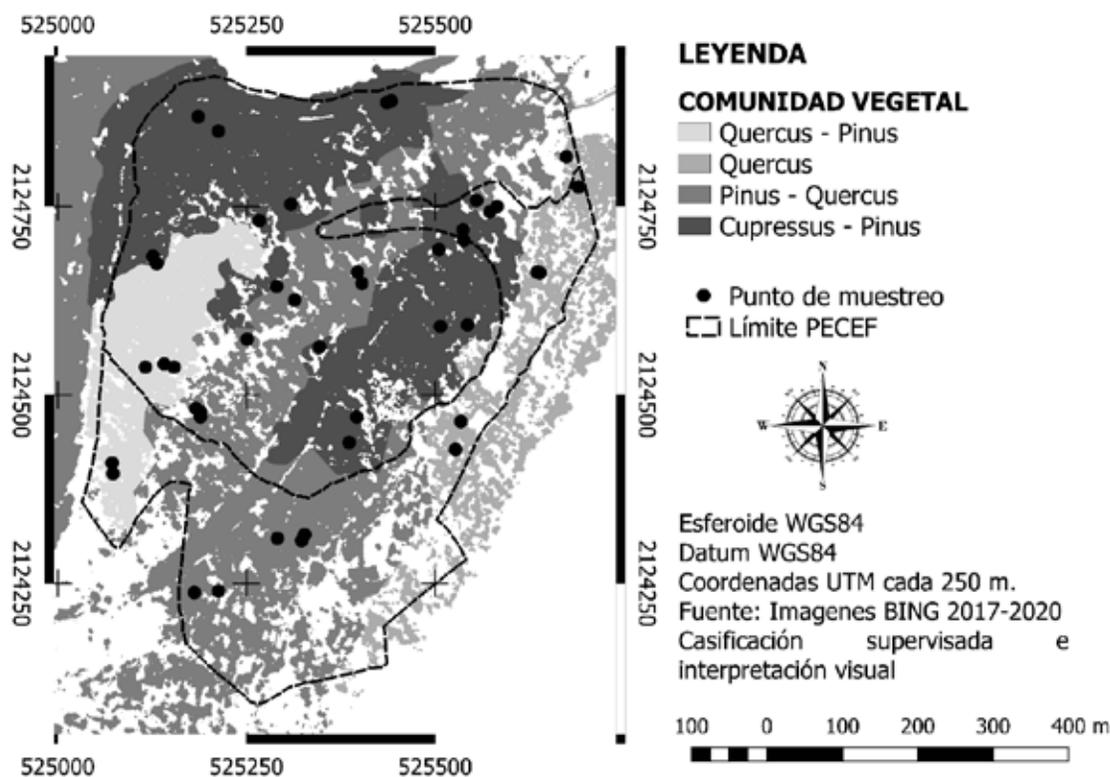
Tabla 1. Ecuaciones alométricas utilizadas para la estimación de carbono arbóreo-aéreo en las comunidades vegetales del PECEF (Tomadas de Cano-Flores *et al.*, 2020)

Nombre científico	Ecuación alométrica	Autores
<i>Arbutus xalapensis</i>	$C=0.3764DN^{2-2.3146}DN^{-1.9106}.05$	Aguilar-Hernández <i>et al.</i> , 2016; IPCC, 2003
<i>Cupressus lusitanica</i>	$C=0.2639DN^{1.7698}$	Bolaños González <i>et al.</i> , 2017
<i>Pinus patula</i>	$C=0.021DN^{2.645}$	Ruiz-Díaz <i>et al.</i> , 2014
<i>Pinus spp.</i>	$C=0.40196DN^{2}0.48$	Aguirre-Calderón y Jiménez-Pérez, 2011
<i>Quercus spp.</i>	$C=0.1033DN^{2.39}0.5$	Bolaños-González <i>et al.</i> , 2017; IPCC, 2003

Donde: C= carbono, DN= diámetro normal.

Para la representación espacial del carbono almacenado se utilizó el mapa de vegetación del PECEF (Figura 2) previamente elaborado por Roldán en el año 2019. A cada comunidad vegetal se le asignó el valor promedio de carbono almacenado a partir de los cálculos resultantes de las unidades de muestreo (De Jong *et al.*, 2019), coincidentes espacialmente en los polígonos correspondientes. El procedimiento de asignación espacial de los valores de carbono fue realizado con el programa IDRISI Selva (Eastman, 2012).

Figura 2. Usos del suelo y vegetación en el Parque Estatal Cerro El Faro, Tlalmanalco de Velázquez, Estado de México (cortesía de Roldan, 2019)



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se exponen los resultados obtenidos y se discute respecto a ellos, siguiendo el mismo orden en que fueron planteados los objetivos en la introducción. En cuanto a la caracterización del arbolado se describen tres aspectos; la composición de especies de árboles y su importancia relativa; los valores de densidad y área basal obtenidos y; la distribución de clases diamétricas y el carbono arboreo-aéreo almacenado en las mismas. Una segunda sección trata sobre el almacenamiento de carbono estimado para las comunidades de *Quercus* spp., *Quercus-Pinus*, *Pinus-Quercus* y *Cupressus-Pinus*. Finalmente, se menciona la estimación promedio de carbono (MgC ha^{-1}), la estimación total de carbono almacenado en el PECEF y en sus áreas administrativas y, se representa su distribución espacial.

Caracterización del arbolado en el PECEF

Especies de árboles registradas y valores de importancia relativos

La riqueza de especies de árboles fue 11 (Tabla 2), entre las cuales los géneros *Pinus* y *Quercus* son los que tienen cinco y cuatro especies, respectivamente, además, estuvieron presentes los géneros *Cupressus* y *Arbutus*. Juan (2020), Cabañas (2020) y Chimal *et al.* (2013) reportaron 30 especies de árboles para el PECEF, de las cuales, 19 no se consideran en este estudio, por una parte, debido al valor límite del DAP establecido para el análisis ($DAP \geq 10$ cm) y, en algunos casos, por su baja abundancia en la zona, condición que se muestra cuando se exploran los valores de Importancia (IVI) obtenidos por Juan (2020) para diferentes especies, quien consideró un diámetro igual o superior a 2.5 cm.

De acuerdo con los valores de importancia de las especies de árboles registradas en el PECEF (Tabla 3), *Cupressus lusitanica* registró el valor más alto (26.3%), seguida por *Quercus rugosa* (13.5%), *Quercus laurina* (11.8%) y *Arbutus xalapensis* (10.4%) y, a nivel de género, los valores de importancia relevantes fueron para *Quercus* 36.8% y para *Pinus* 26.5%. En su trabajo sobre la “Clasificación y ordenación de la vegetación del norte de la Sierra Nevada ...” (México), Sánchez y López (2003) encontraron que los valores de importancia más altos fueron los de *Quercus rugosa*, seguida de *Q. laurina* y *Arbutus xalapensis* para bosques de encino y, para bosques mixtos, los de especies como *Q. laurina*, *Cupressus lusitanica*, *Pinus pseudostrobus* y *P. leiophylla*. En el mismo estudio (Sánchez y López, 2003) se menciona a nivel de género que sobresalen los valores de importancia de *Quercus* ($\approx 38\%$), seguido de *Cupressus* y *Pinus* con $\approx 26\%$ cada uno, y *Arbutus* con $\approx 10\%$. Para el PECEF, Juan (2020) obtiene valores de importancia semejantes para *Cupressus lusitanica* (20.84%) y *Quercus rugosa* (16.04%) y para el género *Quercus* un valor de 32.7% y *Pinus* 18.36%. Los patrones generales de diversidad e importancia de las especies y géneros registrados en el presente trabajo y los publicados por Sánchez y López (2003) y Juan (2020) coinciden en que *Cupressus lusitanica* y *Q. rugosa* y, para los géneros *Quercus* y *Pinus*, son los de mayor relevancia en la zona.

Tabla 2. Especies de árboles registradas en el presente trabajo

Familia	Especie	Presente trabajo	Chimal et al., 2013.	Cabañas, 2020	Cano-Flores et al., 2020	Juan, 2020
Gimnospermas. División Coniferophyta (Coníferas)						
Cupressaceae	<i>Cupressus lusitanica</i> Mill.	√	√	√	√	√
Pinaceae	<i>Abies religiosa</i> (Kunth) Schtdl. & Cham.			√		
	<i>Pinus ayacahuite</i> C. Ehrenb. ex Schtdl.	√	√	√		√
	<i>Pinus leiophylla</i> Schiede ex Schtdl.	√	√	√	√	√
	<i>Pinus montezumae</i> Lamb.	√	√	√		√
	<i>Pinus patula</i> Schiede ex Schtdl y Cham.	√	√	√	√	√
	<i>Pinus pseudostrobus</i> Lindl.	√	√	√		√
Angiospermas. División Magnoliophyta. Clase Magnoliopsida (Dicotiledóneas)						
Berberidaceae	<i>Berberis moranensis</i> Schult. & Schult. f.		√	√		√
Betulaceae	<i>Alnus jorullensis</i> subsp. <i>jorullensis</i> Kunth		√	√		√
Clethraceae	<i>Clethra mexicana</i> DC.		√	√		
Cornaceae	<i>Cornus disciflora</i> DC.			√		
	<i>Cornus excelsa</i> Kunth		√	√		√
Ericaceae	<i>Arbutus xalapensis</i> Kunth	√	√	√	√	√

Fagaceae	<i>Quercus castanea</i> Née	√	√	√		
	<i>Quercus crassipes</i> Humb. y Bonpl.	√	√	√		√
	<i>Quercus laeta</i> Liebm.		√			
	<i>Quercus laurina</i> Bonpl.	√	√	√		√
	<i>Quercus rugosa</i> Née	√	√	√		√
	<i>Quercus</i> spp.				√	
Garryaceae	<i>Garrya laurifolia</i> Hartw. ex Benth.		√	√		√
Myrtaceae	<i>Eucalyptus camaldulencis</i> Dehnh.		√	√		
	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.		√	√		√
Oleaceae	<i>Fraxinus uhdei</i> (Wenz.) Lingelsh		√			
Rhamnaceae	<i>Ceanothus coeruleus</i> Lag.		√	√		√
Rosaceae	<i>Crataegus mexicana</i> DC.		√			√
	<i>Prunus serotina</i> subsp. <i>capulli</i> (Cav.) McVaugh		√	√		√
Salicaceae	<i>Salix paradoxa</i> Kunth		√	√		
Scrophulariaceae (Loganiaceae)	<i>Buddleja cordata</i> Kunth		√	√		
	<i>Buddleja parviflora</i> Kunth		√			
Verbenaceae	<i>Citharexylum affine</i> D. Don.			√		
TOTAL		11	26	25	5	18

Cabañas (2020), Cano-Flores *et al.* (2020), Juan (2020) y Chimal *et al.* (2013) para el Parque Estatal Cerro El Faro.

Densidad y área basal arbórea

Durante el trabajo de campo se registró un total de 141 árboles en las 43 unidades de muestreo (4300 m²), con lo que se estima una densidad promedio de 327.9 ind. ha⁻¹ (±219.6). El valor obtenido es superior al estimado (290 ind ha⁻¹) por Cano-Flores *et al.* (2020), quienes en marzo de 2018 realizan un muestreo con una intensidad del 1.6% de la superficie del bosque en el PECEF. Cuando se compara la densidad obtenida en otros bosques tem-

plados del centro del país, por ejemplo, las estimadas por Hernández-Moreno *et al.* (2020) para una zona de la reserva de la Biosfera de la Mariposa Monarca, se tiene un valor de 350 ind ha⁻¹ para un bosque mixto (*Pinus-Quercus*) con manejo (cortas de selección) y un valor de 438 ind ha⁻¹ para un bosque no manejado o conservado, en los que las especies con mayores valores de importancia fueron *Q. laurina* y *P. pseudostrobus*. Los datos anteriores apoyan lo mencionado por Ordoñez y Galicia (2022), en el sentido que los bosques con manejo, además de la disminución de la riqueza de especies, se caracterizan por tener densidades bajas, condición que pensamos sucede en el PECEF, pero en este caso no por un manejo forestal planeado, sino por incendios, corta ilegal y saneamiento sin un manejo. El área basal arbórea promedio obtenida en el PECEF fue 30.14 m² ha⁻¹ (± 0.12). Zacarías-Eslava *et al.* (2011) estiman el área basal para un bosque de *Quercus* y de *Quercus-Pinus* en Michoacán (cerro El Águila), con valores de 24.15 y 60.17 m² ha⁻¹ (DAP ≥ 2.5), respectivamente, además, mencionan valores de área basal de otros autores que se encuentran entre 23 a 28 m² ha⁻¹ en el norte del país (Nieves-Hernández *et al.*, 2009; Márquez-Linares *et al.*, 1999) y de 56 a 67 m² ha⁻¹ en Chiapas (Ramírez-Marcial *et al.*, 2001). Con base en los intervalos mencionados el valor promedio de área basal obtenido en la presente investigación se ubica entre los valores convencionales.

Clases diamétricas y carbono aéreo almacenado

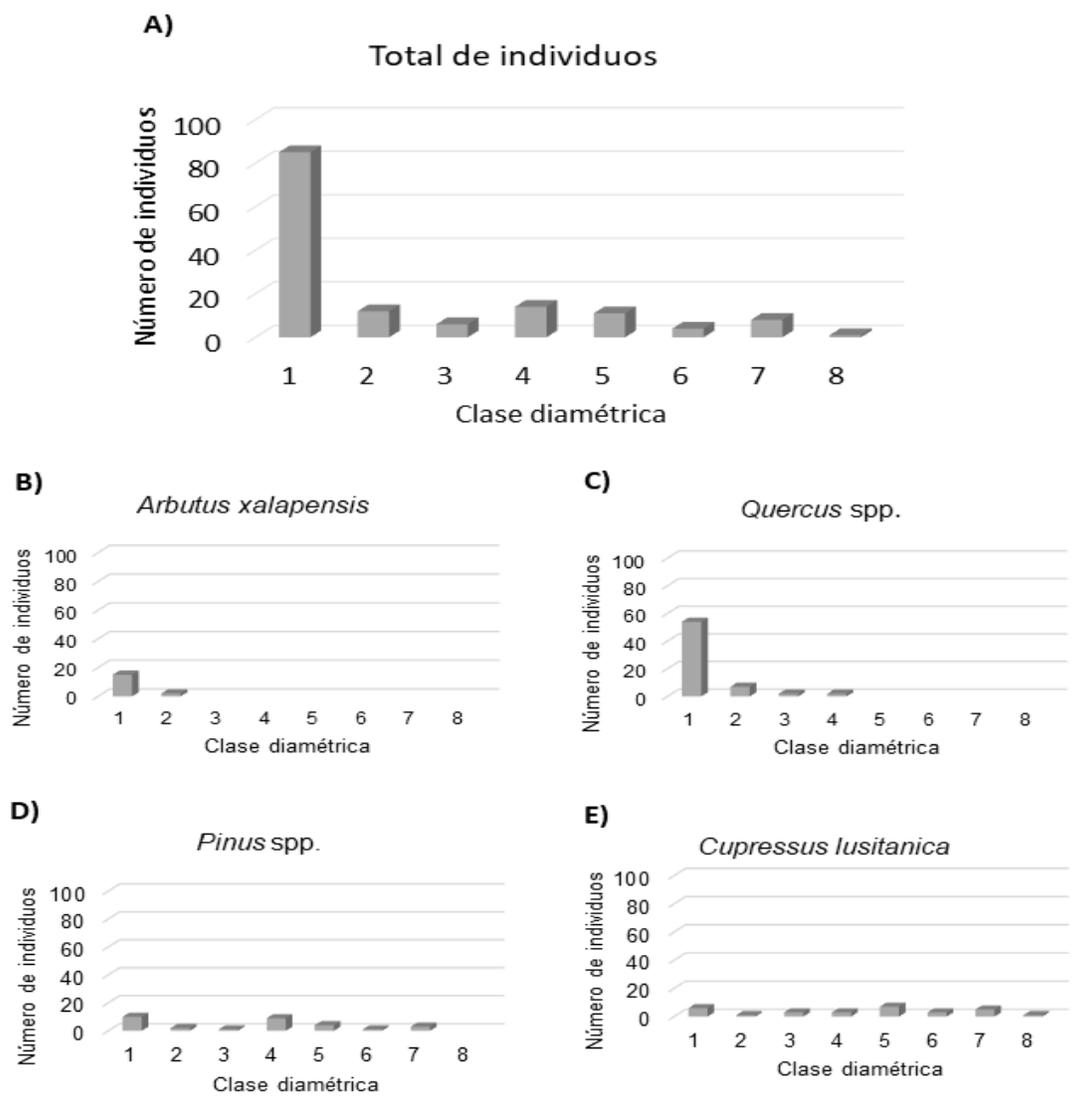
En la Figura 3 se muestra la distribución por clase diamétrica (10 cm) del número total de individuos, por especie y género. Si se considera el total de individuos (Figura 3A), se observa que el 60% de ellos se encuentran en la primera clase diamétrica (10 a 19.9 cm), en cambio, el resto de las clases albergan entre 10 y 1% de los individuos. Estos últimos valores porcentuales exhiben que la disminución hacia las clases superiores no es uniforme, sino algunas de ellas, en este caso las clases cuatro (40.0 – 49.9 cm), cinco (50.0 – 59.9 cm) y siete (70.0 – 79.9 cm), contienen un número importante de los individuos.

Cano-Flores *et al.* (2020) establecen tres grandes clases diamétricas en su trabajo desarrollado en el PECEF, en el cual obtienen los valores de 48.3% de los individuos en la primera clase diamétrica (10 – 30 cm), 38.0% en la segunda (30 – 60 cm) y 13.6% en la tercera (> 60 cm). Con base en las mismas tres clases diamétricas, los valores estimados en la presente investigación presentan diferencias importantes, puesto que para la primera clase se obtuvo un valor de 68.7%, 20 puntos superior al estimado por Cano-Flores *et al.* (2020), en cambio, para la segunda (21.9%) y tercera (9.2%) clases diamétricas, los valores fueron inferiores a los estimados por los mismos autores. Si consideramos

las tres grandes clases mencionadas, el mayor número de individuos se encuentra en la clase inferior, con una disminución hacia las clases de mayor diámetro, sin embargo, si se organizan los datos en clases diamétricas de 10 cm y se observa que los valores en las clases cuatro, cinco y siete, como se mencionó anteriormente, se tiene que la distribución obtenida en el PECEF no es afín a la forma de “J” invertida que comúnmente se observa en este tipo de bosques (Caballero *et al.*, 2022; Manzanilla *et al.*, 2020; Ramírez *et al.*, 2019). La distribución en forma de “J” invertida supondría un bosque irregular maduro (Caballero *et al.*, 2022), con el reemplazo de individuos maduros por individuos jóvenes a lo largo del tiempo y una regeneración adecuada (Manzanilla *et al.*, 2020), patrón que contrasta, como ha sido mencionado, con la distribución obtenida en la presente investigación. Los mismos autores mencionan que este patrón es consecuencia de perturbaciones de origen antrópico, dada la selección de individuos de diámetros particulares, que para el caso del PECEF, las perturbaciones han sido producidas principalmente por la frecuencia de incendios, la extracción de árboles en las acciones de saneamiento para el control de descortezador y, muy probablemente, por la extracción de individuos en el área con diámetros particulares para distintos fines a lo largo del tiempo.

En el caso de la distribución diamétrica de las especies y géneros, *Arbutus xalapensis* y *Quercus* spp. (Figura 3B y 3C, respectivamente) muestran que el mayor número de individuos también se encuentran en la primera clase diamétrica. En el caso de *A. xalapensis* no se registraron individuos con DAP superior a 30 cm, a pesar de que esta especie puede llegar a los 50 cm de diámetro, además, es una especie tolerante al fuego (Juárez, 2011). En este último sentido, Gómez-Mendoza y Rodríguez-Trejo (2021) encontraron para *A. xalapensis* una relación negativa entre el rebrote después de un incendio y el diámetro de los individuos, fenómeno que favorece a los árboles de menor diámetro y el incremento de la abundancia en las clases diamétricas inferiores, en este caso como consecuencia de la frecuencia de incendios en algunas zonas del parque donde se encuentra y domina esta especie. La distribución diamétrica de las coníferas (Figura 3D y 3E) es distinta, ya que se presenta para ambas un mayor número de individuos en la clase diamétrica uno (10.0 a 19.9 cm) y, en la clase cuatro (40.0 a 49.9 cm) para *Pinus* spp. y en la cinco (50.0 a 59.9 cm) y 7 (70.0 a 79.9 cm) para *Cupressus lusitanica*.

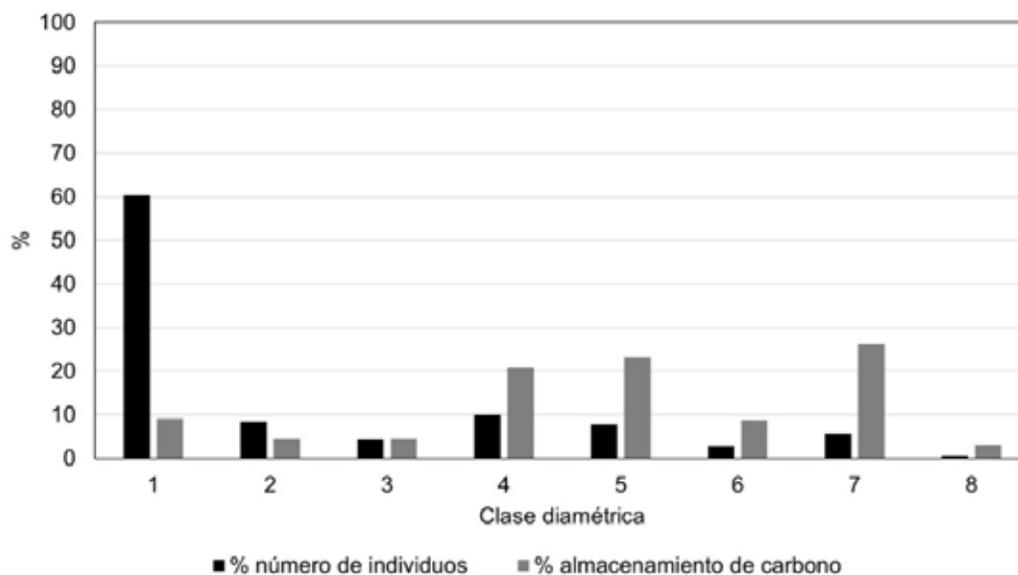
Figura 3. Número total de individuos, por género y/o especie según clase diamétrica



Intervalo de clase diamétrica (cm): (1) 10.0-19.9; (2) 20.0-29.9; (3) 30.0-39.9; (4) 40.0-49.9; (5) 50.0-59.9; (6) 60.0-69.9; (7) 70.0-79.9; (8) 80.0-89.9.

Cuando relacionamos las clases diamétricas con el almacenamiento de carbono (Figura 4), se observa un patrón distinto al que se muestra para el número de individuos, en el sentido que las clases diamétricas de 40.0 a 59.9 cm y de 60 a 79.9 cm almacenan 43.9% y 26.1 del carbono, respectivamente, es decir, 70% del carbono se encuentra en tres de las clases diamétricas medias-superiores y, el 30% restante, está en las clases diamétricas de 20.0 a 39.9 cm y, en la última, con porcentajes entre 3.1 y 9.1 del carbono total en el PECEF. Un patrón semejante fue documentado por Rascon-Solano *et al.* (2022) para un bosque de pino-encino intervenido por última vez hace 26 años, en el cual el mayor almacenamiento de carbono se ubicaba en las clases diamétricas intermedias de 25 a 45 cm.

Figura 4. Porcentaje del número de individuos y de carbón almacenado por clase diamétrica, respecto a los valores totales del muestreo realizado en el PECEF durante el año 2018



Intervalos de clase diamétrica (cm): (1) 10.0-19.9; (2) 20.0-29.9; (3) 30.0-39.9; (4) 40.0-49.9; (5) 50.0-59.9; (6) 60.0-69.9; (7) 70.0-79.9; (8) 80.0-89.9.

Almacenamiento de carbono en comunidades vegetales

Las comunidades vegetales arbóreas reconocidas en el PECEF han sido clasificadas con base en la dominancia de una o dos especies de árboles (Barrales, 2019; Chimal *et al.*, 2013), estas son las comunidades de *Quercus spp.*, *Quercus-Pinus*, *Pinus-Quercus* y *Cupressus-Pinus*. Los valores promedio de carbono obtenidos para las comunidades vegetales se muestran en la Tabla 4, en la cual se observa que la comunidad de *Cupressus-Pinus* obtuvo el valor más alto con 92.8 Mg ha^{-1} (± 59.4) y la mayor variabilidad, puesto que el valor mínimo fue de 2.3 Mg ha^{-1} y el máximo de 225.0 Mg ha^{-1} . En sentido descendente le sigue la comunidad de *Pinus-Quercus* con 35.8 Mg ha^{-1} (± 39.6), seguida por la comunidad de *Quercus spp.* con 20.0 (± 12.4) y, finalmente con el menor valor, la comunidad de *Quercus-Pinus* con 5.2 Mg ha^{-1} (± 1.8).

El intervalo de las estimaciones promedio de C almacenado resultante en este trabajo se encuentra entonces, entre 5.2 y 92.8 Mg ha^{-1} , intervalo que representa un rango de 87.6 Mg ha^{-1} y que contrasta con el intervalo reportado por Cano-Flores *et al.* (2021) para las comunidades vegetales, quienes reportan valores promedio entre 50.4 y 71.7 Mg ha^{-1} , con un rango de 21.3 Mg ha^{-1} . Posiblemente las diferencias observadas se deben a la distribución de los sitios de muestreo de una y otra investigación, que resultan en una clasificación diferente de las comunidades vegetales. Aunado a esto, Cano-Flores *et al.* (2021), no consideran sitios de muestreo en la zona de encinares al Este del Parque, que es colindante con la localidad de San Rafael y, en la zona Oeste, donde se obtuvieron los valores más bajos de C.

Los valores de C en las comunidades vegetales del PECEF obtenidos en esta investigación se encuentran en todos los casos por abajo de los estimados para bosques templados de referencia en Norteamérica, cuyo valor promedio es de 108 Mg ha^{-1} (GCP, 2021). En el caso de México, los valores de C almacenado en la biomasa aérea de los estratos arbóreos según los tipos de vegetación son variables, por ejemplo, Paz-Pellat *et al.* (2019) mencionan que los bosques templados en el país pueden acumular entre 29.0 y 74.0 Mg ha^{-1} . En este sentido, las comunidades de *Quercus spp.* y *Quercus - Pinus* se ubican por abajo del intervalo antes mencionado, condición que indica un deterioro que ha sido el resultado de acciones como la extracción de árboles y la frecuencia de incendios, además de su colindancia con las áreas urbanas. Las comunidades que se encuentran dentro del intervalo convencional mencionado por Paz-Pellat *et al.* (2019) son *Cupressus-Pinus* y *Pinus-Quercus*, aunque también han sido afectadas por la extracción de árboles como parte del saneamiento para el control del escarabajo descortezador.

Tabla 4. Valores estimados de carbono arbóreo-aéreo (Mg C ha⁻¹) para las comunidades vegetales y áreas administrativas presentes en el PECEF, conforme al muestreo realizado en 2018

Estadísticos	Comunidad Vegetal				Área Administrativa	
	<i>Quercus-Pinus</i> (3.7 ha)	<i>Cupressus-Pinus</i> (12.2 ha)	<i>Pinus-Quercus</i> (11.6 ha)	<i>Quercus</i> spp. (2.6 ha)	Zona de Conservación (24.1 ha)	Zona de Manejo (16.3 ha)
Mínimo	2.7	2.3	2.2	4.2	2.2	2.7
Promedio	5.2	92.8	35.8	20.0	54.3	27.7
Máximo	6.7	225.0	120.1	38.1	225.0	120.1
Desviación Estándar	1.8	59.4	39.6	12.4	61.4	34.9

Representación cartográfica del carbono arbóreo-aéreo

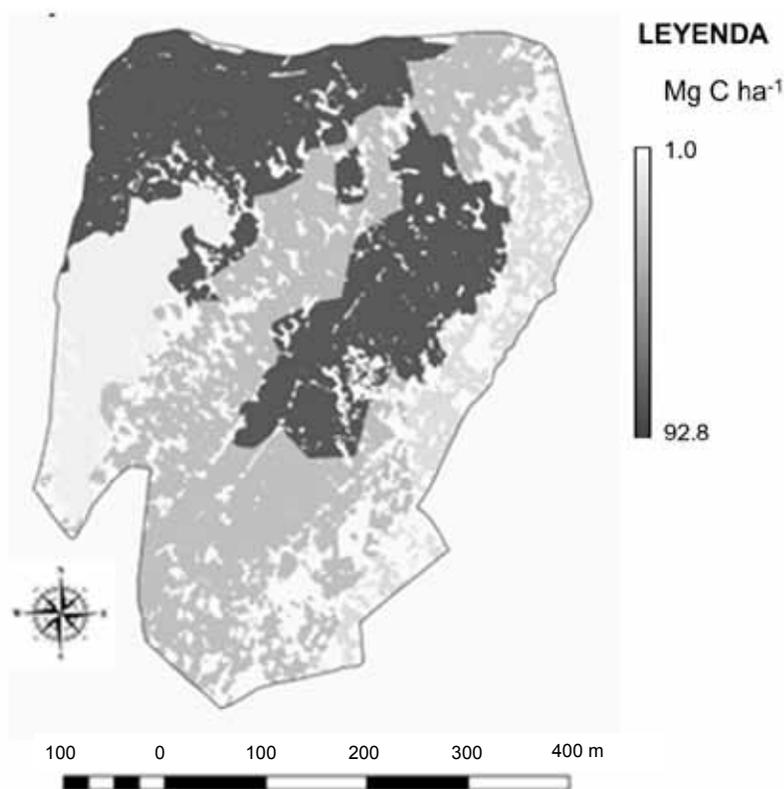
Cuando consideramos al PECEF como una unidad, se tiene que el valor promedio de carbono en la biomasa arbórea aérea es de 51.9 ± 54.5 Mg ha⁻¹, con valor mínimo de 2.2 Mg ha⁻¹ y máximo de 225.0 Mg ha⁻¹. En este mismo sentido, Cano-Flores *et al.* (2021) estiman valores semejantes (56.40 Mg C ha⁻¹) al de la presente investigación.

De acuerdo con los valores de carbono arbóreo-aéreo estimado en las comunidades vegetales, previamente cartografiadas, los valores promedio más elevados se encuentran en las zonas noroeste y centro del PECEF (Figura 5); que son áreas que corresponden principalmente a las comunidades de *Cupressus-Pinus* y *Pinus-Quercus*. Contrariamente, los valores menores se distribuyen al suroeste, sur y este del Parque, áreas en donde se encuentran las comunidades de *Quercus-Pinus* y *Quercus* spp.

El programa de manejo del PECEF presentado por Moctezuma y González (2007) establece dos zonas administrativas (Figura 1), las cuales almacenan distintas cantidades de C. De esta forma, la “Zona de Conservación” almacena en promedio por hectárea (54.3 ± 61.4 Mg ha⁻¹) aproximadamente dos veces más C que la “Zona de Manejo” (27.7 ± 34.9 Mg ha⁻¹), lo que confirma que las zonas del suroeste, sur y este del PECEF son las que han estado y están sujetas a una mayor presión antrópica y, como consecuencia, han disminuido la capacidad del ANP como sumidero de C.

Con base en los valores estimados, el total de C almacenado en los estratos arbóreos de las comunidades vegetales del PECEF asciende a 1,603.9 Mg, en una superficie de 30.3 ha, puesto que esta es la extensión que ocupan las comunidades arbóreas; el resto de la superficie en el PECEF es ocupada por casas, suelo descubierto y por comunidades arbustivas y herbáceas, que si bien, estas últimas también contribuyen al almacenamiento de C, lo hacen en menor cantidad, como lo menciona Pérez (2011), quien a partir de datos obtenidos en bosques templados del cerro del Tláloc, en la Sierra Nevada, estima que las comunidades arbustivas y herbáceas almacenan en promedio $1.55 \pm 1.73 \text{ Mg C ha}^{-1}$. En síntesis, las coberturas carentes de vegetación en el PECEF ocupan aproximadamente 5% del área, lo que ha significado una pérdida de 539.5 MgC, situación que no abona al cumplimiento de los objetivos del Parque.

Figura 5. Carbono arbóreo-aéreo promedio estimado (MgC ha^{-1}) en el Parque Estatal Cerro



CONCLUSIONES

Vega-López (2009) han mencionado que el valor de las áreas naturales protegidas radica en su capacidad para generar servicios ecosistémicos de diverso tipo, entre ellos el almacenamiento de C. Para ello, es necesario establecer una línea base que permita conocer su estado y que permita que los encargados de la administración del ANP tengan información objetiva para la mejor gestión y seguimiento de las acciones de manejo.

Entre los principales aportes del presente trabajo para contribuir al establecimiento de una línea base se encuentran que:

- La composición de especies de árboles del PECEF y sus valores de importancia son parecidos a los reportados para los bosques templados de la región;
- Los valores de densidad de árboles son semejantes a otros estudios realizados en el PECEF y a los de bosques con manejo forestal, sin embargo, son inferiores a los valores reportados para bosques conservados o sin manejo forestal. En cuanto al área basal los resultados muestran que las cifras se ubican dentro del intervalo comúnmente reportado para bosques mixtos de pino-encino y encino-pino;
- La distribución de clases diamétricas de los árboles en el PECEF no se apega a la forma común de "J" invertida, principalmente para el caso de las coníferas, puesto que los individuos de este grupo se encuentran en las clases intermedias y superiores, condición que implica un escaso reemplazo de individuos maduros e insuficiente regeneración. Este mismo patrón abona a que 80% del C almacenado en la parte aérea de los árboles en el PECEF se encuentre en individuos con un DAP superior a los 40 cm.
- El valor promedio de C estimado en la parte arbórea-aérea en el PECEF fue de $51.9 \pm 54.5 \text{ Mg ha}^{-1}$, con un total de C almacenado de 1603.9 Mg. en las 30.3 ha arboladas del área. Sin embargo, el valor total de carbono almacenado es un poco más al mencionado, debido a la contribución de las comunidades herbáceas y arbustivas que ocupan una superficie del 4% en el Parque;
- En cuanto a las estimaciones de carbono almacenado en la parte aérea de los árboles, se encontró que están por debajo de los valores de referencia para bosques templados de Norte América aunque parecidos con los de los bosques degradados y manejados. En cambio, cuando se comparan con los valores reportados para México, las comunidades vegetales de *Cupressus-Pinus* y *Pinus-Quercus* se encuentran entre los valores comunes de almacenamiento y, las comunidades de *Quercus-Pinus* y *Quercus* spp. por debajo de ellos. Además, la distribución del almacenamiento

de carbono mostró que las comunidades vegetales con los valores mas bajos son las que están en colindancia con las áreas urbanas, que a la vez, han sido las más afectadas debido a la frecuencia de incendios y extracción de árboles, resultado esto último del saneamiento forestal, así, las zonas con menor cantidad de C se encuentran al suroeste, sur y este del Parque;

- La distribución de C en las zonas administrativas establecidas en el programa de manejo del PECEF, muestra que la Zona de Conservación almacena en promedio dos veces más C por unidad de área que la Zona de Manejo, lo que implica que esta última área presenta un mayor deterioro y, tendría que ser prioritaria para disminuir las amenazas sobre el bosque y para la ejecución de programas de restauración ambiental.

AGRADECIMIENTOS Y RECONOCIMIENTOS

Agradecemos al personal del Centro para la Sustentabilidad Incalli Ixcahuicopa, Centli por todo el apoyo brindado en la logística del estudio y a los guardabosques del Parque Estatal Cerro El Faro por su apoyo en el trabajo de campo. De igual forma a todos los estudiantes de la Licenciatura en Biología de la Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco que han participado en alguna etapa del estudio y al maestro Iván Roldán por proporcionar el mapa de uso del suelo y vegetación del Parque Estatal Cerro El Faro, Tlalmanalco de Velázquez, Estado de México.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar H. L., García M. R., Gómez M. A. y Martínez G. O., 2016, Estimación de biomasa mediante la generación de una ecuación alométrica para madroño (*Arbutus xalapensis*). pp. 529-530. In: Magdaleno-Villar, J. J., Martínez-Solís, J., Magaña-Lira N. y López R. M. (eds.). *Memoria del IV Congreso Internacional y XVIII Congreso Nacional de Ciencias Agronómicas*. Universidad Autónoma Chapingo, 20 al 22 de abril de 2016. Chapingo, Estado de México, México.
- Aguirre C. O. A. y Jiménez P. J., 2011, Evaluación del Contenido de Carbono en Bosques del Sur de Nuevo León, *Rev. Mex. Cienc. For.*, 2: 73-84.
- Barrales O. S., 2019, *Caracterización de las asociaciones vegetales de invierno, en el Parque Estatal "Cerro El Faro", Tlalmanalco de Velázquez, Edo. de México*, Servicio Social Licenciatura en Biología, Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco. México.
- Benjamin J. A. y Masera O., 2001, "Captura de carbono ante el cambio climático", *Madera y Bosques*, 7(1): 3-12.
- Bezaury C. J. E., 2009, *El valor de los bienes y servicios que las áreas naturales protegidas proveen a los mexicanos*, The Nature Conservancy Programa México - Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. México.
- Bolaños G. Y., Bolaños G. M. A., Paz P. F. y Ponce P., J. I., 2017, "Estimación de carbono almacenado en bosques de oyamel y ciprés en Texcoco, Estado de México", *Terra Latinoamericana*, 35: 73-86.
- Caballero C. P., Treviño G. E. J., Mata B. J. M., Alanís R. E., Yerena Y. J. I. y Cuéllar R. L. G., 2022, "Análisis de la estructura y diversidad arbórea de bosques templados en la ladera oriental del volcán Iztaccíhuatl, México", *Revista mexicana de ciencias forestales*, 13(71): 76-102.
- Cabañas M. A., 2020, *Diversidad arbórea y arbustiva de tres temporadas en el Parque Estatal Cerro El Faro, municipio de Tlalmanalco de Velázquez, Estado de México*, Servicio social Licenciatura en Biología, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco. México.
- Canadell J. G., Monteiro P. M. S, Costa M. H., Cotrim da Cunha L., Cox P. M., Eliseev A. V., Henson S., Ishii M., Jaccard S., Koven C., Lohila A., Patra P. K., Piao S., Rogelj J., Syampungani S., Zaehle S. y Zickfeld K., 2021, "Global Carbon and other Biogeochemical Cycles and Feedbacks". En Masson D. V., Zha P., Pirani A., Connors S. L., Péan C., Berger S., Caud N., Chen Y., Goldfarb L., Gomis M. I., Huang M., Leitzell K., Lonnoy E., Matthews J. B. R., Maycock T. K., Waterfield T., Yelekçi O., Yu R. y Zhou B., (eds.), *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of*

- Working Group to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Cano F. O., Vela C. G., Acevedo S. O. A. y Valera P. M. Á., 2020, "Concentraciones de carbono orgánico en el arbolado y suelos del área natural protegida El Faro en Tlalmanalco, Estado de México", *Terra Latinoamericana*, 38(4): 895-905.
- Cartus O., Kellndorfer J., Walker W., Franco C., Bishop J., Santos L. y Fuentes J. M. M., 2014, "A national, detailed map of forest aboveground carbon stocks in Mexico", *Remote sensing*, 6(6): 5559-5588.
- Ceballos G., List R., Garduño G., López C. E., Muñozcaño Q. M. J., Collado E., San Román J. E. (Comp.), 2009. *La diversidad biológica del Estado de México: estudio de estado*. Gobierno del Estado de México.
- CEPANAF (Comisión Estatal de Parques Naturales y de la Fauna), 2023, Ubicación de Áreas Naturales Protegidas. Consultado 2/IX/2023, disponible en: https://cepanaf.edomex.gob.mx/ubicacion_areas_naturales_protegidas.
- Chimal A., González M. y Hernández C., 2013, *La flora vascular del Parque Estatal "El Faro", Tlalmanalco de Velázquez, Estado de México*, División de Ciencias Biológicas y de la Salud, Universidad Autónoma Metropolitana – Unidad Xochimilco, México.
- CONANP, 2023, Listado de las Áreas Naturales Protegidas de México, disponible en: <http://sig.conanp.gob.mx/website/pagsig/listanp/>
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua), s/f, "CNA-SMN Red de Estaciones Climatológicas. Estación 15106. San Rafael. Normales 1951-2010", disponible en <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/informacion-climatologica/informacion-estadistica-climatologica>, consultado el 7/01/2021, Fecha última actualización s/f.
- Conafor (Comisión Nacional Forestal), 2018, *Inventario Nacional Forestal y de Suelos Informe de Resultados 2009-2014*, Presidencia de la República, Zapopan, Jal., México, 200 p.
- De Jong B. H., Masera O. y Hernández T. T., 2004, "Opciones de captura de carbono en el sector forestal", en Fernandez, A., Martinez, J., y Osnaya, P., (eds.), *Cambio Climático: una Visión desde México*. Instituto Nacional de Ecología, Mexico.
- De Jong B. H., Paz P. F., Rojas G. F., Aryal D. R., Masera C. O., Martínez B. R. D., Salas A. V., Casiano D. M., Covalada O. S., Etchevers B. J. D., Velázquez R. A. y Vargas R., 2019, "Capítulo 19: Bosques y selvas", en Paz P. F., Hernández A. J. M., Sosa Á. R. y Velázquez R. A. S., (eds.), *Estado del Ciclo del Carbono en México: Agenda Azul y Verde*, Programa Mexicano del Carbono, Texcoco, Estado de México, México.
- Eastman J. R., 2012, *IDRISI Selva - Guía para SIG y Procesamiento de Imágenes*, Clark Labs, Clark University, Ellenberg, D. y Mueller D. D., 1974, *Aims and methods of vegetation ecology*. New York, Wiley, USA.

- GCP, 2021, "Global Carbon Project", disponible en <https://www.globalcarbonproject.org/index.htm>
- Gobierno del Estado de México, 2003, Declaratoria del ejecutivo del estado por la que se establecen las áreas naturales protegidas con categoría de parque estatal "CERRO EL FARO" Y "CERRO DE LOS MONOS", en el municipio de Tlalmanalco, Estado de México. Gaceta del Gobierno. *Periódico oficial del Gobierno del Estado de México*. Toluca de Lerdo, Mex., viernes 8 de agosto del 2003. No. 29.
- Gómez M. F. F. y Rodríguez T. D. A., 2021, "Fuego, mortalidad y rebrotación en especies forestales de la Sierra Norte de Puebla", *Madera y bosques*, 27(3): 1-15.
- Hernández M. J. A., Velázquez M. A., Fierros G. A. M., Gómez G. A., Reyes H. V. J. y Vera C. J. A. G., 2020, "Estimación de biomasa aérea y carbono, en rodales con y sin manejo forestal en la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca", *Madera y Bosques*, 26(1): 1-17.
- INEGI, 2005, "Conjunto Nacional de Uso del Suelo y Vegetación a escala 1:250,000, Serie III", DGG-INEGI, México, disponible en <http://geoportal.conabio.gob.mx/metadatos/doc/html/usv250ks3gw.html>, consultado 19/06/2022.
- IPCC, 2003, "IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories; Reporting Instructions, Intergovernmental Panel on Climate Change", Geneve, Switzerland, 294 p.
- IPCC, 2021, "Intergovernmental Panel on Climate Change", disponible en <https://www.ipcc.ch/>, consultado 2/12/2021.
- IPCC, 2023, "Intergovernmental Panel on Climate Change", disponible en <https://www.ipcc.ch/>, consultado 18/09/2023.
- Juárez B. J. E., 2011, *Tolerancia al fuego en árboles del bosque de encino-pino de Chignahuapan, Puebla*, tesis doctoral, Universidad Autónoma Chapingo, México.
- Kurz W. A., Birdsey R. A., Mascorro V. S., Greenberg D., Dai Z., Olguin M. y Colditz R., 2016, *Modelización y evaluación integradas de la dinámica del carbono forestal en América del Norte: herramientas para monitorear, registrar en informes y proyectar emisiones y remociones de gases de efecto invernadero en el sector forestal*, Comisión para la Cooperación Ambiental, Montreal, Canada.
- Leon C. E., Guzmán M. M. y Sánchez R. J., 2019, *Diversidad de las aves en el Parque Estatal Cerro El Faro: Un área protegida entre la urbanización y conservación*, XVII Congreso para el estudio y conservación de las aves en México, Mérida, Yucatán, México.
- Manzanilla Q. G. E., Mata B. J. M., Treviño G. E. J., Aguirre C. Ó. A., Alanís R. E. y Yerena Y. J. I., 2020, "Diversidad, estructura y composición florística de bosques templados del sur de Nuevo León", *Revista mexicana de ciencias forestales*, 11(61):94-123.

- Márquez L. M. A., González E. S. y Álvarez Z. R., 1999, "Componentes de la diversidad arbórea de pino-encino de Durango, México", *Madera y Bosques*, 5:67- 78.
- Masera O., Ordoñez M. J. y Dirzo R., 1997, "Carbon emissions from Mexican forest current situation and long term scenarios", *Clim. Changes*, 35: 265-295.
- Mendoza M. A., 2022, *Mamíferos grandes y medianos y su contribución a los servicios ecosistémicos en el Parque Estatal "Cerro El Faro", Tlalmanalco de Velázquez, Estado de México*. Servicio social, Licenciatura en Biología, Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, México.
- Moctezuma B. P. y González M. I., (Coords.), 2009, *Programa de conservación y manejo del área natural protegida con categoría de parque estatal "Cerro el Faro" y "Cerro de los Monos"*, Línea Forestal y de Biodiversidad, CENTLI-PISN, México.
- Montes A. D., Cortes M. M. y Roldán A. I. E., 2019, *Diversidad de mamíferos medianos y grandes en el Parque Estatal Cerro El Faro, Estado de México*, IX Simposio de Investigación del Parque Nacional Iztacihuatl-Popocatepetl, Políticas públicas y riesgo Ambiental, México.
- Moreno B. R., Talavera G. K., Rivera M. S. y Hernández R. N., 2019, Evaluación de la situación actual de las Áreas Naturales Protegidas del Estado de México. *Quivera Revista de Estudios Territoriales*, 21(2):113-129.
- NASA, 2021, "Global Climate Change. NASA's Jet Propulsion Laboratory", disponible en <https://climate.nasa.gov/>, consultado 2/12/2021.
- Nieves H. G., Vázquez G. J. A., Vargas R. Y. L., Vázquez G. M. y González G. J., 2009, "Small-scale environmental gradients in a pine-oak forest community in Nueva Colonia, Mezquitic, Jalisco, Mexico". *Polibotánica*, 27:31-52.
- Ordoñez M. y Galicia L., 2022, "El surgimiento de nuevos ecosistemas en los bosques templados implicaciones en la estructura, funcionamiento y provisión de servicios ambientales", *Ciencias*, 137-138: 66-72.
- Orozco H. M. E., Míreles L. P., Valdez P. M. E. y Valdés C. A. C., 2013, "Cubiertas forestales y escenarios de Carbono en el Estado de México, 2002-2010", *Revista Geográfica de América Central*, 2(51):169-188.
- Pan Y., Birdsey R. A., Fang J., Hough Mg. R., Kauppi P. E., Kurz W. A. y Hayes D., 2011, "A large and persistent carbon sink in the world's forests", *Science*, 333(6045):988-993.
- Paz P. F., Hernández A. J. M., Sosa Á. R. y Velázquez R. A. S., (eds.), 2019, *Estado del Ciclo del Carbono en México: Agenda Azul y Verde*, Programa Mexicano del Carbono, Texcoco, Estado de México, México.

- Paz P. F., Romero B. V. M., Argumedo E. J. A., Bolaños G. M., de Jong B., de la Cruz C., J. C. y Velázquez R. A., 2019, "Dinámica del uso del suelo y vegetación", en Paz P. F., Hernández A. J. M., Sosa Á. R. y Velázquez R. A. S., (eds.), *Estado del Ciclo del Carbono en México: Agenda Azul y Verde*, Programa Mexicano del Carbono, Texcoco, Estado de México, México.
- Pérez M. R. V., 2011, *Contenido de carbono en ecosistemas del cerro Tláloc, Texcoco, México*, Tesis de Maestría en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible, Universidad Autónoma Chapingo, Estado de México, México.
- Pérez R. S., Ramírez M. I., Jaramillo L. P. F. y Bautista, F., 2013, "Contenido de carbono orgánico en el suelo bajo diferentes condiciones forestales: reserva de la biosfera mariposa monarca, México". *Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente*, 19(1):157-173.
- Ramírez M. N., González E. M. y Williams L. G., 2001, "Anthropogenic disturbance and tree diversity in montane rain forests in Chiapas, Mexico", *Forest Ecology and Management*, 154:311-326.
- Rascón S. J., Galván M. V. S., Aguirre C. O. A. y García G. S. A., 2022, "Caracterización estructural y carbono almacenado en un bosque templado frío censado en el noroeste de México" *Revista mexicana de ciencias forestales*, 13(70):136-165.
- Romahn de la Vega C. F., Ramírez M. H. y Treviño G. J. L., 1994, *Dendrometría*. Universidad Autónoma Chapingo, México.
- Ruiz D. C., Rodríguez O. G., Leyva L. J. C. y Enríquez Del Valle, J. R., 2014, "Metodologías para estimar biomasa y carbono en especies forestales de México". *Natur. Desar*, 12:28-45.
- Sánchez A. y López L., 2003, "Clasificación y ordenación de la vegetación del norte de la Sierra Nevada, a lo largo de un gradiente altitudinal", *Anales del Instituto de Biología. Serie Botánica*, 74(1):47-71.
- Vega L. E., 2009, "Importancia económica de las áreas naturales protegidas como sumideros de carbono en México", *Economía informa*, 360:114-120.
- Zacarías E. I. E., Cornejo-Tenorio, G., Cortés-Flores, J., González-Castañeda N. y Ibarra-Manríquez G., 2011, "Composición, estructura y diversidad del cerro El Águila, Michoacán, México", *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 82: 854-869.
- Zamora M. E., Huerta A. H., Maqueo O. P., Badillo G. B. y Bernal S. I., 2016, Cambio global: el Antropoceno, *CIENCIA ergo-sum*, 23(1): 67-75.

Análisis del 2000 al 2023 de las dinámicas de la agroindustria del Tequila en la zona protegida por la Denominación de Origen del Tequila (DOT)

Erick Rodrigo Guevara Rojas¹

Resumen. Se han establecido cuatro Denominaciones de Origen (DO) a bebidas elaboradas a partir de distintas especies del género *Agave*. La DO del tequila es la más antigua y la única que cuenta con un Consejo Regulador del Tequila; sin embargo, sufre un ciclo de escasez-sobre oferta poco estudiado. Se planteó el objetivo de caracterizar cada uno de los momentos del ciclo que afectan los distintos escenarios de toda la cadena agroindustrial. Se utilizó la metodología One Factor At a Time (OFAT) para determinar los factores que intervienen en cada escenario. Las variables se analizaron en relación con el tiempo y se ajustaron a modelos que permitieran identificar ciclos. Se obtuvieron cuatro escenarios (E) que componen la cadena productiva, el E1 y E2 presentan dos ciclos, el primero denominado sobreoferta escasez, y el segundo ciclo respuesta, respectivamente, ambos comparten tres momentos: Crecimiento, Estabilidad y Crisis, únicamente el E1 presenta un momento de Desconfianza. Los ciclos no afectaron los E3 y E4, por lo que se concluye que los productores tienen menores estrategias de resiliencia ante los ciclos, las tequileras no se ven afectadas por su capacidad de comercialización.

Palabras Clave: Denominación de Origen del Tequila; Consejo Regulador del Tequila; Ciclo escasez-sobre oferta; Precios del *Agave*.

Abstract. Four Designations of Origin (DO) have been established for beverages made from different species of the *Agave* genus. The Tequila DO is the oldest and the only one with a Tequila Regulatory Council; however, it experiences a poorly studied cycle of scarcity-oversupply. The objective was to characterize each of the moments in the cycle that affect the different scenarios

¹ Licenciatura en Agronomía, Departamento de Producción Agrícola y Animal, Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco.
e-mail: erick_rgr@hotmail.com

throughout the agro-industrial chain. The One Factor At a Time (OFAT) methodology was used to determine the factors involved in each scenario. Variables were analyzed in relation to time and fitted to models that allowed the identification of cycles. Four scenarios (E) were obtained that make up the production chain. E1 and E2 present two cycles, the first one called oversupply-scarcity, and the second response cycle, respectively, both share 3 moments: Growth, Stability, and Crisis, with only E1 presenting a moment of Distrust. The cycles did not affect E3 and E4, so it is concluded that producers have fewer resilience strategies against the cycles, and tequila companies are not affected due to their marketing capacity.

Key words: Tequila Designation of Origin, Tequila Regulatory Council, Scarcity-Overproduction Cycle, Agro-industry, Agave Prices.

INTRODUCCIÓN

La Denominación de Origen del Tequila (DOT)

El estado mexicano ha otorgado distintas protecciones bajo la apelación de denominación de origen a cuatro bebidas elaboradas con distintas especies del género *Agave*; Tequila, Mezcal, Bacanora y la más reciente Raicilla. Lo que significa que son susceptibles a regulación, gozan de un reconocimiento, amparo y certificación legal por el Instituto Mexicano de Propiedad Industrial. Se convirtió en una forma jurídica con su publicación en el Diario Oficial de la Federación (DOF) (Rodríguez-Gómez, 2007).

Es importante tomar en consideración las aclaraciones que hace Renou (1999) cuando se pretende hablar de denominaciones de origen.

La Denominación de Origen fue un concepto derivado de una apelación, que trasciende los conceptos de calidad y procedencia. El concepto inició en 1935 para los vinos y se ha extendido a distintos productos agroalimentarios inclusive fuera de Francia, lugar de origen del concepto. La diferencia entre procedencia y origen debe aclararse para la lengua que se desea estudiar, si es que existe una diferencia semántica importante, por lo que a continuación se muestran las definiciones del Diccionario Español de México (DEM, 2022):

Tabla 1. Definiciones de las palabras *origen* y *procedencia*, según el Diccionario Español de México (2023)

Origen	Procedencia
<p>¹Lugar, momento, fenómeno o acto en el que comienza a existir alguna cosa: el origen del universo, el origen del hombre americano, el origen de la vida, el origen de una idea.</p> <p>²País, o región, del que procede alguien: origen mexicano, origen maya.</p> <p>³Condición social de la que proviene alguien: origen humilde, origen burgués.</p> <p>⁴Causa primera de algo: origen volcánico, origen bacteriano, el origen de nuestro proceso inflacionario, origen histórico, los orígenes de una guerra, el origen de la falta de producción.</p> <p>⁵ De origen: Que proviene de cierto lugar o momento, que es así desde su comienzo o nacimiento: francés de origen, cubano de origen, defectos de origen, envasado de origen, de origen desconocido.</p>	<p>^{s f} Lugar, persona, cultura, circunstancia, etc del que procede algo o alguien: "Favor de anotar el sitio de procedencia", ganado de procedencia europea, artesanías de procedencia maya.</p>

Desde el matiz semántico, la diferencia coincide con Renou (1999), ya que lo que entendemos por *procedencia*, o sea el lugar del que proviene el producto, es circunstancial, sin vínculo entre el producto y el lugar. El lugar de fabricación entonces se vuelve neutral. Es diferente al hablar del *origen*, pues este contiene aclaración de lugar, con un vínculo que respeta el comienzo y la causa primera. Por lo que producir algo fuera de su lugar de origen únicamente se puede clasificar como procedente, no originario. (Ejemplo: El Tequila de la Rojeña, Jalisco, con denominación por su origen de producción y envasado, o una tortilla hecha en Los Altos Jalisco que indica únicamente procedencia).

Entonces lo que convertiría a un producto originario se reduce a cualidades organolépticas y humanas, exclusivamente vinculadas al lugar de origen; estas, no deberían de ser estándar, puesto que se harían tanto procesos agrícolas como industriales con un alto nivel de calidad. Por lo que una mayor calidad no significa siempre un mayor apego al concepto de denominación de origen, al menos que esta se encuentre vinculada al producto, al lugar geográfico de producción y a su tradición (Errázuriz-Tortorelli,

2010). Así, la vinculación entre el nombre geográfico y el lugar de origen puede utilizarse para la comercialización del producto, pero no es recomendable abusar de este reconocimiento cuando no existe una vinculación real con la región de origen, pues se provocaría una confusión en el consumidor.

Renou (1999) señala que la clasificación francesa para los vinos ha sido muy estricta en tres elementos en específico: el primero es el lugar geográfico, de donde se desprenden cualidades agrícolas y climáticas que intervienen en la producción; el segundo elemento son las variedades y el tercero la tradición. Estos elementos son aplicables a todos los productos agrícolas que buscan la protección de la denominación de origen, resaltando sus características de derecho público y propiedad colectiva.

Lugar geográfico de la DOT

En el año 1637 en Nueva Galicia, que ahora es Jalisco, Nayarit, Aguascalientes y parte del sur de Tamaulipas, se estableció un impuesto para controlar la venta de lo que entonces se llamaba *vino mezcal*, que era una bebida originada a partir de la introducción de los alambiques al proceso para obtener una bebida embriagante que utilizaban los indígenas de la Sierra de Madre, que denominaban *mezcal*. Este era obtenido del proceso de jima, que consiste en cortar las hojas del agave hasta dejar únicamente una bola, roseta o piña (los indígenas la denominaban *mexicalli*), para posteriormente hornearlo, tritularlo y así obtener un mosto que se fermenta y que, para ese año, se destila (León-Meza, 2015).

En 1758 fue fundada la primera empresa tequilera por José María Guadalupe Cuervo, quien recibiría su primera carta oficial del Rey de España y para 1802 fundó en Tequila, Jalisco, la primera destilería de América Latina por la empresa José Cuervo: La Riojeña. Cincuenta años después hacen su primera exportación de tequila en barricas y para 1880 se vuelve la primera en envasar tequila en botellas de vidrio (Echeverría, 2023).

Se fueron sumando un gran número de empresas a la industria, que para el año 1943, a partir de la tradición histórica y cultural, buscaban denominar al tequila como la bebida nacional en las regiones productoras, con el objetivo de obtener exclusividad en su producción. México se suscribe en el año 1958 al Arreglo de Lisboa, que comenzaba el camino de la protección al Tequila, ya que Japón y España habían comenzado con la producción de aguardientes que erróneamente denominaban Tequila (CRT, 2019).

El 4 de enero de 1973 se habían publicado en el DOF en forma de decreto las reformas a la Ley de Propiedad Industrial que permitían bajo los títulos tercero, capítulos I y V y título cuarto, capítulo II, una amplia protección a los productos con Denominación de

Origen. La primera solicitud para la protección ya para el *Tequila* se realizó mediante un oficio el 12 enero de 1973, por la Dirección General de Normas (DGN) de la Secretaría de la Industria y Comercio (SIC) a la Subsecretaría de la Industria de la misma dependencia. Se le sumaron los oficios del 14 de febrero y del 27 de abril de 1973 de la empresa Herradura, S. A. Estas solicitudes buscaban la declaración para la protección de la Denominación de Origen Tequila (DOT) de la Secretaría de Industria y Comercio (SIC) y de la Cámara Regional de la Industria Tequilera (CRIT) (DOF, 1973a, DOF, 1973b).

El jueves 10 de mayo de 1973, el DOF publica un aviso donde se aclara que gracias a las solicitudes se iniciaría el proceso de protección a la DOT, creando un procedimiento y bases para la solicitud de protección, que incluía la descripción detallada de los productos a comercializar y de los lugares de extracción (cabe señalar que el DOF no utiliza términos agrícolas, si no industriales) (DOF, 1973b).

Respecto a los productos, el DOF aclara que solo debe ser utilizada la especie *Agave tequilana* Weber, 1902, para el corte de las hojas o jima, únicamente haciendo uso de la roseta o *mexcalli* para la extracción de los azúcares a fermentar, en las levaduras (sin importar origen o aprobación de la levadura) y con un mínimo de 51% de azúcares procedentes de la planta, el resto de los azúcares se considera de otra procedencia. El tequila entonces lo define como: [] “líquido transparente, incolorado² o ligeramente amarillento después de ser reposado o añejado en recipientes de madera; roble o encino” (DOF, 1973b, p. 9)

A esta descripción, el productor de tequila interesado en ser protegido por la DOT tenía que sumar la descripción de la extracción, fermentación, destilación, reposo, añejamiento y envasado, así como cualquier otro proceso de elaboración. La superficie entonces considerada por la DOT abarcaba 2,679,426 ha, entre los paralelos, 20°15 y 21°15 de latitud norte y los meridianos 102° y 104°20 de longitud Oeste (Figura 1) que incluyen zonas urbanas y 46,183 ha del lago de Chapala. Con alturas aproximadas de 1,000 a 2,000 msnm en zonas de producción (DOF, 1973b).

² Incolorado: Es una palabra que aparece en el DOF, sin embargo, no existe en el español de México, se entiende que hace referencia a incoloro (DEM, 2022).

Figura 1. Zona protegida por la DOT a 1973



Elaboración propia con datos de DOF (1973).

El lunes 9 de diciembre de 1974 se hace la primera publicación: *Declaración general de la protección a la denominación de origen "Tequila"*; donde se señala que los productos en aras de ser protegidos dentro de la DOT deben cumplir con las normas de calidad publicadas el 5 de diciembre de 1970 en el DOF; sumado a las características ya señaladas en las publicaciones anteriores. Las oposiciones a esta resolución eran principalmente de Tamaulipas, Jalisco, Nayarit y Michoacán al quedar algunos de sus municipios excluidos (DOF, 1974).

El 20 de septiembre de 1976, la tequilera La Gonzaleña, S. A., solicitó a la Dirección de Intervenciones y Marcas de la SIC la ampliación del territorio, que culminó en la publicación, tres días después, de un aviso que marcaba los requisitos para presentar una ampliación del territorio, si es que habían sido excluidos en publicaciones anteriores, dando un plazo de 45 días para presentar los documentos necesarios (DOF, 1976; DOF, 1977). El jueves 13 de octubre de 1977, nuevamente bajo el asunto de la DOT, se dio a conocer que solo La Gonzaleña, S. A. formuló correctamente y a tiempo sus observaciones a la CRIT; otras 15 empresas formularon sus observaciones, pero fuera de tiempo.

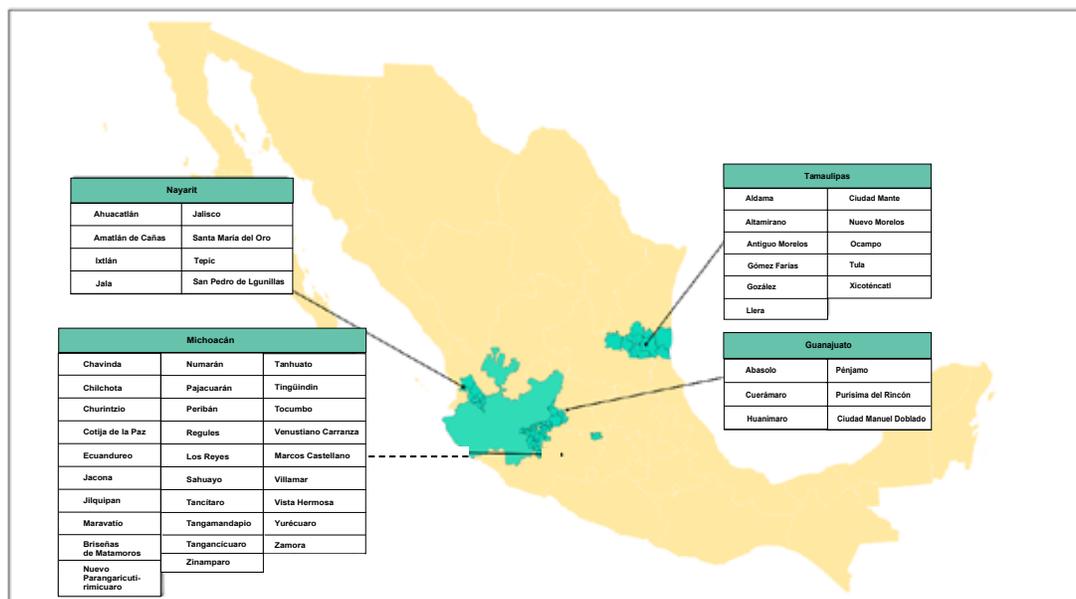
Tabla 2. Empresas que formularon observaciones fuera de tiempo al CRIT en 1977

Empresas		
Tequila El Viejito, S. A.	Tequilera Rosales, S. A.	Tequila Viuda de González, S. A.
Tequila Sauza, S. A.	Río de Plata, S. A.	Tequila Eucario González, S. A.
Tequilera Sánchez Rosales, S. A.	Tequilera Orendáin, S. A.	Tequila Virreyes, S. A.
Tequila Tapatío, S. A.	Empresa Ejidal Tequilera Amatitlán,	Jorge Salles Cuervo
Tequilera San Matías, S. A.	Tequila Viuda de Romero, S. A.	Tequilera Cuervo, S. A.

Nota: Elaboración propia con datos de DOF (1977).

En esta misma publicación, que sería la definitiva ya que invalidó las publicaciones anteriores, se dio a conocer ya no por un sistema de coordenadas, si no de municipios los participantes en la protección de la DOT (Figura 2); el envasado de Jalisco (único estado completo), 11 municipios del estado de Tamaulipas, 30 de Michoacán, seis de Guanajuato y ocho de Nayarit (DOF, 1977).

Figura 2. Zona protegida por la DOT al 2023



Elaboración propia con datos del DOF 1977.

Esa publicación de 1977 establecería la primera norma en el marco del aseguramiento de la calidad, la Norma Oficial de Calidad para Tequila, y serviría de base para el establecimiento de la, NOM-006-SCFI-1994, Bebidas alcohólicas-Tequila-Especificaciones. Posteriormente, el 29 de octubre de 2012 se publica la NOM-006-SCFI-2012, Bebidas alcohólicas-Tequila-Especificaciones, que rige actualmente las medidas para comercializar y garantizar los requisitos necesarios en la elaboración del Tequila (DOF, 1977).

Consejo Regulador del Tequila (CRT)

El origen del CRT se remonta al 17 de mayo de 1994 y al mismo tiempo al 6 de mayo de 1996, pues se consolidó y certificó como unidad de verificación para la norma antes citada: NOM-006-SCFI-2012, Bebidas alcohólicas-Tequila-Especificaciones.

En la actualidad el CRT inspecciona y certifica el cumplimiento de las normas, como en su origen fue establecido, así mismo la DOT también ofrece protección en el registro Internacional del Tequila ante la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (WIPO, siglas en inglés) de 1978; así como la protección en la Unión Europea (UE), a través del acuerdo entre México y la Comunidad Europea, sobre el reconocimiento de 1997 a las Denominaciones en el Sector de las bebidas Espirituosas³ y desde el 20 de junio del 2017 el reconocimiento del *Tequila* por Brasil y el 23 de marzo del mismo año por Guatemala como producto Distintivo de México.

Además, tiene reconocimiento en cinco Tratados de Libre Comercio con Colombia, Israel, Triángulo del Norte (El Salvador, Guatemala y Honduras), Uruguay y Chile, y en un Acuerdo de Asociación Económica con Japón (CRT, 2019). Cuenta con registros internacionales como Marca Normativa en Canadá, Unión Europea y Filipinas; como Marca de Certificación en Sudáfrica, China y Australia y como registro de Denominación de Origen en Uruguay, Honduras, Costa Rica, Panamá, Ecuador, Colombia, Tailandia, Rusia, Nicaragua, Chile, India y El Salvador (CRT 2019b).

³ Espirituosas; es una palabra que no existe en el español de México, sin embargo, se entiende que hace referencia a espiritual o espirituales y, por lo general, hace referencia a todas aquellas bebidas con contenido alcohólico procedentes de la destilación de materias primas agrícolas como uva, cereales, frutos secos, remolacha, caña y fruta, entre otras.

Los ciclos de la agroindustria tequilera

Dentro de la agroindustria se ha observado el cumplimiento de un ciclo de sobreoferta y escasez del *Agave tequilana* (Orozco-Martínez, 2019; Real-Laborde, 2019) propuesto por Valenzuela-Zapata (1995) que observa en este una duración de 12 años. En este se pueden identificar tres momentos clave: el primero dura cinco años y se caracteriza por un aumento en el precio del agave que disminuye los requerimientos de calidad por parte de las tequileras. Este primer momento se le denominará: Crecimiento (M1).

El segundo momento dura cuatro años y se caracteriza porque en él disminuyen las actividades de fomento agrícola por parte de la agroindustria, que se denominará Estabilidad (Momento 2; Estabilidad M2). El tercer momento donde se espera un descenso de plantaciones, se observa un aumento en los requerimientos de calidad en la selección por parte de las tequileras, se observa una tendencia a la homogeneidad de plantaciones y disminución en el precio del agave que será denominado Crisis (Momento 3; Crisis M3).

Este ciclo se caracterizó únicamente para la superficie sembrada, no para toda la cadena productiva que participa en la agroindustria. Basulto-Castillo *et al.*, (2015) establecen cuatro escenarios dentro de la cadena productiva; el primero es el escenario agrícola, el segundo es la elaboración de las bebidas alcohólicas o producción, el tercero la comercialización y el cuarto las ventas nacionales y extranjeras. Sin embargo, no hacen distinciones entre los escenarios, no mencionan las características de cada uno de estos, y tampoco especifican la diferencia entre comercialización y ventas, por lo que es necesario profundizar en el análisis de la cadena productiva.

METODOLOGÍA

Para el establecimiento de una base que permita realizar el análisis de la industria se utilizaron principios básicos del método OFAT (one-factor-at-a-time) de Montgomery (2012) únicamente para detectar los factores posibles que puedan intervenir en las dinámicas de la industria, no se realizó un experimento con los factores identificados.

Como punto de partida se analizaron datos a partir del año 2000 de las bases de datos disponibles para cada factor: Superficie sembrada—SIACON, Consumo de Agave por parte de las tequileras, Producción de las tequileras, Litros exportados a granel y envasados y Países importadores (Base de datos del CRT).

El comportamiento de las variables de manera individual se analizó, con el programa estadístico JMP, estableciendo como Hipótesis nula (H_0) la no relación con el tiempo, no se realizaron predicciones con los valores obtenidos. Se obtuvo como resultados regresiones lineales y no lineales, en las que se prefirió un mayor coeficiente de determinación (r^2) que permitiera identificar y caracterizar, gracias al ajuste, los momentos del ciclo descrito por Valenzuela-Zapata (1995) en un gráfico con mayor precisión a partir de las líneas de tendencia.

DISCUSIÓN Y RESULTADOS

Al primer semestre del año 2023 el CRT cuenta con un registro de 297 certificados bajo la NOM-006-SCFI-2012, otorgados a 172 empresas de las cuales 125 cuentan con doble certificación para la producción de *Tequila* y *Tequila 100%* y 47 empresas certificadas exclusivamente en la producción de *Tequila 100%*. Así mismo, solo existen 161 empresas que tienen 1,756 marcas certificadas con un envasado de origen y dos marcas de *Tequila* envasado fuera de la zona de DOT certificadas, pero en México. Siendo únicamente 11 empresas las obligadas a comercializar a granel su producción para su posterior envase.

Existen 40 empresas certificadas para el envase de 513 marcas de *Tequila* y *Tequila 100%* en el extranjero y 75 empresas certificadas al amparo de la NMX-049-NORMEX-2004 para la comercialización de bebidas que contienen *Tequila* como ingrediente que no especifican la ubicación de sus envasadoras.

Con esta muestra de las dinámicas de la agroindustria se demuestra que un escenario de la cadena productiva no es considerado en la propuesta por Basulto-Castillo *et al.*, (2015), que es el Envasado, sin embargo, ya que no distingue entre comercialización y venta, se modificaron los escenarios para quedar como en la Figura 3.

Figura 3. Escenarios de la cadena productiva, modificado de Basulto-Castillo *et al.*, (2015)



Escenario 1 (E1). Agrícola

Superficie sembrada y precio del agave

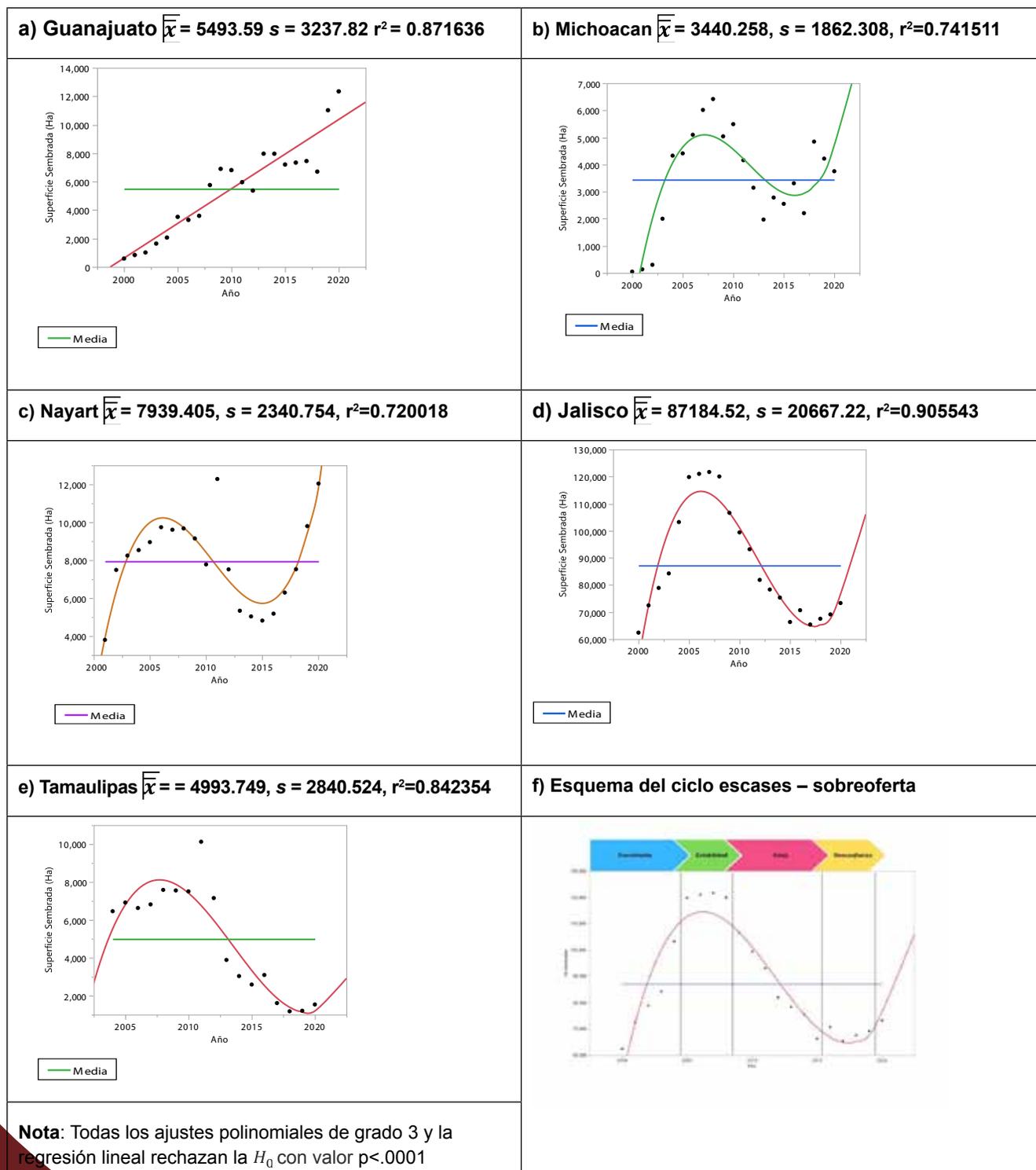
Las aproximaciones al análisis de la producción agrícola de agave se centran en dos factores, el primero consiste en la superficie sembrada (ha) que está condicionada al segundo factor, que es el precio por kilogramo del agave.

El indicador de superficie sembrada presenta sesgos en la obtención y clasificación de los datos realizada por la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER) y el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) expresadas en su Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON) (2023); la base de datos clasifica cinco tipos de agave cultivables: bacanora, mezcalero, sin clasificación, agave tequilero y agave tequilero Weber. Por lo que se considerará *A. tequilana* Weber, 1902 como: agave Tequilero y agave Tequilero Weber ya que el segundo solo cuenta con registros en los años 2013 y 2014.

La base de datos no permite obtener información por municipio, por lo que si se quiere revisar la superficie sembrada en la zona protegida por la DOT se tiene que revisar por estado. Sin embargo, es el único dato oficial con el que se puede trabajar la superficie, limitando el análisis de la afectación producida por las plantaciones fuera de la DOT (Tena-Meza, *et al.*, 2023), esto a pesar de tener un registro oficial del CRT de plantaciones que no hace público.

Se tomaron únicamente los datos de la siembra temporal, pues las prácticas de riego muestran una disminución en la mayoría de los estados conforme avanzan los años, si no es que en algunos desaparece según las tendencias. En el análisis se obtuvo una relación significativa con el tiempo en todos los estados, únicamente en Guanajuato la relación se ajusta con un mayor r^2 a una regresión lineal, que cualquier otro ajuste lineal. los demás estados presentan un mayor r^2 al ajustarse a un modelo polinomial de grado 3.

Figura 4. Comportamiento de las variables superficie (ha) en relación con el factor tiempo (años, dentro de la DOT por estado) Media estadística (\bar{x}), desviación estandar (s), coeficiente de determinación (r^2)



En la figura 4, a partir del año 2000 se observa el inicio del M1 Crecimiento; puesto que en los cinco estados se observa el aumento en la superficie plantada de agave. La duración de este momento fue del 2000 al 2004, donde el aumento es del 39.53% en el estado de Jalisco (figura 4d) de 62,408 ha a 103,214.78 ha. Se estabiliza la superficie sembrada en el año 2005 para la mayoría de los estados excluyendo a Guanajuato, lo que indica el inicio del M2 Estabilidad (2005–2008); el estado de Jalisco presenta un promedio de 146,662.60 ha sembradas, sin aumentos ni disminuciones significativas durante ese lapso.

Nava *et al.*, (2006) señalan que, en el municipio de Tonaya, Jalisco, el 73% de los productores independientes a las tequileras prefirieron este cultivo porque lo consideraron más redituable que el maíz, sorgo o cacahuete y solo el 27% por la menor cantidad de trabajo que requiere la planta. Estos productores utilizaron mayormente las remesas enviadas por los migrantes como financiamiento para el mantenimiento de las plantas; otros utilizaron el programa Procampo; se trabajó también un modelo de cultivo a medias y en menor proporción se utilizaron ahorros de ventas pasadas, préstamos o venta de bienes. Los productores en su mayoría conocían los precios del agave y manifestaban su preocupación por la disminución en estos, sin embargo, tampoco tenían asegurada su venta.

Herrera-Pérez *et al.*, (2018) registraron que los productores independientes de agave en Jalisco cuentan con un promedio de 1.8 predios de 6.3 ha cada predio, resaltando que a menor tamaño de la unidad de producción también es menor la dependencia de los ingresos derivados de estas actividades. Cuando la superficie es menor algunos productores optan por la renta de sus predios o la diversificación de cultivos. La mayoría de los productores no tienen contrato con las empresas y la mayoría de los contratos que existen son de arrendadores, aparceros y una minoría de arrendatarios y medieros. Así mismo señalaron que la aparcería ha ido disminuyendo por la incertidumbre de los precios.

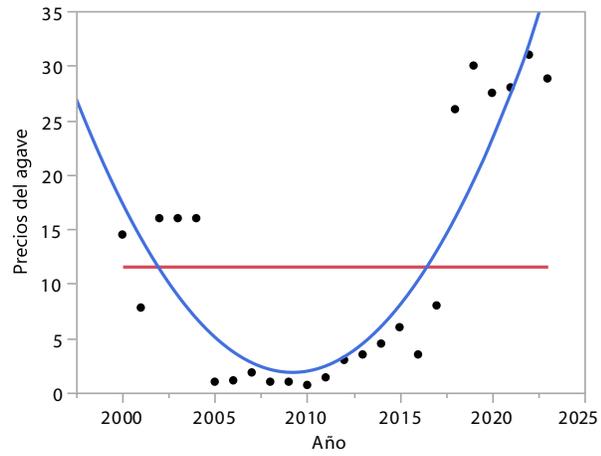
En los estados de Michoacán, Nayarit, Jalisco y Tamaulipas se observa una disminución en la superficie de *A. tequilana* sembrada a partir del 2008, que nos indica el inicio del M3 Crisis (2008 - 2015), asociada a una disminución en el precio en el 2011, cuando bajo desde \$1.50-2.50 hasta \$0.30 por kg (Romo, 2011). En Jalisco, donde se observó la mayor superficie sembrada la disminución de los precios logró reducir esta superficie en sólo 7 años un 55.25% de 120,035.34 ha a 66,323.22 ha. Si se planea analizar los precios del agave, es difícil y poco confiable hacer un recuento por años, ya que el CRT no cuenta con un registro de precios.

Frías-Frías (2000) expuso que los intermediarios (coyotes) ofrecían en el año 2000 desde \$3 a \$14.50/kg; sin embargo, el precio real sería el que ofrecían las tequileras cer-

tificadas, que se supone aún mayor. Romo (2017), menciona que existe un aumento en el precio del 200% en los años 2016 a 2017 y Hernández (2023) reporta un aumento del 300% en los años 2017 y 2018 a la que le suma un análisis de los precios del agave desde el 2012 al 2023, sin hacer mención alguna de la crisis de los años pasados, ni los riesgos que ha enfrentado el productor.

En el análisis del comportamiento de los precios del agave se observó una relación significativa conforme avanzan los años, bajo una polinomial de grado dos que presenta un mayor r^2 que cualquier otra regresión; se aprecia que se comporta de manera inversa al ajuste de la superficie sembrada. En la figura 5, el M1 muestra una estabilidad de los precios, sin disminuciones significativas, en el M2 se observan los precios más bajos, en el M3 se observa un gradual aumento de los precios.

Figura 5. Comportamiento de los Precios de Agave 2000–2023

Precios del Agave (2000–2023)	Referencias
 <p>$\bar{x} = 11.59108, s = 11.2018, r^2 = 0.789897$</p>	<p>Datos del 2001 – (Frías-Frías, 2000)</p> <p>Datos de 2001 y 2006 – (Palomino, 2008)</p> <p>Datos 2002 a 2004 y 2011 – (Romo, 2011)</p> <p>Datos 2005 a 2015 – (Herrera-Pérez <i>et al.</i>, 2018)</p> <p>Datos 2012 a 2022 – (Hernández, 2023)</p> <p>Datos 2023 (Sabanero, 2023)</p>
<p>Nota: La relacion rechaza la \bar{H}_0 con valor $p < .0001$</p>	<p>Nota: Se promediaron los datos que se reportaron más de una vez</p>

El ciclo que afecta el E1 descrito en su mayoría por Valenzuela-Zapata (1995), se observa en el ciclo 2000 - 2019, sólo que más largo, no de 12 años, si no de 19 y no solo tres momentos ya que se observa un nuevo momento a partir del 2015 al 2019, donde los productores no vuelven a sembrar agave, que se denominara Momento 4 Desconfianza. La diferencia se podría explicar en la cantidad de datos analizados, el crecimiento de la industria en general y el aumento en los años de crisis. En este momento los precios se elevan a cantidades no vistas en años pasados, con el objetivo de incentivar la siembra por parte de los productores ante la escasa oferta registrada. El Estado de Guanajuato no sufre este ciclo y se debe investigar con mayor profundidad las causas.

Escenario 2 (E2). Producción

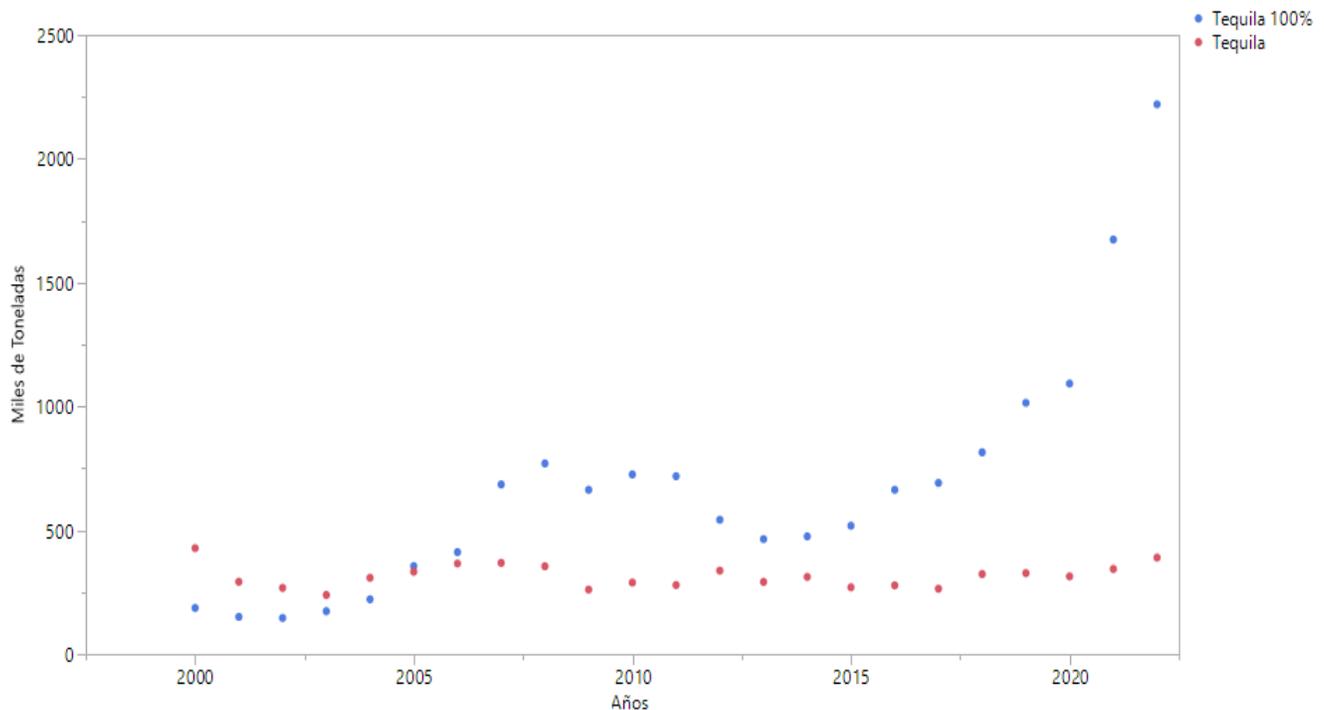
Consumo y Producción

En el escenario dos participan las empresas certificadas bajo NOM-006-SCFI-2012; sobre el particular Téllez-Mora *et al.*, (2012) señalan que dentro de las mejoras que pueden optimizar la eficiencia de las empresas destaca el proceso de fermentación ya que presenta una oportunidad de mejorar el rendimiento, que ha sido estable desde el 2000 al 2022 exclusivamente para la producción de *Tequila*, ya que se ha reportado un rendimiento promedio de 2.4 a 2.8 kg de agave para producir un litro.

En la producción de *Tequila 100%* no se ha fijado un estándar de rendimiento, ya que en el año 2000 se utilizó un promedio de 7.74 kg/L, en 2005 bajó a 5.06 kg/L y para el año 2010 alcanzó un promedio de 4.86 kg/L. En el 2015, año con la menor superficie sembrada (Figura 4), alcanzó un promedio de 4.78 kg/L; sin embargo, para el año 2020 se elevó la cantidad utilizada hasta 7.39 kg/L.

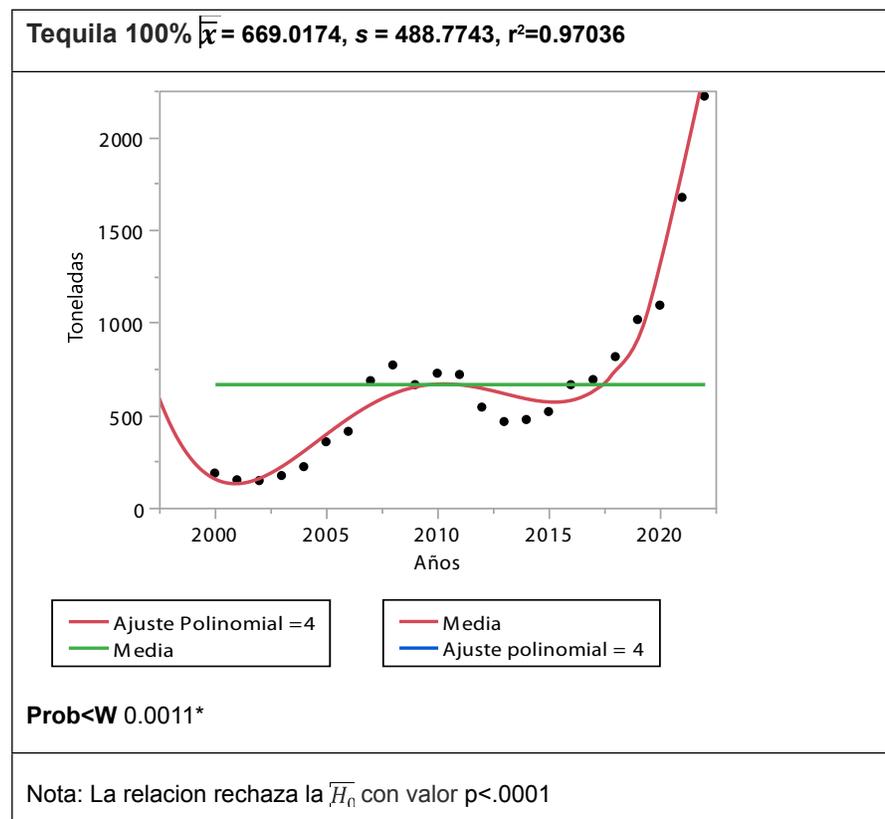
Estos indicadores no representan calidad en las bebidas, únicamente el rendimiento de la agroindustria en general. Para el análisis del consumo de agave por parte de las tequileras, se utilizaron datos desde el año 2000 de la base de datos del CRT, en el que se incluye el total de agave destinado a *Tequila* y *Tequila 100%* de todas las empresas certificadas bajo la NOM-006-SCFI-2012.

Figura 6. Consumo de Agave 2000–2023



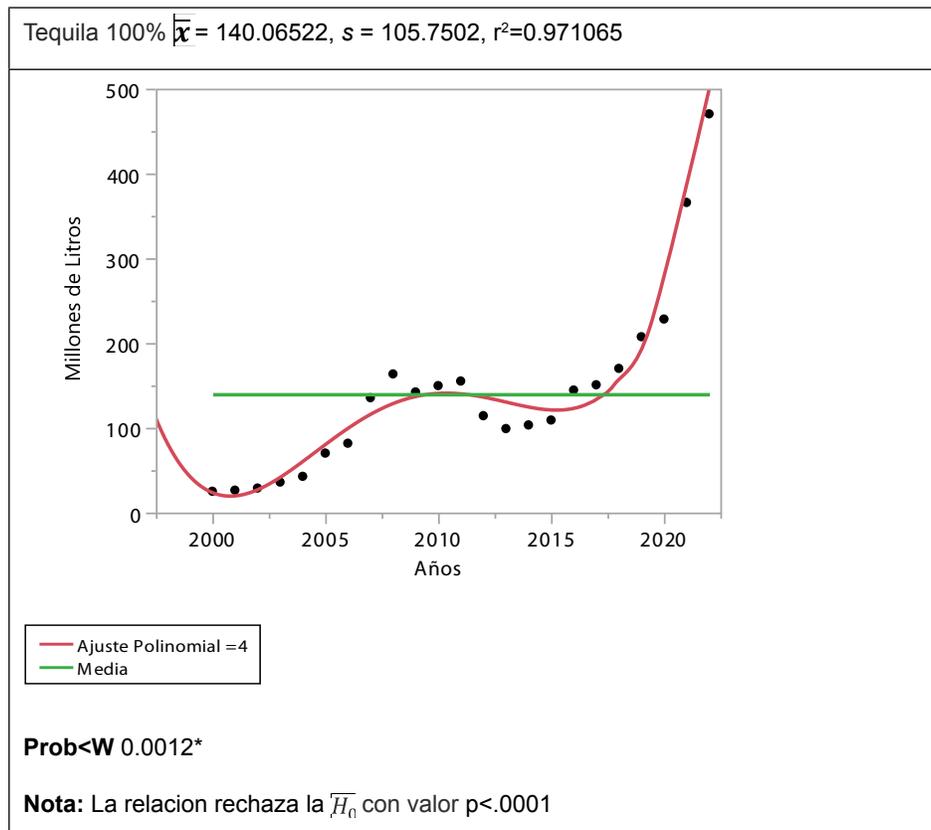
Se puede observar que el consumo de agave para *Tequila* y *Tequila 100%* presentan comportamientos distintos a través del tiempo (Figura 6). El consumo de *Tequila 100%* es el único que presenta una relación significativa con el tiempo, teniendo un valor mayor de r^2 cuando su modelo se ajusta a una polinomial de grado 4 (Figura 7), lo que permite observar sus estadios en los distintos momentos. De igual manera, segundo factor que se considera en el escenario dos es el volumen de producción, que de igual manera en el caso de *Tequila* no presenta una relación significativa con el tiempo, mientras que *Tequila 100%* sí, presenta una relación significativa con un mayor r^2 cuando su modelo se ajusta a una polinomial de grado 4 (Figura 8).

Figura 7. Consumo de Agave para Tequila 100% (2000 – 2023)



Esto hace evidente que los M1, M2 y M3, al igual que en el E1, se manifiestan para los gráficos de consumo y producción de *Tequila 100%*, pero no para *Tequila*. El ciclo tiene los mismos tres primeros momentos que el ciclo de sobreoferta escasez, pero no tienen las mismas características, por lo que se nombrará ciclo respuesta, tiene una duración de 2000 a 2015, al ser provocado por el E1 (Se anexa esquema del E2). El M1 en el E2, es más largo, dura de 2000 a 2006 y se observa un aumento de 25.5 millones de litros a 81 millones de litros; en el M2 se observa una estabilidad que dura de 2007 a 2011 que promedia 152.75 millones de litros, que indicaría que ese es el límite de producción de las tequileras. El M3 en el E2 se observa menor que en el E1, lo que significó una reducción en la producción de *Tequila 100%* del 36.21% y solo duró de 2012 a 2015. No se muestra el M4 en el E2.

Figura 8. Producción de Tequila 100% (2000–2023)



Romo (2013), señala que la producción disminuyó en el 2013 un 24% y en el mismo año, se registró que los inventarios superaron la producción y de igual forma una reducción en la producción del 24% (El economista, 2013). Ambas fuentes atribuyen a la competencia desleal y al estancamiento en el consumo nacional como los factores causantes de la disminución; también se podría añadir la disminución de la superficie sembrada como se señaló en el E1. Sin embargo, no se presenta más información sobre estos aspectos.

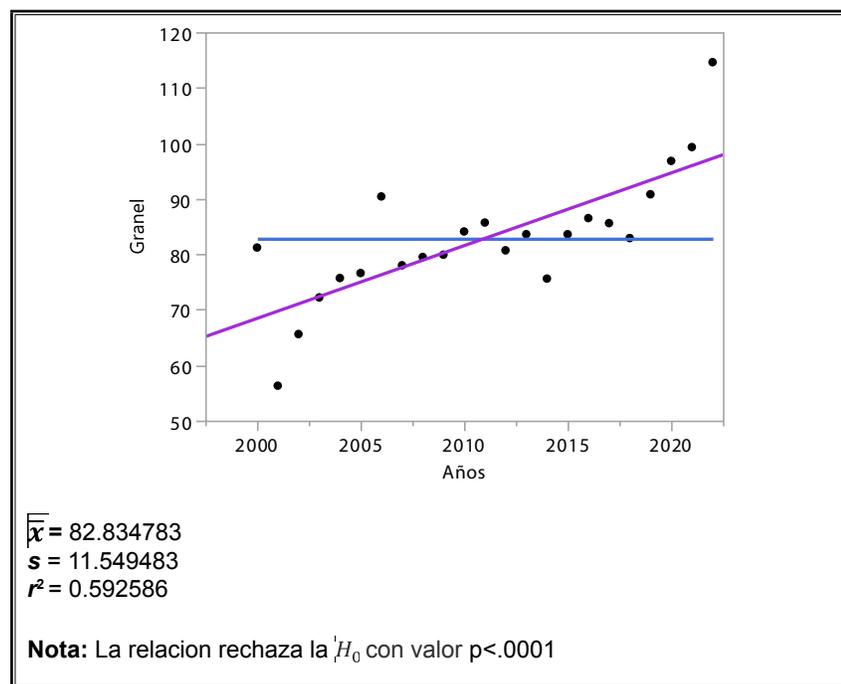
Escenario 3 (E3) Envase fuera de la DOT

Litros exportados

En este escenario existen al primer semestre del 2023, 527 marcas de *Tequila* y *Tequila 100%* por parte de 42 empresas envasadoras fuera de la zona que establece la DOT. Son 30 países involucrados, de los cuales el mayor envasador fuera de la DOT es Estados Unidos de América (E.U.A) con 179 marcas; seguido de España con 118 marcas.

La unidad de medición de las exportaciones para envasar es denominada a granel por el CRT, y se expresan en millones de litros. No existe dentro del CRT un historial de los países que se han comprado y dejado de comprar, ni de las empresas involucradas que nos permita analizarlo a través del tiempo. Sin embargo, el volumen de litros exportados muestra una relación significativa con el tiempo, también presenta una correlación positiva, con $r^2 = 0.592586$ (el ajuste con mayor r^2). El ajuste no evidencia afectaciones por el ciclo agrícola en su línea de tendencia (Figura 9) que afecta el E1 y E2. Sin embargo, nos permite observar su acelerado crecimiento en los últimos tres años.

Figura 9. Litros exportados de Tequila y Tequila 100% para envasar (2000–2022)



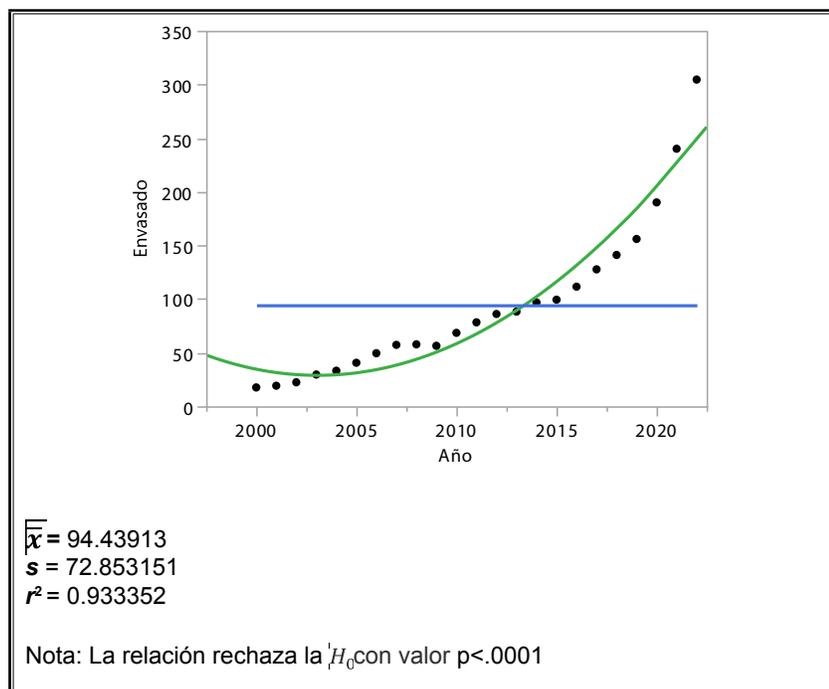
Escenario 4 (E4) Distribución

Litros exportados, Países importadores, Consumo Nacional

La industria del tequila ha logrado establecer cadenas de distribución internacionales, en un creciente número de países consumidores; en el año 2000 existían 69 países importadores, que para el año 2022 ya sumaban 103. Estos se vinculan con el E3, ya que fue en el año 2012 cuando las exportaciones de *Tequila* y *Tequila 100%* envasado superaron a las exportaciones de litros por envasar.

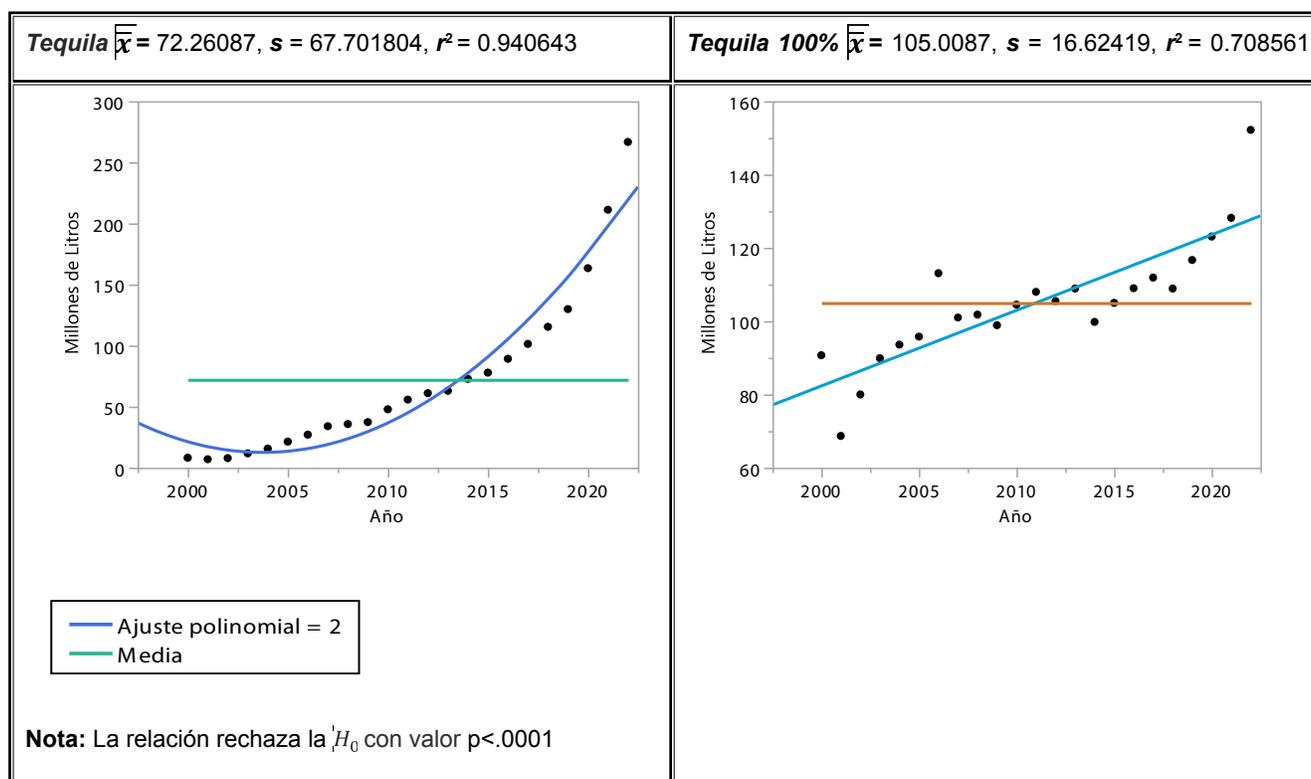
Cárdenas (2021) reporta que existía un reclamo a la industria por la cantidad de *Tequila* y *Tequila 100%* que se envasaba en el extranjero, ya que se corría el riesgo de que este pudiera ser adulterado o modificado y desde el año 2012 su crecimiento ha sido significativo. Los datos de los litros exportados muestran una relación significativa con el tiempo y un mayor r^2 bajo un ajuste polinomial de grado 2, donde la línea de tendencia (Figura 10) nos evidencia que no existen afectaciones por el ciclo agrícola que incide en los E1 y E2.

Figura 10. Litros exportados envasado (2000–2022)



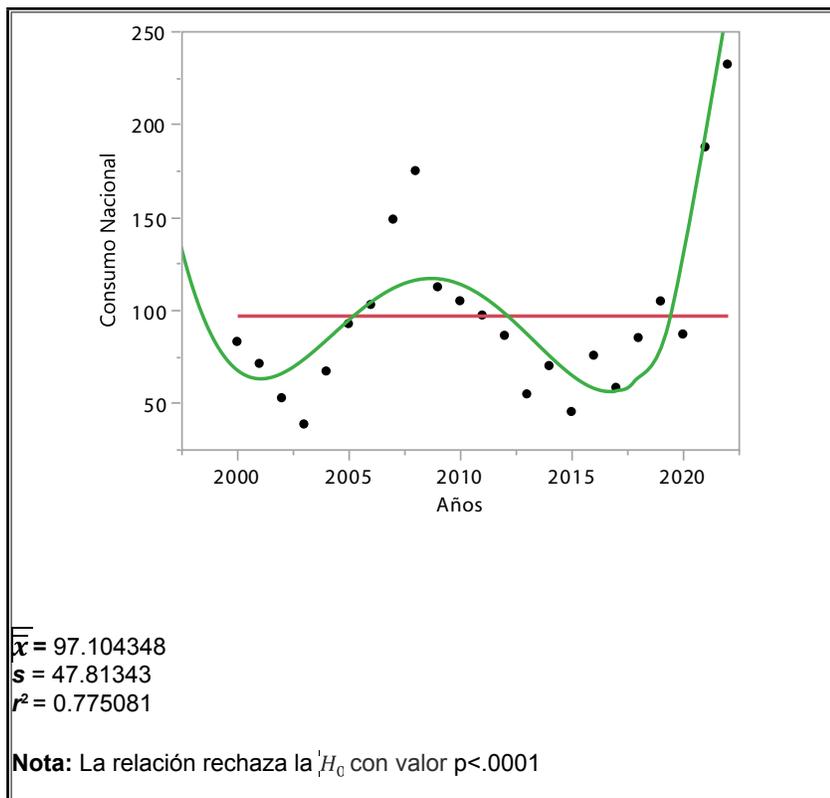
Dentro del E4 se puede hacer una separación entre las dos categorías *Tequila* y *Tequila 100%*, para conocer el desarrollo y las preferencias de cada una en el mercado internacional. Los datos del volumen de exportación del *Tequila* y *Tequila 100%* presentan una relación significativa con el tiempo, únicamente *Tequila* muestra un mayor r^2 cuando se ajusta bajo una polinomial de grado 2, mientras que *Tequila 100%* presenta un mayor r^2 bajo una regresión lineal simple, que evidencia al aumento exponencial de las exportaciones de *Tequila* en los últimos años. En ambas líneas de tendencia (Figura 11) se observa una nula afectación por el ciclo que afecta los E1 y E2. Continúa siendo mayor la exportación de *Tequila* que la de *Tequila 100%*; sin embargo, en E.U.A. en este año 2023, hasta el 30 de junio, se han comercializado 118,979,793.39 litros de *Tequila 100%* y solo 45,878,006.56 litros de *Tequila*, por lo que se puede observar que las dinámicas de preferencias varían dependiendo de cada uno de los países importadores.

Figura 11. Exportación de Tequila y Tequila 100% (2000–2023)



El consumo nacional se cuantificará a partir de la producción total en el E2 y se le restará la exportación del *Tequila* y *Tequila 100 %*; ello no significa que es una producción que en su totalidad se consume en México, si no que puede quedar almacenada o en proceso de añejamiento. Los datos de consumo presentan una relación significativa con el tiempo, y presentan un mayor r^2 bajo un ajuste polinomial de grado 4. En su línea de tendencia (Figura 12) nos muestra una similitud con las afectaciones del E1, por lo que podría ser, que en los momentos de escasez se prefiere atender la demanda del mercado internacional que del nacional.

Figura 12. Consumo Nacional (2000–2022)

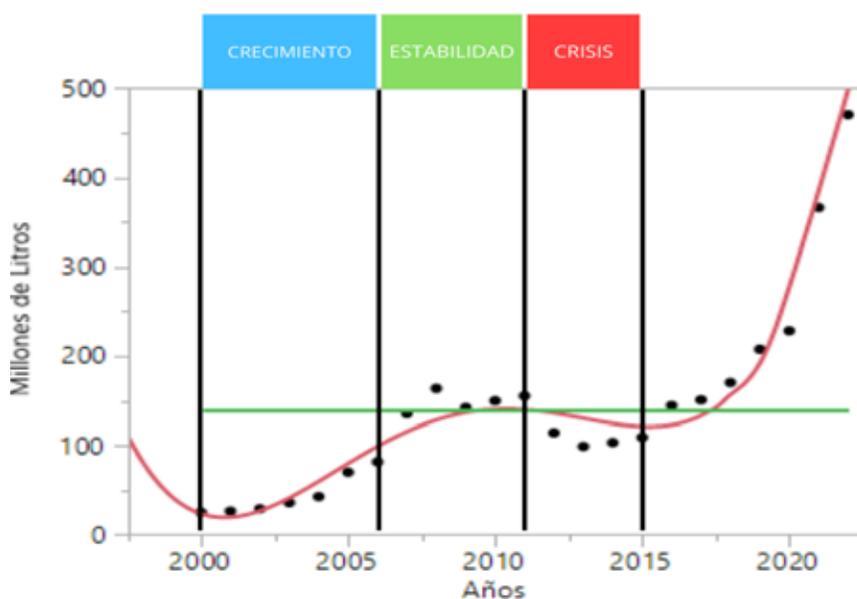


CONCLUSIONES

Existen dos ciclos en la agroindustria, uno es provocado por una sobreoferta de agave que rebasa el límite de producción de las tequileras seguido de un momento de escasez, exclusivo del E1, donde se observan cuatro momentos, incluyendo el momento 4: Desconfianza. El segundo ciclo es exclusivo para el E2 (Figura 13) denominado ciclo respuesta, ya que es provocado por el ciclo de sobreoferta escasez del E1, donde se observan los mismos tres momentos, solo que estos presentan diferentes características. Existe un aumento en el rendimiento en los momentos de escasez por parte de las tequileras.

Las afectaciones para la agroindustria provocadas por estos ciclos son mayores en el E1, disminuyen en el E2, mientras que los E3 y E4 no se ven afectados por el ciclo, ni presentan un ciclo que pudiera analizarse, únicamente, estos escenarios de la agroindustria han mostrado un crecimiento constante. Siendo entonces, que, dentro de la agroindustria, los productores agrícolas son los que sufren mayores afectaciones por este ciclo de sobreoferta y escasez. A pesar de la disminución en la producción las empresas comercializadoras de tequila que sobreviven gracias a la demanda internacional creciente durante los ciclos.

Figura 13. Esquema del ciclo respuesta (2000–2015)



AGRADECIMIENTOS

Agradezco a los ingenieros Joaquín Cristóbal Guevara Rodríguez y José Miguel López Romero por su apoyo en la interpretación y caracterización de la agroindustria.

BIBLIOGRAFÍA

- Basulto C. A., Medina O. y Monárrez R., (2015). *El desarrollo de la cadena productiva de la industria del tequila: agentes, regulación e internacionalización*. En: Neri G. J. C., Ibarra C. M. E., Martínez R. M. A., Rosa H. M. A. (Primera Edición) *Prácticas exitosas en la implementación de políticas de innovación y competitividad local: "Redes de conocimiento y cooperación empresa-gobierno-universidades-centros de investigación"*. (pp. 23-54) Editorial Plaza y Valdés.
- CRT (2019a) *Notas cronológicas sobre la historia de la denominación de origen del tequila*, CRT. (Consultado: Julio/2023) <https://www.crt.org.mx/index.php/es/pages-3/cronologia>
- CRT (2019b) *Protección del Tequila a nivel internacional*, CRT. (Consultado: Julio/2023) <https://www.crt.org.mx/index.php/es/pages-3/proteccion-del-tequila-a-nivel-internacional>
- Diccionario del Español de México (DEM)* <http://dem.colmex.mx>, El Colegio de México, A.C., (Consultado: julio/2023).
- DOF (4 de enero de 1973a) Decreto por el que se reforma y adiciona la Ley de la Propiedad Industrial. *Secretaría de Industria y Comercio*. (Consultado: Julio/2023) https://www.dof.gob.mx/nota_to_imagen_fs.php?codnota=4596604&fecha=04/01/1973&cod_diario=197304
- DOF (23 de septiembre de 1976) Aviso que contiene el extracto de la solicitud de ampliación presentada por la empresa tequilera La Gonzaleña S.A. a fin de que la declaración general de protección a la denominación de origen del tequila publicada el 9 de diciembre de 1974, se extienda a los Municipios de Aldama, Altamira y otros del sur del Estado de Tamaulipas. *Secretaría de Industria y Comercio*. https://www.dof.gob.mx/nota_to_imagen_fs.php?codnota=4596604&fecha=04/01/1973&cod_diario=197304, (Consultado: Julio/2023).
- DOF (10 de mayo de 1973b) Aviso que contiene el extracto de la solicitud de la declaración general de protección a la denominación de origen del Tequila *Secretaría de Industria y Comercio*. https://www.dof.gob.mx/nota_to_imagen_fs.php?codnota=4614227&fecha=10/05/1973&cod_diario=198256, (Consultado: Julio/2023).

- DOF (13 de octubre de 1977) Declaración General de Protección a la Denominación de origen "Tequila". *Secretaría de Industria y Comercio*. https://www.dof.gob.mx/nota_to_imagen_fs.php?codnota=4650531&fecha=13/10/1977&cod_diario=200188, (Consultado: Julio/2023).
- Echeverría M. (7 de abril de 2023). José Cuervo: Cómo la tequilera más antigua del mundo logró sortear la pandemia. *Expansión*. <https://expansion.mx/empresas/2023/04/07/historia-tequilera-jose-cuervo>
- Frías F. C. (31 de julio de 2000). Crisis en industria del tequila; campesinos e IP buscan acuerdo. *Jornada*. <https://www.jornada.com.mx/2000/07/31/032n1est.html>
- Palomino G. (2008). *En peligro, la industria tequilera mexicana por utilizar una sola variedad de agave*. Boletín UNAM-DGCS-427. https://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2008_427.html
- Herrera P. L. Valtierra P. E. Ocampo F. I., Tornero C. M. A., Hernández P. J. A. y R. Macías, R. (2018). Esquemas de contratos agrícolas para la producción de *Agave tequilana* Weber en la región de Tequila, Jalisco. *Agricultura, sociedad y desarrollo*, 15(4), pp. 619-637.
- León M. R. D. (2015). Vino de coco y vino mezcal, una historia comercial conjunta en la época colonial. *Letras históricas*, (12), pp. 15-36.
- Montgomery D. C. (2012). *Design and Analysis of Experiments*. (8ª ed) John Wiley & Sons. Inc.
- Nava A., Moreno A., Gerritsen P. y Rosales J. J. (2006). El agave en Tonaya, Jalisco: Tradición vs Globalización. *Carta Económica Regional*, Universidad de Guadalajara, 97, pp. 3 -9.
- Orozco M. J. (2019). Panorámica actual de la industria Tequilera. *Manual Del Técnico Tequilero*, Primera Edición, pp. 7 - 39. https://www.crt.org.mx/images/Documentos/Manual_Tecnico_Tequilero/ManualTecnicoTequilero%20-ImpresionAlta.pdf
- Real L. J. I. (2019). Agave, materia prima del Tequila. *Manual Del Técnico Tequilero*, Primera Edición, pp. 128 - 157 https://www.crt.org.mx/images/Documentos/Manual_Tecnico_Tequilero/ManualTecnicoTequilero%20-ImpresionAlta.pdf
- Renou R. (1999). Les appellations d'origine contrôlée. *AgEcon Search*. <https://doi.org/10.22004/ag.econ.241046>
- Rodríguez G. G. (2007). La denominación de origen del tequila: pugnas de poder y la construcción de la especificidad sociocultural del agave azul. *Nueva antropología*, 20(67), pp.141-171.
- Romo P. (18 de enero de 2011). Sobreoferta desploma los precios del agave. *El Economista*. <https://www.economista.com.mx/empresas/Sobreoferta-desploma-los-precios-del-agave-20110118-0022.html>
- Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON). Disponible en <https://www.gob.mx/siap/videos/siacon-ng> (Consultado: Julio/2023).

- Valenzuela Z. A. G. (1995). The agroindustry of the tequila agave, *Agave tequilana* Weber. *Botanical Sciences*, (57), pp. 15 - 25. <https://doi.org/10.17129/botsci.1473>
- Hernández, N. (08 de Abril de 2023). Precio del agave enfrenta a productores y tequileros. *Grupo Milenio*. <https://www.milenio.com/negocios/precio-del-agave-enfrenta-a-productores-y-tequileros>
- Sabanero A. (28 de Febrero de 2023). Tequila: ¿Cuánto cuesta una piña de agave y por qué están escasas? *Radio Fórmula*. <https://www.radioformula.com.mx/economia/2023/2/28/tequila-cuanto-cuesta-una-pina-de-agave-por-que-estan-escasas-750843.html>
- Cárdenas E. (2021). Innovación en la industria del tequila: historia y tendencias. *Carta Económica Regional*, p. 129, ISSN-E: 2683-2852.
- Téllez M. P., Peraza L. F. A., Feria V. A. y Andrade G. I. (2012). Optimización del proceso de fermentación para la producción de tequila, utilizando la metodología de superficie de respuesta (MSR). *Revista mexicana de ingeniería química*, 11(1), pp. 163-176.
- Romo P. (09 de Agosto de 2013). Disminuye la producción de tequila en Jalisco. *El Economista*. <https://www.eleconomista.com.mx/el-empresario/Disminuye-la-produccion-de-tequila-en-Jalisco-20130809-0103.html>
- Romo P. (14 diciembre de 2017). Aumenta 200% precio de agave. *El Economista*. <https://www.eleconomista.com.mx/estados/Aumenta-200-precio-de-agave-20171214-0026.html>
- El Economista. (09 de agosto de 2013). Disminuye la producción de tequila en Jalisco. *El Economista*. <https://www.eleconomista.com.mx/el-empresario/Disminuye-la-produccion-de-tequila-en-Jalisco-20130809-0103.html>

Conocimientos y percepciones sobre el cocodrilo americano (*Crocodylus acutus*) por pobladores de la Manzanilla del Mar, Costa de Jalisco, México

Ricardo A. Ojeda Adame,¹ Peter R. W. Gerritsen,^{1*} y Luis I. Iñiguez Dávalos¹

Resumen. La investigación sociológica aplicada a la relación humano-cocodrilos es un tema de reciente atención y los efectos sociales del ecoturismo son poco conocidos. La presente investigación analiza el efecto de esta actividad en la percepción y conocimientos sobre la biología, estatus de conservación, riesgos y utilidad de los cocodrilos en pobladores de La Manzanilla del Mar, Jalisco, México. A través de la aplicación de 40 encuestas de auto llenado a pobladores no relacionados con el proyecto turístico de la comunidad, los resultados nos muestran escasos conocimientos sobre la reproducción y las funciones ecológicas del saurio, y en términos generales se considera una especie abundante, sin riesgo en su conservación y de poca peligrosidad. Se le asocia también con el turismo y con la producción de ingresos económicos al poblado. Finalmente se mencionó que la alimentación del reptil se compone de desperdicios de pescado proporcionados por turistas y pobladores. Los resultados muestran que la convivencia de pobladores con el saurio se limita a esta interacción, lo cual condiciona sus conocimientos e influye en su percepción.

Palabras clave: Conocimiento popular; Conservación; *Crocodylus acutus*; Ecoturismo; *Crocodylia*.

Abstract. Sociological research on the relationship human-cocodrile is a research field of recent attention and the social effects of ecotourism are poorly understood. The present research analyzes the effect of this activity on the perception and knowledge of the biology, conservation status, risks, and benefits of crocodiles for the people of La Manzanilla del Mar, in the Coastal zone of Jalisco state, western Mexico. Through the application of 40 self-completion surveys to residents unrela-

¹ Centro Universitario de la Costa Sur, Universidad de Guadalajara, Autlán de Navarro, Jalisco, México.

* Autor de correspondencia. email: peter.gerritsen@academicos.udg.mx

ted to the tourist project in the community, our results show little knowledge about the reproduction and ecological role of the saurian. It is considered as an abundant species and with a limited dangerousness. It is also associated with tourism and with the production of economic income for the community. Finally, it was mentioned that the reptile's diet is composed of fish waste provided by tourists and residents. The results show that the local people's coexistence with the crocodile is limited to this moment, influencing their knowledge and their perception.

Key words. *Traditional knowledge; Conservation; Crocodylus acutus; Ecotourism; Crocodylia.*

INTRODUCCIÓN

La relación de los seres humanos con los cocodrilos se puede rastrear desde la prehistoria (Brochu, 2017). Sin embargo, nuestra actual relación se ve influida por eventos sucedidos principalmente en los años 60 y 70 del Siglo XX, cuando los movimientos ecologistas cobraron fuerza y las crisis ambientales fueron ya innegables (Calixto-Flores, 2012).

Bajo este contexto en 1974 en México, Don Miguel Álvarez del Toro, en su libro "Los Crocodylia de México" (Álvarez del Toro y Sigler, 2001), alertaba del peligro crítico de extinción que corrían estos reptiles, producto de la caza indiscriminada iniciada en los años 1940 y que fue detenida gradualmente por diversos mecanismos legales iniciados en los 1950, incluyendo vedas experimentales (Cupul-Magaña y Escobedo-Galván, 2017), mientras se fundaban granjas destinadas a la restauración de las poblaciones de cocodrilos (Hernández-Hurtado *et al.*, 2006).

De manera gradual, la biología y la ecología de los cocodrilos fueron más conocidas, gracias al inicio de investigaciones formales durante la década de los 80, que aumentaron significativamente en los 90 (García-Grajales y López-Luna, 2010). En esta misma década el estado mexicano creó las Unidades para la Conservación, Manejo y Aprovechamiento Sustentable de la Vida Silvestre (UMA), coadyuvando a la recuperación mundial de las poblaciones de cocodrilos (Thorbjarnarson, 2010). Estas acciones se ven reflejadas en el cambio de estatus de conservación en el 2010 del *Crocodylus moreletii* pasando del apéndice I al II del listado de Comercio Internacional de Flora y Fauna Silvestres (CITES, por sus siglas en inglés), indicando el crecimiento de las poblaciones de esta especie. Además, se formaliza y legaliza el aprovechamiento de la piel, la carne o algún otro subproducto obtenido de este reptil, creándose así un modelo que predomina en el golfo y el caribe mexicano.

No obstante, debido a la ilegalidad de la cacería, algunas comunidades que tenían conocimientos ecológicos tradicionales de esta especie y que habían desarrollado prácticas propias debieron modificar sus estilos de vida, alejándose de los cocodrilos (Zamudio *et al.*, 2004, 2013). A la vez, en sitios donde la cacería de cocodrilos continúa ilegalmente se torna complicado realizar estudios.

En el Pacífico mexicano prosperan los llamados “cocodrilarios”, sitios que aprovechando el interés que genera el *Crocodylus acutus* y la belleza paisajística que suelen tener los lugares donde habitan, crean modelos de aprovechamiento y conservación comunitarios basados en el ecoturismo. Los aspectos socio-culturales de estos sitios han sido poco estudiados (Ojeda-Adame, 2023), debido a que la atención científica de las últimas dos décadas se ha centrado en las relaciones que tienen los pescadores o los ganaderos con los cocodrilos (Balaguera-Reina y González-Maya, 2010; Padilla y Perera-Trejo, 2010; Valdelomar *et al.*, 2012; Peña-Mondragón *et al.*, 2013; Mandujano-Camacho, 2014; Aranda-Coello *et al.*, 2015; García-Grajales y Buenrostro-Silva, 2015; Rodas-Trejo *et al.*, 2018; Aguilar-Olguín *et al.*, 2021). Por ende, existe poca información sobre personas que no interactúan directamente con los cocodrilos, pero que viven en comunidades con actividades de ecoturismo y conservación de cocodrilos, por lo cual sus conocimientos y percepciones podrían tener un impacto en dichos proyectos (Bhatia *et al.*, 2020).

Con base en lo anterior, en este trabajo analizamos las percepciones y conocimientos de los habitantes de la comunidad de La Manzanilla del Mar en el municipio de La Huerta, en la costa del Estado de Jalisco en el Occidente de México, acerca del *Crocodylus acutus*. En esta comunidad existe el cocodrilario “Ejido La Manzanilla” que es un proyecto comunitario de ecoturismo y conservación que lleva más de 25 años de funcionamiento (Peña-Mondragón *et al.*, 2013; Hernández-Hurtado *et al.*, 2022).

MÉTODOS

Área de estudio

El poblado de la Manzanilla del Mar, donde se encuentra localizada la unidad de manejo ambiental (UMA) llamada “El cocodrilario”, es una pequeña comunidad con aproximadamente 805 habitantes mayores de 18 años (INEGI, 2010), localizada en el municipio de la Huerta en la costa del estado de Jalisco, en la bahía de Tenacatita (19°17' Norte, 104°47' Oeste); las principales actividades económicas están relacionadas al turismo y a la construcción (Ojeda-Adame en 2023).

La Manzanilla, como se le conoce comúnmente a este poblado, colinda en el noreste con un ecosistema de manglar de aproximadamente 260 ha (figura 1), donde domina el mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) y mangle rojo (*Rhizophora mangle*), con algunos parches de botoncillo (*Conocarpus erectus*). Esta vegetación da sustento a una gran diversidad de aves, mamíferos y reptiles, incluido el cocodrilo americano (*Crocodylus acutus*), cuya población representa a una de las tres más importantes del estado de Jalisco, pues tiene una tasa de encuentro de 76 individuos por kilómetro (Hernández-Hurtado *et al.*, 2006).

Figura 1. Mapa del sitio La Manzanilla



Dentro de esta laguna se encuentra el cocodrilario que fue creado en 1996 como una estrategia para reactivar la economía de la comunidad tras un tsunami y que hoy es manejado por el ejido La Manzanilla, una organización de propiedad comunitaria de la tierra, que ha conformado este establecimiento con la construcción de un circuito, compuesto por un puente colgante que une una serie de senderos que rodean una sección

de la laguna cercana a la desembocadura al mar. En dicho recorrido se puede observar el ecosistema, además de un área donde se encuentran algunos cocodrilos en cautiverio, instalaciones sanitarias, además de otra zona que en las fechas en que fue realizado el estudio se comenzaba a crear un museo, que exhibe actualmente una colección enfocada a la naturaleza y a la historia de la comunidad.

El acceso a la laguna se encuentra limitado perimetralmente resguardando toda la zona colindante del manglar con la comunidad, restringiendo la entrada a una caseta donde se cobra una cuota a los turistas, pero que permite el paso gratuito a los locales. En esta zona se encuentra una pequeña área donde hay mesas, bancas y un mirador donde cualquier persona puede observar a los cocodrilos y la laguna desde afuera de las instalaciones del cocodrilario.

Finalmente es importante recalcar que cualquier actividad dentro de la laguna que no esté relacionada al funcionamiento del cocodrilario, como son la pesca o la ganadería, están prohibidas desde la fundación de la UMA, por lo cual, el acceso tanto al ojo de agua como al manglar está limitado al personal del cocodrilario, o a visitantes que realizan un recorrido por los senderos o han contratado un paseo en una embarcación.

METODOLOGÍA

En agosto de 2013 se realizaron 40 encuestas de auto-llenado “cara a cara” debido a la facilidad para ser aplicadas a un número elevado de personas, que difícilmente pueden volver a ser encuestados y al mismo tiempo, por la facilidad de resolver dudas surgidas o aclarar conceptos del cuestionario (Russell, 2011. pp. 156-188). La encuesta constó de un total de 14 preguntas, tanto de opción múltiple como abiertas. Estas fueron aplicadas a mexicanos, mayores de edad, residentes del poblado y que declararan no tener relación con el cocodrilario; esta última condición fue verificada además preguntando a los integrantes del ejido.

La encuesta se centró en tres temas principales:

1. Conocimientos básicos sobre la biología del cocodrilo (alimentación y reproducción), preguntando de qué se alimentan los cocodrilos, dando opciones de momentos del año probables para sucesos de la reproducción (p.e. en lluvias, todo el año, o cada dos años), dando datos numéricos probables para el número de huevos ovopositados por los cocodrilos (p.e. entre 26-50, más de 51 huevos), o dando la opción de declarar que no sabían la respuesta.

2. Percepción sobre el estado de conservación del cocodrilo americano, con preguntas de opción múltiple que tenían que ser justificadas o explicadas, cuestionándoles porque habían dicho que los cocodrilos: estaban o no estaban en peligro de extinción, quiénes se encargaban de proteger a estos animales o el número probable (con opciones como “casi no hay”, “hay demasiados” y “podría escribir un número”) de individuos que existían en la comunidad.
3. La percepción sobre la función ecológica o beneficios que aportan los cocodrilos, así como el peligro que representan, haciendo preguntas de opción múltiple que tenían que ser justificadas, se les cuestionaba si conocían ataques de cocodrilos a personas, si ellos habían tenido alguna experiencia, si los cocodrilos cumplían alguna función o eran beneficiosos para la comunidad, así como si creían que era necesario realizar algún tipo de manejo con los cocodrilos.

Dichos temas fueron tratados en la encuesta, debido a que la dieta refleja las funciones ecosistémicas del cocodrilo (Somaweera *et al.*, 2020), mientras la reproducción es fundamental para entender la dinámica poblacional (Aguilar-Olguín *et al.*, 2020) y por ende la conservación. Por otro lado, los ataques o accidentes son de suma relevancia para entender las relaciones de conflicto y el beneficio sobre el cocodrilo podría reflejar el papel del turismo (Ojeda Adame *et al.*, 2023). Los resultados fueron analizados con estadística descriptiva utilizando el programa Excel de Microsoft Office 2013.

RESULTADOS

De las 40 encuestas, 22 fueron respondidas por hombres y 18 por mujeres quienes tenían edades entre los 19 y 63 años. El 25% de los entrevistados son comerciantes, principalmente de tiendas que venden alimentos, bebidas o artículos de playa, así como asociados a restaurantes, un 10% son pescadores de una cooperativa que realizan sus actividades en el mar, mientras que 37,5% tienen diferentes ocupaciones, la mayoría personas dedicadas a la construcción y en menor medida, amas de casa y estudiantes, finalmente el 27,5% restante no especificó a qué se dedica, a continuación se describe los conocimientos y percepciones resultantes (Tabla 1).

Tabla 1. Resultados principales de la encuesta

Concepto	Respuesta principal
Dieta de la especie	82 % mencionó desperdicio de pescado.
Reproducción	62 % No sabían fecha reproducción, 62% describieron incorrectamente el nido, 50% y 57% respectivamente, no saben el número de huevos y la fecha de nacimientos.
Número de cocodrilos	50 % Mencionó la categoría “muchos” y 42% la de “demasiados”, el número promedio mencionado fue 600.
Conservación	60 % Dicen que no se encuentra en peligro de extinción.
Protección de la especie	90 % Dicen que está protegido por el cocodrilario o la SEMARNAT.
Peligrosidad	67 % Mencionan que son peligrosos pero responsabilizan a los humanos de probables incidentes.
Funciones del cocodrilo	70 % No reconocen funciones ecológicas del cocodrilo.
Beneficios	65 % Reconocen su importancia para el turismo.
Manejo necesario	62.5 % Consideran que se debe regular el ingreso del reptil al mar.

En lo que respecta a los conocimientos de los entrevistados sobre la dieta de la especie, el 82,5 % (n=33) indicó que los cocodrilos comen principalmente desperdicio de pescado de la cooperativa pesquera del pueblo, se mencionó que esto se realizaba por “diversión”, “entretenimiento” y para “evitar ataques por hambre del reptil”. Por otro lado, un 7,5 % (n=3) mencionaron que, junto con los desperdicios, los perros forman parte de la dieta, valor similar a quienes mencionaron que estos reptiles se alimentan además de una gran diversidad de especies animales; solo una persona indicó que estos reptiles también comían personas, sin embargo, en la localidad no ha habido ningún reporte de esto.

En relación con la época de apareamiento, el 62,5 % (n=25) de los entrevistados dijeron que no sabían la fecha, mientras que un 30 % (n=12) mencionó que este suceso ocurre todo el año, en época de lluvias o cada dos años; tan solo un 7,5 % (n=13) men-

cionó que la reproducción sucede en la época de estiaje, periodo que concuerda con los registros para esta especie en la región (Hernandez-Hurtado *et al.*, 2006).

Al preguntar sobre la forma del nido, un 62,5% (n=25) dieron una respuesta que no corresponde con la biología de la especie, algunos lo describen como “un hoyo en la tierra, donde se mete el cocodrilo junto con sus huevos”; un 37,5% (n=15) dijeron que no lo sabían. Al preguntar a los entrevistados sobre el número de huevos que coloca el cocodrilo en un nido, un 15% (n=6) mencionó que son más de 60 huevos, respuesta que corresponde a lo reportado por Álvarez del Toro y Sigler (2010), sin embargo, un 35% (n=14) de los encuestados dijeron cifras que no corresponden a lo reportado y un 50% (n=20) contestaron no saber. Finalmente, respecto a la fecha en que nacen los cocodrilos, el 17,5% (n=7) indicó que es durante las lluvias, fechas que coinciden con lo reportado en esta región, mientras un 25% (n=10) mencionaron otras fechas y un 57,5% (n=23) contestaron no saber.

En lo que respecta al número de cocodrilos, el 50% (n=20) mencionó que “había muchos cocodrilos”, mientras un 42,5% (n=17) dijo que “había de más”, solo un 7,5% (n=3) dijo que la población era normal. Cuando se les pidió que especificaran un número de individuos, este osciló entre los 50 y los 800 individuos con un promedio de 600 individuos, similar a los reportado por Hernandez-Hurtado *et al.*, (2022) quienes mencionan 709 individuos. Respecto a la conservación un 60% (n=24) de los encuestados mencionó que esta especie no se encuentra en peligro de extinción, mientras que un 30% (n=12) considera que se encuentra en riesgo y un 10% (n=4) dijeron que no sabían del estatus de conservación; sin embargo, el 90% (n=36) de los encuestados reconocieron que la especie se encuentra bajo algún tipo de protección, reconociendo principalmente al Cocodrilario como “el que se encarga de protegerlos”, aunque también se reconocieron a algunas instituciones gubernamentales, como la SEMARNAT, en su protección.

Sobre la peligrosidad del cocodrilo el 67,5% (n=27) de los encuestados señalaron que los cocodrilos son peligrosos; sin embargo, comentaron que esta cualidad se debe a las provocaciones o imprudencias que cometen las personas, diciendo que “mientras los cocodrilos no sean molestados, no hacen nada”, el 32,5% (n=13) restante no los consideran animales peligrosos; el 47,5% (n=19) de los encuestados conocen un ataque de cocodrilos a una persona y todos coinciden en que el individuo que fue atacado se “metió a luchar borracho con los cocodrilos y perdió”, resultando lastimado sin consecuencias graves, cabe resaltar que dicho accidente, sumado a uno posterior a las entrevistas realizadas por esta investigación parecen ser los únicos sucedidos en esta localidad (Ojeda-Adame en prensa).

Por último, cuando a los encuestados se les preguntó sobre las funciones de los cocodrilos, el 70% (n=28) mencionó que no tenían ninguna, mientras una persona mencionó su rol ecosistémico, diciendo que los cocodrilos: “Se comen las cosas que están mal, como el zopilote, la carroña”, el 25,6% (n=11) restante dijeron que resultaban un atractivo turístico. Esta atribución turística fue notada por el 60% (n=24) de los encuestados cuando se les preguntaba por los beneficios o problemas que se generaba el cocodrilo; mientras el 40% (n=16) restante mencionó que las incursiones al mar del cocodrilo podrían causar un accidente y ahuyentar al turismo. Este problema es considerado a su vez por el 62,5% (n=25) de los encuestados, como algo que debe ser controlado.

DISCUSIÓN

Los resultados indican que la relación de pobladores cuyas actividades económicas no dependen directamente de los cocodrilos, se limitan a los espacios de convivencia entre ellos y el reptil, siendo de particular importancia el sitio donde turistas y locales alimentan con desperdicio de pescado al saurio. Esta acción no es promovida, por el cocodrilario, pero se realiza de forma cotidiana en una sección de la barda perimetral, en la zona de la entrada a dicho establecimiento. Allí se pueden observar grandes cocodrilos que acuden a este sitio en búsqueda del alimento.

Lo anterior explica porque todos los encuestados dijeron que el cocodrilo comía desperdicio de pescado, a diferencia de lo reportado por otras investigaciones donde se entrevistó a pescadores o prestadores de servicios turísticos, que describían una dieta compuesta por peces, aves, mamíferos e invertebrados (Aranda-Coello *et al.*, 2015; Balaguera-Reina y González-Maya, 2010; Mandujano-Camacho, 2014; Rodas-Trejo *et al.*, 2018), similar a lo descrito por la bibliografía científica (Álvarez del Toro y Sigler, 2001; Cupul-Magaña *et al.*, 2008; Platt *et al.*, 2013; Ojeda-Adame, 2016) y a la dieta de los cocodrilos de La Manzanilla que se encuentran alejados del sitio donde se les alimenta con desperdicios (Ojeda-Adame, 2016). Que son difíciles de observar por la población encuestada. Esta falta de conocimiento ha intentado solucionarse en el cocodrilario colocándose letreros en esta zona con información sobre la dieta de los cocodrilos, como se constató *in situ*.

Teniendo en cuenta la interacción antes mencionada, se puede entender por qué los conocimientos sobre la reproducción de los cocodrilos fueron limitados, pues si bien, en esta zona de convivencia es posible observar el ritual de cortejo e inclusive el apareamiento (Obs.per del primer autor), las zonas de anidación y por lo tanto los lu-

gares donde se pudiera observar a los neonatos, se encuentran mayormente en parajes alejados del poblado o en zonas restringidas a los dueños de predios o al personal del cocodrilario, quienes suelen recolectar los huevos, incubarlos, para criar a los neonatos y después de un año, liberarlos; estas actividades no fueron reconocidas por ninguno de los encuestados.

No obstante, en otras comunidades donde el contacto entre la gente con los nidos de los cocodrilos pudiera ser más común, los pobladores también tienen escaso conocimiento de la reproducción (Balaguera-Reina y González-Maya, 2010; Valdelomar *et al.*, 2012; Aguilar-Olguín *et al.*, 2021), lo cual pueda deberse a la forma poco evidente de los nidos de esta especie (Álvarez del Toro y Sigler, 2001). Actualmente, el museo del cocodrilario posee una sección donde se explica la reproducción de este reptil, exhibiéndose réplicas de nidos, huevos y neonatos, además, se ha realizado y difundido en la comunidad material gráfico donde se explican las actividades de conservación realizadas por el cocodrilario relacionadas a la reproducción del cocodrilo, por lo cual los conocimientos y percepción de la población podría haberse modificado.

Es importante señalar que los pescadores entrevistados no presentaron conocimientos mayores que el resto de las personas participantes, lo cual difiere de otros sitios donde los pescadores y prestadores turísticos suelen tener un alto conocimiento de la biología de los cocodrilos, conociendo certeramente aspectos reproductivos o de la alimentación del saurio (Mandujano-Camacho *et al.*, 2014; Aguilar-Olguín *et al.*, 2021). En el sitio de estudio, previo a la fundación del cocodrilario la pesca se realizaba cotidianamente en el estero de La Manzanilla, siendo prohibida posteriormente y quedando limitada al mar (Ojeda-Adame en 2023), por lo cual podrían quedar conocimientos remanentes que no fueron detectados. No obstante, la escases de conocimientos en este grupo se puede explicar debido a que como dicen algunos pobladores “antes no había tantos cocodrilos” por lo cual, cuando la actividad era realizada, quizá no se convivía tan frecuentemente con estos saurios.

En lo que respecta al número de cocodrilos, los pobladores consideran que existen “muchos” e inclusive se menciona una “sobrepoblación”, lo primero coincide con la bibliografía que menciona que en dicho sitio existe una alta densidad de cocodrilos (Hernández-Hurtado *et al.*, 2006; Hernandez-Hurtado *et al.*, 2022), no obstante, también es importante señalar que los reptiles se concentran en la misma zona donde se les alimenta, pudiéndose observar hasta 30 individuos de gran tamaño, algunos alcanzando más de cuatro metros de longitud (Obs. pers), la observación de esta concentración de grandes individuos por los pobladores de La Manzanilla pudiera explicar la percepción de “exceso” de cocodrilo, sin embargo, esta percepción ha sido reportada también en

sitios donde la densidad de cocodrilos es mucho menor a la de nuestro sitio de estudio (Mauger *et al.*, 2012; Valdelomar *et al.*, 2012). Esto sugiere que esta percepción de sobrepoblación puede no estar relacionada directamente al número de individuos de una población.

Esta percepción determina que los pobladores no consideren que cocodrilos puedan estar en algún riesgo de conservación, a pesar de que cuando se realizó este estudio la especie se encontraba a nivel mundial en estado vulnerable (Ponce-Campos *et al.*, 2012) y bajo el apéndice I del CITES (que indica el estatus de mayor riesgo de conservación). Evidenciando que los encuestados tienen una visión local y no una nacional o global sobre este tema. Actualmente, la población del cocodrilo americano en La Manzanilla se mantiene con una densidad elevada debido a los 20 años de trabajos de conservación del cocodrilo (Hernández-Hurtado *et al.*, 2022), además en 2019 en México se modificó el status de CITES pasando de apéndice I al II (indicando que no está en riesgo de conservación pero su comercio es controlado), reflejo de un mejor estado de conservación de esta especie, por lo cual la percepción de las personas encuestadas coincidiría hoy con el contexto no solo local, sino también el nacional.

A pesar de considerar que no se encuentra en riesgo de extinción, los entrevistados reconocen a la especie como protegida, mencionándose al cocodrilario y al Estado mexicano como responsables de su conservación y protección, situación similar a lo ocurrido en Caño Negro, Costa Rica donde se reconoce al Ministerio del ambiente como protector del cocodrilo (Aranda-Coello *et al.*, 2016). Siendo la justificación de porque se conservan los cocodrilos desconocida para los pobladores, reconociéndose tan solo que hay instituciones encargadas de protegerla, incluyendo al estado mexicano.

En lo que respecta a la peligrosidad, los pobladores son conscientes del peligro que representa un incidente con un cocodrilo; sin embargo, también mencionan que mientras se tomen precauciones, como no molestarlos o “meterse con ellos”, pueden ser evitados, por lo cual se responsabiliza a las personas atacadas y no al reptil. Cupul-Magaña *et al.*, (2010) mencionan que las personas atacadas por cocodrilos en Jalisco son aquellas que realizan alguna actividad dentro del agua, lo cual en este poblado está limitado al personal del cocodrilario, por lo cual las posibilidades de un ataque o accidente son limitadas. Sin embargo, el mar sigue representando un espacio donde los cocodrilos y los pobladores, así como los turistas, pueden interactuar de forma directa, razón por la cual este espacio es percibido como un sitio de riesgo; por ello, los pobladores piden medidas de manejo para reducir las incursiones de estos saurios al mar, a pesar de que esto representa un comportamiento natural en estos reptiles (Álvarez del Toro y Sigler 2001).

Por otro lado, la práctica de alimentar a los cocodrilos es mencionado por diversos científicos como algo riesgoso y que pudiera producir accidentes (Pooley *et al.*, 2021), pero la percepción de los pobladores es contraria a esto, pues lo visualizan como una forma de “que los cocodrilos no ataquen por hambre”, una forma de visualizar esta acción que se mantiene en la actualidad (Ojeda-Adame en 2023). Es importante señalar que el accidente reportado por los pobladores no tiene relación con esta actividad y que actualmente, tan solo se ha reportado otro incidente que tampoco estuvo relacionado con esta práctica, sino más bien con comportamientos imprudentes (Ojeda-Adame, 2023), cualidad que es reconocida también por los científicos como promotora de accidentes (Pooley *et al.*, 2021). Es necesario que futuras investigación analicen estas situaciones de acuerdo con contextos sociales específicos.

Respecto a las funciones ecosistémicas del cocodrilo en la comunidad, los entrevistados no mencionaron ninguna de las atribuidas en la bibliografía científica, como son la de especie clave, indicador ecosistémico, ingeniero ecosistémico o la de depredador tope (Somaweera *et al.*, 2020). No obstante, señalaron su importancia como atracción turística, lo cual es evidente también cuando se observa cómo bares, restaurantes, hoteles y tiendas tienen nombres, pinturas o esculturas asociadas a estos reptiles, además, actualmente se ha construido un malecón que en el centro del poblado de La Manzanilla que presenta una escultura de un cocodrilo, además, en la entrada al poblado se exhibe una estatua de gran tamaño de este reptil, así como un señalamiento que indica que en dicha comunidad hay un cocodrilario. Esta percepción de beneficio económico concuerda con lo reportado para diversos poblados de México, en donde ven al reptil como una atracción turística (Mandujano-Camacho, 2014; García-Grajales y Buenrostro-Silva, 2015), incluso en sitios donde no se practica el ecoturismo de forma sistemática (Padilla y Perera-Trejo, 2010; García-Grajales y Buenrostro-Silva. 2015; Aguilar-Olguín *et al.*, 2021).

CONCLUSIONES

Para finalizar, de lo anterior queda claro que el conocimiento sobre la biología del cocodrilo por parte de la comunidad de La Manzanilla es escaso. Por su lado, dicho poblado percibe al cocodrilo como algo positivo por su impacto económico a través del turismo y aunque se visualiza una sobre población del reptil, los impactos negativos del mismo son poco relevantes. Tanto los conocimientos como la percepción de los entrevistados estuvieron influidos por el espacio de convivencia generado por la alimentación artificial del cocodrilo por parte de los lugareños y de los turistas.

Esto evidencia la importancia de los espacios de convivencia entre los pobladores y el cocodrilo, pues influyen en las percepciones y conocimientos, aspectos que son de gran relevancia para la conservación de estas especies. Identificar dichos espacios y analizarlos proveerá de información valiosa a los programas de manejo y conservación, ayudando a desarrollar estrategias basadas en el contexto social de cada comunidad, que optimicen el impacto ambiental y social de dichos proyectos de conservación.

Los programas de ecoturismo tienen un impacto positivo en la conservación de las especies, pues crean espacios de convivencia fácilmente identificables que pueden producir un impacto positivo en incrementar los conocimientos de los pobladores o en mejorar la percepción hacia el cocodrilo. Sin embargo, identificar, analizar y evaluar el rol de dichos espacios es esencial para mejorar u optimizar su impacto social y con ello favorecer la conservación del reptil y la viabilidad social del proyecto.

AGRADECIMIENTOS

Los autores de esta investigación agradecemos al ejido La Manzanilla, por las facilidades otorgadas, en especial a Primitivo González presidente ejidal al momento del trabajo de campo y a José Martínez, hoy responsable técnico del cocodrilario. A Gerardo Nabor Ojeda Adame por la elaboración del mapa y finalmente agradecemos a todas las personas que nos permitieron realizarles la encuesta.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar Olguin S., Rivera Rodríguez M. C., Hernández Hurtado H., Ramírez Martínez M. M., 2021. Conocimiento local sobre *Crocodylus acutus* (Reptilia: Crocodyli- dae) en la zona costera de Colima, México. *Caldasia* 43(1): 117-125. doi:<https://doi.org/10.15446/caldasia.v43n1.80787>
- Aguilar Olguin S., Rivera Rodríguez, M., Hernández Hurtado, H., González Trujillo, R., Ramírez Martínez, M. 2020. Effect of vegetation and abiotic factors on the abundance and population structure of *Crocodylus acutus* (Cuvier, 1806) in coastal lagoons of Colima, Mexico. *Amphibian & Reptile Conservation*, 14(1): 174–182.
- Álvarez del Toro M., Sigler L., 2001. *Los Crocodylia de México*. 1era edición. México: IMERNAR. PROFEPA.
- Aranda Coello J. M., Arévalo Hueso E., Burbano D., Coello H., Cortéz J., Díaz N., Guerra L., Guevara C., Gutiérrez D., Ioli G., Jiménez R., Lobos L., Narváez V., Rico-Urones A., 2015. Opinión de pescadores sobre el *Caiman crocodilus* (Crocodylia: Alligatori- dae) del Refugio de Vida Silvestre Caño Negro, Costa Rica. *Cuad. Inv. UNED*. 7(2): 143-149. doi: <https://doi.org/10.22458/urj.v7i2.1138>
- Balaguera Reina S. A., González Maya J. F., 2010. Percepciones, conocimientos y relaciones entre los Crocodylia y poblaciones humanas en la Vía Parque Isla de Salamanca y su zona de amortiguamiento, Caribe colombiano. *Rev. Lat. Cons.* 1(1): 53-63.
- Bhatia S., Redpath S. M., Suryawanshi K., Mishra C., 2020. Beyond conflict: Exploring the spectrum of human-wildlife interactions and their underlying mechanisms. *Oryx*. 54(4): 621-628. doi: <https://doi.org/10.1017/S003060531800159X>
- Brochu C. A., 2017. Pliocene crocodile from Kanapoi, Turkana Basin. *J. Hum Evol.* doi: <https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2017.10.003>
- Calixto Flores R., 2012. Investigación en educación ambiental. *Rev. Mex. Inv. Edu.* 17(55): 1019-1033.
- Cupul Magaña F. G., Escobedo Galvan A. H., 2017. Comentarios sobre la veda total permanente de los cocodrilos en México. *Ciencia y Mar*. 21(62): 87-61
- Cupul Magaña F. G., Rubio Delgado A., Molano Rendón F., Reyes Juárez A., 2008. Contenido estomacal de neonatos de *Crocodylus acutus* (Cuvier, 1807) en Boca Negra, Jalisco. *Bolet. Soc. Herp. Mex.* 16: 41-45.
- Cupul Magaña F. G., Rubio Delgado A., Reyes Núñez C., Torres Campos E., Solís Pece- ro L. A., 2010. Ataques de cocodrilo de río (*Crocodylus acutus*) en Puerto Vallarta, Jalisco, México: presentación de cinco casos. *Cuad. Med. Forense*. 16(3): 153-160. doi:<https://doi.org/10.4321/s1135-76062010000200003>

- García Grajales J., López Luna M. A., 2010. Análisis bibliográfico del conocimiento de los cocodrilianos en México. *Rev. Lat. Cons.* 1(2): 25-31.
- García Grajales J., Silva A. B., 2015. Nota científica: Apreciación local acerca del cocodrilo americano (*Crocodylus acutus*) en comunidades rurales del Parque Nacional Lagunas de Chacahua (Oaxaca, México). *Etnobiol.* 13(1): 73-80.
- Hernández Hurtado H., García de Quevedo Machain R., Hernández Hurtado P. S., 2006. Los Cocodrilos de la costa Pacífico occidental (Michoacán, Colima y Jalisco) de México. En: Jiménez Quiroz MC, Espino Barr E, editores. *Los recursos pesqueros y acuícolas de Jalisco, Colima y Michoacán*. México, D.F.: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). p. 375–389.
- Hernández Hurtado H., Hernández Hurtado P. S., Martínez Rodríguez J., González Mendoza P., Robles D., Aguilar Olguín S., Cárdenas I., 2022. The crocodile's population of La Manzanilla, Jalisco, México. En: *Crocodiles. Proceedings of the 26th Working Meeting of the IUCN-SSC Crocodile Specialist Group*. IUCN: Gland, Switzerland.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)., 2010. Censo poblacional 2010.
- Mandujano Camacho HM., 2014. Cultura y actitud hacia el cocodrilo (*Crocodylus acutus*) por usufructuarios del río Grijalva en Chiapas, México. *Quehacer Cient. Chiap.* 9: 10-23.
- Mauger, L. A., Velez E., Cherkiss M. S., Brien M. L, Boston M., Mazzotti F. J., Spotila J. R., 2012. Population assessment of the American crocodile, *Crocodylus acutus* (Crocodylia: Crocodylidae) on the Pacific coast of Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 60(4): 1889-1901. doi:<https://doi.org/10.15517/rbt.v60i4.2188>
- Ojeda Adame, R. A., Chávez Dagostino, R. M., Gerritsen, P. R. W., Aguilar Olguín, S., Íñiguez Dávalos, L. I. 2023. Estado del arte sobre la relación conflictiva del humano con el cocodrilo. *Revista Teoría y praxis*, 31: 30–39. doi:<https://doi.org/10.22403/uqroomx/typ31/04>
- Ojeda Adame R. A. 2023. La relación socio-ecológica de comunidades del Pacífico occidental y las poblaciones silvestres de *Crocodylus acutus*. Tesis de Doctorado, Centro Universitario de la Costa Sur, Universidad de Guadalajara.
- Ojeda Adame R. A., 2016. La dieta de *Crocodylus acutus* en el estero La Manzanilla, Jalisco, y un nuevo índice para evaluar condición corporal. Tesis de Maestría, Centro Universitario de la Costa Sur, Universidad de Guadalajara.
- Padilla S., Perera Trejo E., 2010. Anotaciones sobre la percepción del cocodrilo de pantano por las comunidades mayas aledañas a la Reserva de la Biósfera Los Petenes. *Rev. Lat. Cons.* 1: 83-90.

- Peña Mondragón J. L, García A., Rivera J. H. V., Castillo A., 2013. Interacciones y percepciones sociales con cocodrilo de río (*Crocodylus acutus*) en la costa sur de Jalisco, México. *Rev. Biod. Neo.* 3(1): 37-41. doi: <https://doi.org/10.18636/bioneotropical.v3i1.94>
- Platt S. G., Thorbjarnarson J. B., Rainwater T. R., Martin D. R., 2013. Diet of the American crocodile (*Crocodylus acutus*) in marine environments of coastal Belize. *J. Herpetol.* 47(1): 1-10. doi:<https://doi.org/10.1670/12-077>
- Ponce Campos P., Thorbjarnarson J., Velasco A., 2012. *Crocodylus acutus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2012. Disponible en: <https://www.iucnredlist.org/species/5659/3043244>, consultado el 14/02/2023.
- Pooley S., Siroski P. A, Fernandez L., Sideleau B., Ponce-Campos P., 2021. Human crocodylian interactions in Latin America and the Caribbean region. *Conserv. sci. pract.* 3(5): 1-3. doi:<https://doi.org/10.1111/csp2.351>
- Rodas Trejo J., Ocampo González P., Hernández Nava J., Mandujano Camacho H., Coutiño Hernández P. R., Orantes Zebadua M. A., 2018. Percepción, conocimiento popular y aprovechamiento hacia el cocodrilo de pantano (*Crocodylus moreletii* duméril & bibron) por pobladores del Área de Protección de Flora y Fauna Laguna de Términos, Campeche, México. *AGROProductividad.* 11(6): 45-51.
- Russell, B. H. (2011). *Research methods in Anthropology Qualitative and Quantitative Approaches* (5ta ed.). AltaMira Press. Lanham EEUU. pp. 156-188.
- Somaweera, R., Nifong, J., Rosenblatt, A., Brien, M. L., Combrink, X., Elsey, R. M., Grigg, G., Magnusson, W. E., Mazzotti, F. J., Percy, A., Platt, S. G., Shirley, M. H., Tellez, M., van der Ploeg, J., Webb, G., Whitaker, R., Webber, B. L. 2020. The ecological importance of crocodylians: towards evidence-based justification for their conservation. *Biological Reviews*, 95(4): 936–959. doi:<https://doi.org/10.1111/brv.12594>
- Thorbjarnarson J. B., 2010. American crocodile *Crocodylus acutus*. *Crocodyles. Status survey and conservation action plan.* Third edition. Darwin: UICN.
- Valdelomar V., Ramírez Vargas M. A., Quesada Acuña S. G, Arrieta C., Carranza I., Ruiz Morales G., Espinoza Bolaños S., Mena Villalobos J. M., Brizuela C., Miranda Fonseca L., Matarrita Herrera M., González Venega J., Calderón Sancho E., Araya J. F., Sauma Rossi A., Sandoval Hernández I., 2012. Percepción y conocimiento popular sobre el cocodrilo *Crocodylus acutus* (Reptilia: Crocodylidae) en zonas aledañas al río Tempisque, Guanacaste, Costa Rica. *UNED Res. J.* 4(2): 191-202. doi: <https://doi.org/10.22458/urj.v4i2.8>

- Zamudio F., Bello E. E., Estrada L. E. I. J., 2004. Cacería y conocimiento ecológico maya del cocodrilo del pantano (*Crocodylus moreletii* Bibron & Dumeril, 1951) en Quintana Roo, México. Memoria VI Congreso Internacional sobre Manejo de Fauna Silvestre en la Amazonia y Latinoamérica.
- Zamudio F., Bello Baltazar E., Estrada Lugo E. I., 2013. Learning to hunt Crocodiles: social organization in the process of knowledge generation and the emergence of management practices among Mayan of Mexico. *J. Ethnobiol. Ethnomed.* 9(1): 1-13. doi:<https://doi.org/10.1186/1746-4269-9-35>.

Enfermedades virales en caprinos

Jazmín De la Luz Armendáriz^{1*} y José Francisco Rivera Benítez²

Resumen. En México existen alrededor de 9 millones de cabras y a pesar de que su producción y demanda de sus productos en aumento, existen situaciones que limitan su crecimiento, como la falta de bienestar animal. Uno de los ejes centrales del bienestar es la sanidad animal, la cual se debe fortalecer evitando el ingreso de agentes bacterianos, parasitarios y virales a las unidades de producción. Los virus más frecuentes en las cabras en México son ectima contagiosa, lentivirus de pequeños rumiantes, virus respiratorio sincitial, virus parainfluenza tipo 3 y el herpesvirus caprino tipo 1. El impacto de las infecciones virales en las unidades de producción se ve reflejado en el decremento de la producción láctea y cárnica, lo que trae consigo un impacto negativo sobre la economía de los productores, además, es importante destacar que, ectima contagioso es zoonótico. Identificar a los agentes virales por medio de pruebas de diagnóstico serológico y molecular es fundamental para conocer los agentes que circulan de manera natural en la unidad de producción y establecer medidas preventivas y de control.

Palabras Clave: Caprinos; Enfermedades; Virus; México.

Abstract. In Mexico there are around 9 million goats, and despite the fact that their production and demand for their products is increasing, there situations that limit their growth, such as the lack of animal welfare. One of the central axes of welfare is animal health, which we must streng-

¹ Departamento de Medicina y Zootecnia de Rumiantes, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM.

² Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Salud Animal e Inocuidad, INIFAP.

* Autor de correspondencia. e-mail: delaluzarmendarizj@fmvz.unam.mx

then by preventing the entry of bacterial, parasitic and viral agents into the production units. The most frequent viruses in Mexico are contagious ecthyma, small ruminant lentivirus, respiratory syncytial virus, parainfluenza type 3 virus and caprine herpesvirus type 1. The impact of viral infections in production units is reflected by the decrease in production dairy and meat, which brings with it a negative impact in the economy of the producers, in addition, it is important to note that contagious ecthyma is zoonotic. Identifying viral agents through serological and molecular diagnostic tests is essential to know the agents that circulate naturally in the production unit and establish preventive and control measures.

Key words: Goats; Diseases; Viruses; México.

INTRODUCCIÓN

La *capra hircus hircus*, conocida como cabra, fue domesticada hace más de 12 millones de años. Las primeras evidencias de esta especie y su relación con el ser humano fueron encontradas en los montes Zagros, montañas ubicadas entre Irán e Irak. Desde entonces la cabra era considerada como una especie estrechamente relacionada al hombre que mostraba un gran potencial para la obtención de diversos beneficios (Amilis, *et al.* 2017). Esta especie llegó a México como parte de la conquista española y tuvo una excelente adaptación al medio ambiente observando una mayor eficiencia en su producción, razón por la que los pobladores mexicanos decidieron adoptarla como una especie productiva para obtener de ella leche, carne y abrigo (Garza, *et al.* 2021). Actualmente en México existen alrededor de 9 millones de cabras producidas en aproximadamente 500 000 unidades de producción (SIAP-SAGARPA, 2022). Las unidades de producción más distribuidas en México son las de tipo extensivo a libre pastoreo, en donde se produce principalmente carne para autoconsumo. En adición, existen dos tipos de unidades cuyo principal objetivo de producción es la leche fluida y en algunos casos la elaboración de productos y subproductos elaborados a partir de ésta, que generalmente son unidades de producción semi-intensiva e intensivas (Alejandre, *et al.* 2016). Los Estados con mayor número de cabras en México son Puebla, Oaxaca y Zacatecas, en producción de carne se encuentran Zacatecas, San Luis Potosí y Puebla; en cuanto a producción de leche son Guanajuato, Coahuila y Durango (SIAP-SAGARPA, 2022). A pesar de que la producción caprina y la demanda de sus productos tiende a aumentar, existen situaciones adversas que perjudican su crecimiento, como la falta de bienestar animal en las unidades de producción, por lo que es sumamente importante que, para favorecer a la especie los esfuerzos se

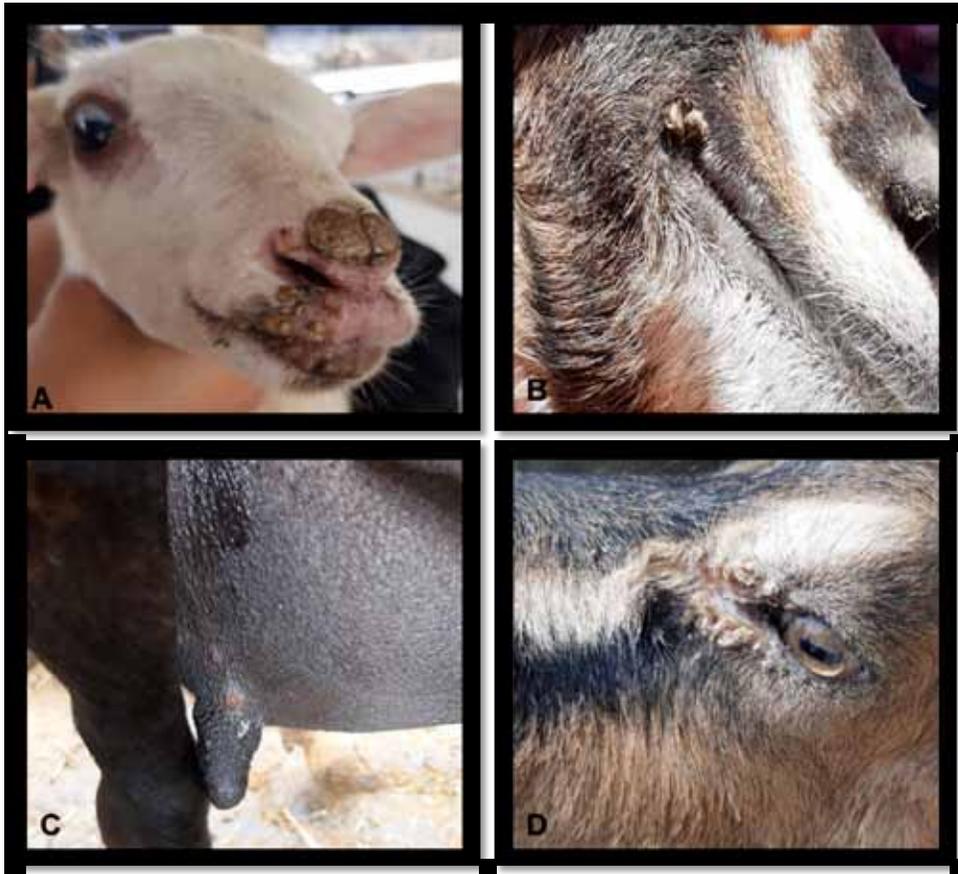
dirijan a procurar y favorecer la sanidad animal evitando el ingreso y egreso de agentes infecciosos que afecten la salud y producción de las cabras. Por esta razón es de suma importancia conocer los agentes virales presentes y que causan mermas productivas y económicas en México, para establecer programas y medidas que incrementen la bioseguridad en las unidades de producción y así evitar estragos productivos y económicos para los productores.

Principales enfermedades virales en caprinos

Ectima contagioso

El ectima contagioso es una enfermedad ocasionada por un virus de la familia *poxviridae* del género *parapoxvirus* que tiene tropismo hacia rumiantes domésticos y salvajes. Se ha descrito que se presenta con una distribución mundial y la característica de mayor importancia es que es una enfermedad zoonótica (Hosamani, *et al.*, 2004). Las lesiones que produce este virus son pustulares que migran a lesión costrosa localizadas principalmente en zonas desprovistas de pelo como en las comisuras de la boca, mucosa del morro, párpados, pezones, vulva, prepucio y con baja frecuencia, se han evidenciado lesiones a nivel sistémico en tracto respiratorio y digestivo. El ectima contagioso tiene morbilidad del 100% y mortalidad entre el 5-10% (Rao, *et al.*, 2000). Algunos autores mencionan que el virus presenta especial tropismo hacia cabritos asociado a que ellos no han creado anticuerpos específicos en contra del virus, ya que se ha demostrado que la inmunidad generada por el virus dura hasta 5 años en animales adultos, siempre y cuando no haya ingreso de una nueva cepa (Chen, *et al.*, 2010). Así mismo, ectima contagioso es un agente que presenta alta resitencia al medio ambiente y se ha demostrado que las partículas virales pueden permanecer activas en costras, instalaciones, fomites y materiales hasta por 5 años. La transmisión se da principalmente por el contacto directo entre animales o con instalaciones contaminadas (Babiuk, *et al.*, 2008). En México se ha reportado la presencia de cabras infectadas con el virus con prevalencia alta y actualmente existen pruebas de diagnóstico molecular como la amplificación de diferentes fragmentos del genoma por medio de la prueba de reacción en cadena de la polimerasa en punto final para su identificación (Gallardo, *et al.*, 2000). Como principal forma de control se recomienda separar a los animales de nuevo ingreso a la unidad de producción, separar a los animales con lesiones presuntivas a la infección y la implementación de medidas de bioseguridad a la entrada, salida y dentro de la unidad de producción, para evitar el ingreso y egreso del virus. En la Figura 1 se observan los signos clínicos más frecuentes en cabras de México.

Figura 1. Lesiones causadas por ectima contagioso en cabras de México



- A) Lesión en el morro de una cabra
- B) Lesión costrosa en la comisura de los labios de una cabra
- C) Medio izquierdo de la glándula mamaria con lesión cutánea
- D) Lesión en el lagrimal de una cabra

Fotos tomadas por Collazo Domínguez Viridiana, 2022.

Lentivirus de pequeños rumiantes

Los lentivirus de pequeños rumiantes son virus distribuidos mundialmente que infectan a cabras y borregos. Estos virus causan una infección multisistémica, crónica, degenerativa e incurable. El agente etiológico es un virus que pertenece a la familia *Retroviridae*,

subfamilia *Orthoretrovirinae*, género *Lentivirus* (Kuhn, *et al.*, 2019). Este virus presentan tropismo por células mononucleares de sangre periférica y migran a los órganos en donde los monocitos maduran a macrófagos. Los principales órganos afectados son pulmón, encéfalo y articulaciones (Miguijón, *et al.*, 2015). Los signos clínicos que se observan con mayor frecuencia en cabritos se encuentran asociados a tracto respiratorio y son descarga nasal serosa, tos, estornudos y descarga ocular. En adultos se observa principalmente artritis y mastitis de tipo indurativa, signo que trae consigo un impacto negativo para la producción láctea, con decrementos de hasta el 50%. Se ha descrito que la principal forma de transmisión del virus es por la ingestión de calostro y leche de hembras positivas, contacto directo con aerosoles, instalaciones, alimento y agua contaminada con el virus (Blacklaws, *et al.*, 2004). En México se han descrito prevalencias de 25 a 100% en cabras con el virus causando estragos productivos y económicos para los caprinocultores (De la Luz, *et al.*, 2021). El diagnóstico serológico se realiza a partir de muestras de suero obtenidas por veno-punción yugular y conservado en congelación (-20 °C), las pruebas empleadas provienen de paquetes comerciales de ensayo inmunoenzimático de tipo competitivo e indirecto. Las pruebas de diagnóstico molecular asociado a las características de replicación viral, son las más recomendadas, para identificar el ARN del virus, empleando la prueba de reacción en cadena de la polimerasa (PCR) con retro transcripción en punto final y tiempo real. Para identificar el virus en su forma de provirus se utiliza la prueba de reacción en PCR en punto final y tiempo real. Las muestras empleadas para este tipo de diagnóstico son células mononucleares de sangre periférica, hisopados nasales, muestras de órganos y leche de cabras infectadas (De Andrés, *et al.*, 2005). Asociado a la forma de transmisión, la principal medida de prevención en México ha sido el proceso térmico del calostro a 56 °C durante 30 minutos y en el caso de la leche se realiza la pasteurización a 72 °C durante 15 segundos. Sin embargo, es importante destacar que dentro de la prevención y control de este virus se debe trabajar en el establecimiento de bioseguridad en las unidades de producción caprina del país. Los principales signos clínicos como artritis y mastitis se muestran en la Figura 2.

Figura 2. Principales lesiones de Lentivirus de pequeños rumiantes en cabras adultas



A) Muestra artritis unilateral izquierda y B) mastitis indurativa unilateral

Virus respiratorio sincitial

El virus respiratorio sincitial forma parte del complejo respiratorio caprino, presenta distribución mundial, tiene tropismo por rumiantes silvestres, rumiantes domésticos, felinos, caninos y humanos. Sin embargo, es importante destacar que no es una enfermedad zoonótica (Borchers, *et al.*, 2013). Este virus pertenece al orden de los Mononegavirales, familia *Paramyxoviridae*, subfamilia *Pneumovirinae* y género *Pneumovirus* (Kuhn, *et al.*, 2019). Al inicio de la infección, el virus presenta tropismo hacia tracto respiratorio superior y al aumentar la replicación viral su tropismo se dirige hacia Neumocitos tipo II y macrófagos alveolares. Con base en este tropismo celular, los signos en los cabritos infectados de manera aguda son descarga nasal y ocular seroso, estornudo y tos. Al avanzar la infección viral se ha observado que los signos clínicos son más acentuados principalmente identificando bronquitis y neumonía (Pugh, *et al.* 2012). En México se han descrito prevalencias que van desde el 5 al 70% y se ha confirmado que las cabras que se encuentran en unidades de producción de tipo intensivo son las que presentan mayores prevalencias. Las pruebas de diagnóstico serológico que se emplean son la prueba de ensayo inmunoenzimático de tipo indirecto y la seroneutralización, para las cuales se requiere como muestra el suero obtenido a partir de sangre periférica. El diagnóstico molecular se basa principalmente en la identificación del genoma viral por medio de la prueba de PCR con retro transcripción en punto final y tiempo real, siendo el hisopado

nasal la muestra de elección, la cual debe ser conservada en congelación (-20°C) hasta su procesamiento (De la Luz, *et al.*, 2021). Es de suma importancia destacar que para inactivar la replicación del virus respiratorio sincitial no existe tratamiento, así que la administración de medicamentos debe ser enfocada a tratar los signos clínicos identificados y en caso de proliferación bacteriana, se recomienda el empleo de antibióticos. En la Figura 3 se muestra secreción serosa en una cabra positiva al virus.

Figura 3. Cabra adulta con descarga nasal serosa asociada a la infección por virus respiratorio sincitial



Virus parainfluenza tipo 3

El virus parainfluenza tipo 3 es de distribución mundial, presenta tropismo por una gran cantidad de especies incluyendo rumiantes domésticos (Henrickson, *et al.*, 2003). Este virus pertenece al orden *Mononegavirales*, familia *Paramyxoviridae*, subfamilia *Paramyxovirinae* y género *Respirovirus*, especie Parainfluenza bovina tipo 3 (Kuhn, *et al.* 2019). Se transmite principalmente por contacto directo entre cabras y el contacto con aerosoles. Presenta tropismo hacia células del tracto respiratorio alto causando en cabras rinitis, faringitis, rinorrea, tos, descarga nasal serosa y en algunos casos fiebre (Pugh, *et al.*, 2012). En México se han reportado prevalencia de cabras infectadas del 70% en unidades de producción de tipo intensivo causando mermas económicas a la producción. Las prue-

bas de diagnóstico serológico que se emplean para la identificación de anticuerpos específicos es el ensayo inmunoenzimático y la prueba inhibición de la hemoaglutinación a partir de la muestra de suero obtenida por veno-punción yugular. Como parte del diagnóstico molecular se emplea la prueba de PCR con retrotranscripción en punto final y tiempo real para amplificar un fragmento del genoma viral. La muestra de elección para este tipo de diagnóstico es el hisopado nasal u órganos de tracto respiratorio alto conservados a -20°C (De la Luz, *et al.*, 2021). Las medidas de prevención y control están totalmente enfocadas a la implementación de programas de medicina preventiva y el establecimiento de medidas de bioseguridad en las unidades de producción. Los principales signos y lesiones asociados a la infección por el virus de parainfluenza tipo 3 en cabras se muestran en la Figura 4.

Figura 4. Lesiones identificadas en cabras infectadas con el virus de parainfluenza tipo 3



Foto tomada de Wenliang, Li *et al.*, 2014.

Herpesvirus caprino tipo 1

Los herpesvirus es una familia viral que infecta a mamíferos acuáticos y terrestres incluyendo a la cabra, este ha sido clasificado como Herpes caprino tipo 1 (Suavet, *et al.*, 2016). Como

su nombre lo indica, este virus pertenece a la familia *Herpesviridae*, subfamilia *Alphaherpesvirinae*, género *Varicellovirus* (Kuhn, *et al.* 2019) En cabras se han observado signos respiratorios como tos, descarga nasal, estornudos y fiebre, además de signos reproductivos como lesiones cutáneas en vulva, prepucio, inflamación testicular y abortos (Pugh, *et al.* 2012). En México, se ha descrito la presencia de lesiones y se ha trabajado con seroprevalencias en diferentes Estados (García-Hernández, *et al.*, 2019). Las pruebas de diagnóstico para detectar anticuerpos específicos en contra del virus son los ensayos inunoenzimáticos y la seroneutralización a través de muestras de suero conservadas en congelación (-20°C). La prueba de PCR en punto final se realiza para amplificar un fragmento del genoma viral como parte del diagnóstico molecular, siendo el hisopado nasal y vaginal las muestras de elección para este tipo de pruebas. Las estrategias de control y prevención para evitar que las cabras se infecten están basadas en la implementación de medidas de bioseguridad y manejo de programas de medicina preventiva en las unidades de producción. En la Figura 5 se muestran los signos clínicos observados en cabras infectadas con herpesvirus caprino tipo 1.

Figura 5 . Lesiones causadas por la infección de herpesvirus caprino tipo 1 en animales adultos



A y B muestran lesiones causadas por el virus en tracto respiratorio.
C y D muestran lesiones en machos y hembras en diferentes días post infección.

Fotos A y B fueron tomadas de Zhu, *et al.*, 2018.

Foto C y D de Candanosa, *et al.*, 2011.

CONCLUSIÓN

Los virus que infectan caprino se encuentran ampliamente diseminados en las unidades de producción en México causando mermas económicas y productivas que afectan negativamente la economía de los productores. Actualmente, se cuenta con pruebas de diagnóstico serológico y molecular cuyo objetivo es conocer el estatus sanitario en las cabras y encaminar las medidas de prevención y control específicas para los agentes identificados. La principal forma de control que se recomienda para el control de ingreso y egreso de agentes virales es el establecimiento riguroso de limpieza diaria de corrales e instalaciones y de manera general establecer medidas de bioseguridad adaptadas a tecnologías alternativas propias para cada productor y sus necesidades. Con respecto al tratamiento, en la actualidad no existe tratamiento específico para detener la replicación viral, lo que nos lleva a trabajar con tratamientos que disminuyan signos clínicos asociados a la infección viral presente en las unidades de producción caprina. En conclusión, nuestro papel como médicos veterinarios zootecnistas, investigadores y académicos es encaminar nuestros esfuerzos en capacitar a los productores para sensibilizarlos acerca de la importancia de la bioseguridad y el diagnóstico de las enfermedades virales en México.

BIBLIOGRAFÍA

- Alejandre O. M., et al., 2016. "Los recursos caprinos de México". *Biodiversidad caprina iberoamericana*, 95.
- Amills M., et al., 2017. "Goat domestication and breeding: a jigsaw of historical, biological and molecular data with missing pieces" *Animal genetics*, 48(6), 631-644.
- Babiuk S., et al., 2008. "Capripoxviruses: an emerging worldwide threat to sheep, goats and cattle." *Transboundary and emerging diseases*, 55(7), 263-272.
- Blacklaws B., et al., 2004. "Transmission of small ruminant lentiviruses". *Veterinary Microbiology*, 101(3), 199-208.
- Borchers A., et al., 2013. "Respiratory syncytial virus a comprehensive review." *Clinical reviews in allergy & immunology*, 45(3), 331-379.
- Candanosa I. et al., 2011. "Pustular vulvovaginitis and balanoposthitis suggestive of caprine herpesvirus-1 infection in goats (Querétaro, Mexico)." *Veterinaria México*, 42(3), 233-243.
- Chen W., et al., 2010. "A goat poxvirus-vectored peste-des-petits-ruminants vaccine induces long-lasting neutralization antibody to high levels in goats and sheep". *Vaccine*, 28(30), 4742-4750.
- De Andres D., et al., 2005. "Diagnostic tests for small ruminant lentiviruses." *Veterinary microbiology*, 107(1-2), 49-62.
- De la Luz A. J., et al., 2021. "Virus con tropismo respiratorio que afectan a cabras. *Cabras, pastoreña de la Mixteca y criolla de Chihuahua*." Primera edición ISBN electrónico 978-607-9061-97-5.
- De la Luz A. J., et al., 2021. "Prevalence, molecular detection, and pathological characterization of small ruminant lentiviruses in goats from Mexico." *Small Ruminant Research*, 202, 106474.
- Gallardo, S., et al., 2000. "Caracterización antigénica de cepas del virus del ectima contagioso (orf), sus interacciones y sus relaciones con parapoxvirus bovinos de México." *Veterinaria México*, 31(1), 33.
- García H. M., et al., 2019. "Serological evidence of caprine herpesvirus type 1 infection in goats in Mexico." *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 10(2), 506-510.
- Garza P., et al., 2021. "El ganado caprino en las crónicas novohispanas y en los documentos coloniales de México." Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca, México.
- Henrickson K., et al., 2003. "Parainfluenza viruses." *Clinical Microbiology Rreviews*, 16(2), 242-264.

- Hosamani M., et al., 2004. "Differentiation of sheep pox and goat poxviruses by sequence analysis and PCR-RFLP of P32 gene." *Virus Genes*, 29(1), 73-80.
- Kuhn J., et al., 2019. "ICTV virus taxonomy profile: Filoviridae." *The Journal of General Virology*, 100(6), 911.
- Li W., et al., 2014. "A novel parainfluenza virus type 3 (PIV3) identified from goat herds with respiratory diseases in eastern China." *Veterinary Microbiology*, 174(1-2), 100-106.
- Minguijón E., et al., 2015. "Small ruminant lentivirus infections and diseases." *Veterinary Microbiology*, 181(1-2), 75-89.
- Pugh D. G., et al., 2012. *Sheep & Goat Medicine*. Elsevier Health Sciences.
- Rao T., et al., 2000. "A comprehensive review of goat pox and sheep pox and their diagnosis." *Animal Health Research Reviews*, 1(2), 127-136.
- SIAP-SAGARPA, 2022. "Producción ganadera en México." Consultado en <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-pecuaria>, 2022.
- Suavet F., et al., 2016. "First description of infection of caprine herpesvirus 1 (CpHV-1) in goats in mainland France." *Pathogens*, 5(1), 17.
- Zhu H., et al., 2018. "Caprine herpesvirus 2-associated malignant catarrhal fever of captive sika deer (*Cervus nippon*) in an intensive management system." *BMC Veterinary Research*, 14(1), 1-6.

Agentes microbianos presentes en cloacas de tortugas patas rojas (*Geochelone carbonaria*) en un herpetario del estado de Yucatán

José Manuel Mukul Yerves,^{1*} José Alberto Rosado Aguilar,¹
Ana María Rejón Magaña,¹ Edwin José Gutiérrez Ruiz,¹
Alfredo Luna Casas² y Lucas Miguel Zavala Escalante²

Resumen. Los reptiles son altamente demandados como mascotas y se adquieren en el mercado legal e ilegal, un riesgo que representan son las zoonosis hacia las personas que los poseen, en general son reservorios naturales de salmonella, pseudomona y otros agentes, no se realizan monitoreos de las bacterianas en estos animales que transitan de país a país, el objetivo de esta investigación fue identificar agentes microbianos presentes en las cloacas de tortugas *Geochelone carbonaria* en un criadero del estado de Yucatán, México. Se colectaron muestras cloacales de 80 tortugas (30 reproductores, 30 de maternidad y 15 en crecimiento). Se aplicaron técnicas de aislamiento en cultivo puro en medios Agar Sangre y XLT4, pruebas bioquímicas urea, rojo de metilo, SIM (Indol, H₂S y motilidad), citrato de Simmons, LIA (descarboxilación de la lisina) y TSI (Triple azúcar de hierro), así como de pruebas complementarias tales como oxidasa, catalasa y coagulasa para el cultivo e identificación de los agentes microbianos. Se encontraron los géneros de *Enterobacter* (16.25%), *Klebsiella* (3.75%), *Proteus* (10%), *Pseudomona* (6.25%), *Salmonella* (26.25%), *Serratia* (2.5%), *Shigella* (10%) y *E. coli* (25%). *Salmonella* fue el agente más frecuente, seguido de *E. coli* y *Enterobacter*. *Proteus*, *Pseudomona* y *Serratia* no se encontraron en los reproductores pero si en maternidad y crianza, *Shigella* solo se encontró en reproductores. En conclusión, es importante conocer la microflora presente en estos animales, principalmente cuando el objetivo es la venta, sobre todo por el riesgo zoonótico que representan a la población humana.

Palabras clave: Cultivo microbiano; Tortuga morrocoy; Zoonosis.

¹ Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Yucatán.

² Criadero de reptiles Rancho Cacalchen.

* Autor de correspondencia. e.mail: jose.mukul@correo.uady.mx.

Abstract. Reptiles are highly demanded as pets and are acquired in the legal and illegal market, a risk they represent are zoonoses towards the people who own them, in general they are natural reservoirs of salmonella, pseudomonas and other agents, there is no monitoring of the bacteria in these animals that transit between countries, the objective of this research was to identify microbial agents present in *Geochelone carbonaria* tortoises cloacas in a herpetarian in Yucatán, Mexico. Cloacal samples were collected from 80 tortoises (30 breeding, 30 maternity and 15 growing). Isolation techniques were applied in pure culture in Blood Agar and XLT4 media, urea biochemical tests, methyl red, SIM (Indole, H₂S and motility), Simmons citrate, LIA (lysine decarboxylation) and TSI (Triple iron sugar), as well as complementary tests such as oxidase, catalase and coagulase for the cultivation and identification of microbial agents. Were found the genera of *Enterobacter* (16.25%), *Klebsiella* (3.75%), *Proteus* (10%), *Pseudomona* (6.25%), *Salmonella* (26.25%), *Serratia* (2.5%), *Shigella* (10%) and *E. coli* (25%). *Salmonella* was the most frequent agent, followed by *E. coli* and *Enterobacter*, *Proteus*, *Pseudomona* and *Serratia* were not found in broodstock but in maternity and growth, *Shigella* was only found in broodstock. Benites et al., (2013) mention that *E. coli* is the most frequent and *Salmonella* was found less in South America, the other agents are reported to be present in this turtle, except *Pseudomona*. In conclusion, its important to know the microflora present in these reptiles, especially when the objective is to sell them, especially due to the zoonotic risk that they represent to the human population.

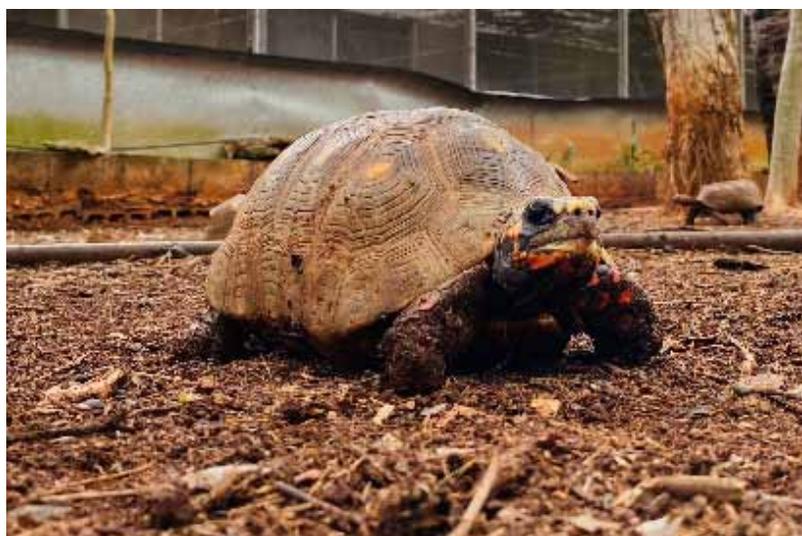
Key words: Microbial culture; Morrocoy tortoise; Zoonosis.

INTRODUCCIÓN

La adquisición de ejemplares silvestres como animales de compañía se reporta desde épocas precolombinas, actualmente es más frecuente (Mojica, *et al.*, 2012) por lo general el origen de estos animales proviene del tráfico ilegal de ejemplares sustraídos directamente de su hábitat natural (Hernández y Boade, 2008) o de criaderos debidamente registrados según las normas vigentes del país de origen (CITES, 2022). La familia de los reptiles, conformado por serpientes, saurios, cocodrilos y tortugas acuáticas y terrestres son las especies que presentan una alta demanda en países de Europa y Norteamérica principalmente, los testudines o tortugas terrestres entre los cuales podemos encontrar a la especie *G. carbonaria* (Figura 1) que por lo general está altamente cotizada en el mercado internacional (Turtle Conservation Fund, 2002), el tráfico de esta especie entre los países de origen y los países que los demandan toma relevancia por el riesgo zoonótico con las personas que tiene contacto directo con estos animales, principalmente cuando no existe un control

sobre los agentes microbianos asociados a los animales que funcionan como reservorios naturales para diferentes bacterias o microorganismos (Ruíz, *et al.*, 2010). Agentes como la *Salmonella* y *E. coli* son los causantes de problemas digestivos en los seres humanos y se han reportado junto con otros microorganismos en diferentes especies de reptiles de vida libre como criados en cautiverio (Penagos *et al.*, 2018; Benites, *et al.*, 2013). Por lo tanto, el objetivo del presente estudio es identificar los principales agentes microbianos asociados a *G. carbonaria* en diferentes etapas de producción en un sistema intensivo de reptiles del estado de Yucatán.

Figura 1. Ejemplar adulto de tortuga patas rojas (*G. carbonaria*) en un sistema productivo intensivo del estado de Yucatán



MATERIALES Y MÉTODOS

Se estudiaron tres grupos de tortugas patas rojas mantenidas en cautiverio (reproducción, maternidad y crecimiento) en un criadero intensivo de reptiles del estado de Yucatán “Rancho Cacalchén” con clave de registro INE/CITES/DGVS-CR-IN-0654-YUC./00 ante la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), ubicado en el municipio de Maxcanú en las coordenadas N20.609490, W90.023734, el tipo de clima de la zona es cálido sub húmedo con lluvias en verano y algunas lluvias en temporada inver-

nal Orellana *et al.*, (2010), este herpetario tiene como objetivo del sistema productivo la venta de ejemplares como animales de compañía.

Se colectaron muestras cloacales con un hisopo estéril de 30 ejemplares adultos de un lote de animales en etapa de reproducción, 30 del area de maternidad o menores a los 45 días de eclosionados y 20 del área de crecimiento o crianza (Figura 2), todos los animales fueron muestreados completamente al azar dentro de los lotes mencionados. Cada muestra fue etiquetada con los datos del lote correspondiente y un número correlativo asignado durante la colecta. Los ejemplares adultos se ubican en corrales con temperatura ambiente y piso de tierra, la alimentación de este grupo se realiza con forraje de temporada o rastrojos de vegetales rallados y servidos para consumo *ad libitum*, el grupo de animales del área de maternidad estan confinados en cajas de manera con piso de malla de criba y bajo techo de concreto, la alimentación de este grupo se realiza dos veces al día con calabazas ralladas y ofrecidas para consumo *ad libitum*, por último el lote de crecimiento se encientran en corraletas con piso de concreto y una fosa lineal con agua a 1.5 cm de profundidad, la alimentación es igual al lote de maternidad.

El manejo de sanitario de los ejemplares fue el mismo, durante el periodo de muestreo no se realizó ningún tratamiento farmacológico con los grupos muestreados, la alimentación consistió en forraje de temporada y calabazas picadas.

Las muestras de heces fueron recolectadas con hisopos que se colocaron en un tubo vial con el caldo de enriquecimiento Infusión Cerebro Corazón (BHI). Una vez ingresadas al laboratorio, las muestras, se sembraron en Agar Sangre, Agar Mac Conkey y Agar Base por la técnica de aislamiento en cultivo puro y se incubaron por 24 horas a 37°C. Posteriormente, se realizó la descripción y selección de las colonias bacterianas que se encontraban más homogéneas en cada medio de cultivo. Se les realizó frotis y tinción de gram a las más representativas. En caso de que no se observara crecimiento a las primeras 24 horas, las muestras se incubaron hasta por 96 horas a 37°C. Posterior a la selección de colonias y observación del frotis, las bacterias fueron clasificadas en gram positivas y negativas. Según esta característica se procedió a la inoculación en las pruebas de bioquímicas, la batería de pruebas consistió en urea, rojo de metilo, SIM, citrato de Simmons, LIA y TSI, así como de pruebas complementarias tales como oxidasa, catalasa y coagulasa. La lectura de las bioquímicas se realizó 24 horas después de ser inoculadas e incubadas por 37°C. En base a la interpretación de las pruebas bioquímicas, se estableció la correcta identificación de las especies bacterianas (Ruíz, *et al.*, 2010).

Figura 2. Colecta de muestra cloacal con hisopos de un ejemplar de *G. carbonaria* en etapa de crecimiento



RESULTADOS

Se encontraron presentes los géneros de *Enterobacter* (16.25%), *Klebsiella* (3.75%), *Proteus* (10%), *Pseudomonas* (6.25%), *Salmonella* (26.25%), *Serratia* (2.5%), *Shigella* (10%) y *E. coli* (25%). *Salmonella*, *E. coli* y *Enterobacter* fueron los que se encontraron en mayores proporciones en los tres lotes a diferentes edades y pesos, mientras que *Serratia*, *Klebsiella* y *Pseudomonas* fueron los menos frecuentes de el total de animales muestreados. Todos los agentes encontrados también los reportan como parte de la microflora presente en las cloacas de estas tortugas, excepto por *Pseudomonas* (Figura 1).

Las técnicas de cultivo utilizadas en el presente trabajo fueron correctas para la identificación de los agentes microbianos presentes en las cloacas de *G. carbonaria*, la colecta, conservación y procesamiento de las muestras indican que el crecimiento bacteriano en los medios de cultivos fue el adecuado. En la figura 2, se presentan los agentes bacterianos y el total de muestras positivas a los agentes indicados entre diferentes lotes de animales con pesos y edades diferentes. En la figura 4 se muestra el cultivo positivo al género *Proteus* en agar chocolate, mientras que en la figura 5 se presenta el cultivo positivo a *Salmonella* en agar sangre.

Figura 3. Proporción de agentes microbianos identificados en tres diferentes lotes de tortugas patas rojas (*G. carbonaria*)

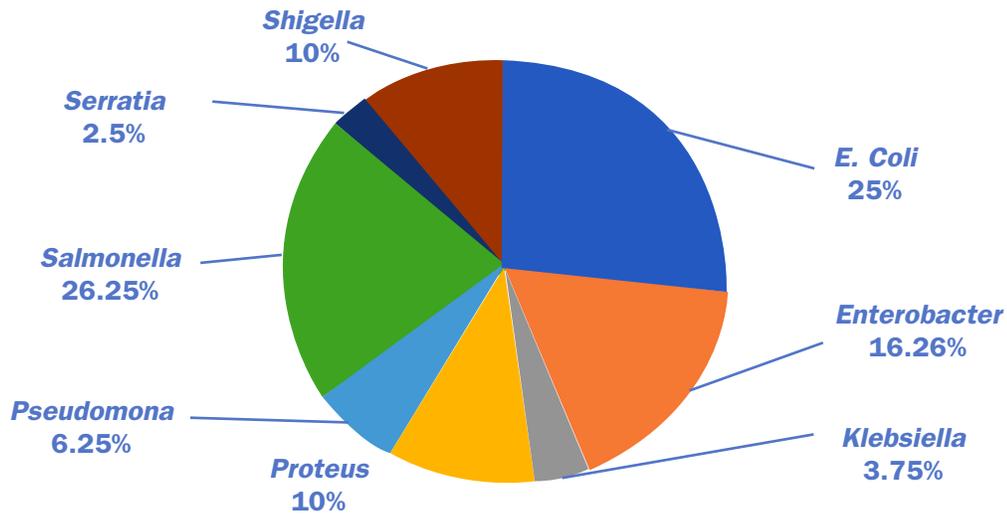


Figura 4. Número de muestras positivas de los agentes microbianos identificados en tres lotes de *G. carbonaria*

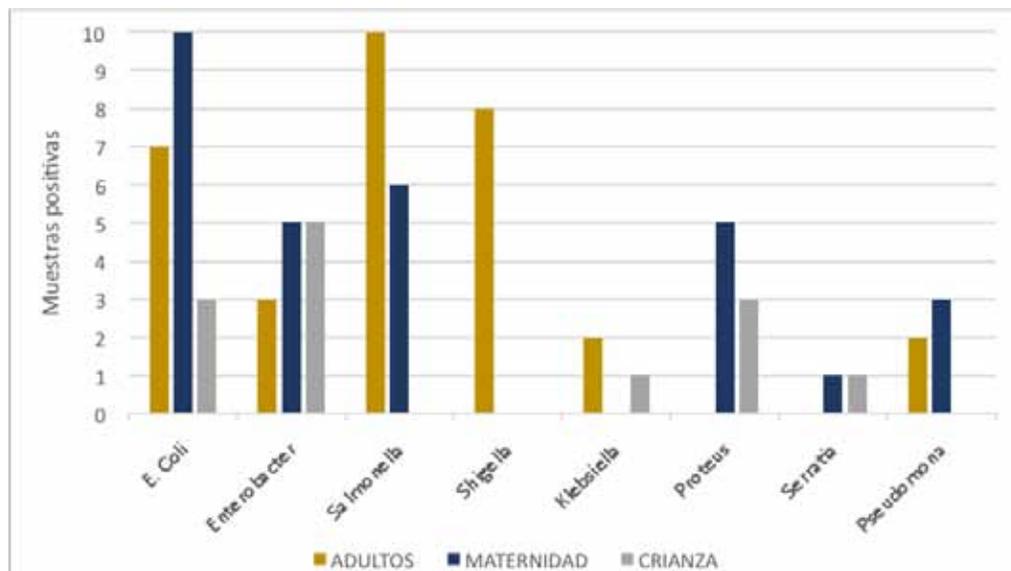


Figura 5. Cultivo positivo de *Proteus* en agar chocolate tomado de muestra cloacal de *G. carbonaria*



Figura 5. Cultivo positivo a *Salmonella* en agar sangre obtenido de muestra cloacal de *G. carbonaria*



El género *Salmonella* es el agente que se presenta en mayor cantidad y en los tres lotes productivos, seguido de *E. coli* y *Enterobacter*, mientras que *Proteus*, *Pseudomona* y *Serratia* no se encontraron en el lote de reproductores pero sí en maternidad y crianza, por otra parte *Shigella* solo se encontró en animales reproductores.

Como dato adicional (Cuadro 1) se presenta la edad y peso promedio de los ejemplares muestrados por lote productivo, reproductores (n=30), maternidad (n=30) y crecimiento (n=20). Cada lote tenía instalaciones diferentes, las reproductoras en corrales con piso de tierra, las de crecimiento en piso de concreto y las de maternidad en malla de criba, se ofrecía alimento dos veces al día con fruta de temporada y agua para hidratar a los dos últimos lotes.

Cuadro 1. Edad y pesos promedio de *G. carbonaria* por lote muestreado

Lotes	Edad aproximada	Peso promedio (Kg)	Desviación estándar (Kg)
Reproductores	> 5 años	2.712	0.877
Maternidad	1-45 días	0.047	0.011
Crecimiento	46-120 días	0.055	0.011

DISCUSIÓN

En cuanto a las técnicas de colecta, transporte y cultivo de las muestras es el indicado, en estudios como los de Ruiz, *et al.*, (2010) y Benites, *et al.*, (2013) donde se colectaron muestras directamente de las cloacas de los testudines de esta especie y otras, mencionan que la conservación de las muestras en caldos de cultivo conservados en frío (4°C), previos a su ingreso al laboratorio constituyen parte fundamental en la incubación de las bacterias en los diferentes medios de cultivo utilizados.

De las bacterias identificadas se observó que *E. coli*, *Salmonella* y *Enterobacter* fueron los agentes con mayor frecuencia absoluta y relativa del total de los animales muestreados en los tres diferentes grupos de la población, (Penagos *et al.*, (2018) menciona que para el caso de *Salmonella*, este agente se reporta como uno de los más frecuentemente encontrados en diferentes especies de tortugas semiacuáticas y terrestres, entre estas últimas la *G. carbonaria*, para el caso de *Shigella* solo se pudo identificar en el lote de

animales reproductivamente activos, mientras que en el grupo de crecimiento y maternidad las bacterias encontradas en menor proporción fueron *Klebsiella*, *Proteus*, *Serratia* y *Pseudomona*, para esta última bacteria no se encontró en el lote de crecimiento o crianza, *Klebsiella* no se encontró en el lote de maternidad, Ruíz, *et al.*, (2010) menciona estos agentes como presentes en la microflora cloacal de tortugas patas rojas en Sudamérica, Duque y Giraldo (2008) y Meyer, *et al.*, (2015) también encontraron a estos agentes microbianos en otras especies de tortugas en la Amazonía.

Pessoa (2009), menciona que animales de la misma especie de tortugas mantenidos como mascotas en domicilios en Brasil fueron positivos algunos agentes encontrados en el presente estudio, tal es el caso de *Klebsiella*, *E. coli* y *Citrobacter*, Meyer (2015), también documenta que los diferentes agentes y sus cargas presentes en diferentes poblaciones y estratos de población pueden deberse a situaciones como el manejo sanitario, tipo de instalaciones y el estado de salud de los ejemplares, situaciones como la inmunodepresión (Benites, *et al.*, 2013) puede favorecer la proliferación en mayor grado de algunos agentes de carácter oportunista. Pessoa (2009), hace énfasis en la importancia de conocer la microbiota presente en este tipo de animales que mantienen esta relación con los seres humanos que los mantienen en sus domicilios por el riesgo de la infección cruzada que puede darse de las tortugas a las personas.

CONCLUSIÓN

Todos los ejemplares muestreados resultaron positivos al menos a un tipo de agente microbiano, se pudieron aislar siete diferentes géneros y una especie de bacterias presentes en las cloacas de *G. carbonaria* en cautiverio, es importante conocer la microflora presente en estos animales, principalmente cuando el objetivo de los mismos es la venta como animales de compañía, sobre todo por el riesgo zoonótico que representan a la población humana que cohabita con ellos en sus predios.

BIBLIOGRAFÍA

- Benites N. R., Pessoa C., Bandini L., Saidenberg A., Moreno A. y Sakata S. (2013). Bacterial and fungal microflora present in the cloacae of domestically kept red-footed tortoises (*Geochelone carbonaria*). *Rev. Veterinaria e Zootecnia*, Universidade Estadual Paulista. Faculta de Medicina Veterinaria e Zootecnia. Vol. 20, No. 1, Mar. 2013, pp. 102.
- CITES (2022). Dictámenes de extracción no perjudicial y gestión del comercio de las tortugas terrestres y galápagos - *Guía para la Autoridad Científica y la Autoridad Administrativa de la CITES*. Disponible en: <https://cites.org/sites/default/files/esp/com/ac/28/S-AC28-15-A2.pdf> (Fecha de consulta: 18 de septiembre de 2022).
- Duque S. y Giraldo M. A. (2008). Búsqueda de Salmonella entérica en tortugas semiacuáticas del Centro. *Trabajo de investigación para optar al título de Médico Veterinario Zootecnista*. Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia- Universidad CES, Instituto Colombiano de Medicina Tropical (ICMT-CES) Centro de Atención y Valoración de Fauna Silvestre del Área Metropolitana del Valle de Aburrá (CAV), Medellín Colombia.
- Hernández O. y Boade E. O. (2008). Relación entre el tamaño de hembra y la producción de huevos en el morrocoy sabanero *Geochelone (Chelonoidis) carbonaria* (Spix, 1824) en un zocriadero comercial de Venezuela. *Interciencia*, 33(6), 461-466.
- Mojica C. M., Rincón R. C. V. y Landínez T. Á. Y. (2012). Tráfico de animales silvestres: una conflictiva relación entre los humanos y la fauna. *Conexión Agropecuaria JDC*, 2(1), 69-82. Recuperado a partir de <https://revista.jdc.edu.co/index.php/conexagro/article/view/341>
- Orellana R. L., Espadas M. C. y Nava M. F. 2010. Climas. En: Durán R. y M. Mendez. 2010. *Biodiversidad y Desarrollo Humano en Yucatán*. CICY, PPD-FMAM, CONABIO, SEDUMA. 496 pp.
- Penagos G. M., Trujillo G. C., Pérez G. J., Sánchez J. M. M, Cardona C. N. (2018). Presencia de *Salmonella spp.* en tortugas de río en cautiverio y en libertad en Urabá, Colombia. *Rev. CES Med. Zootec.* 2018; Vol 13 (2): 111-120.
- Pessoa C. A. (2009). Avaliação da microbiota bacteriana e fúngica presente na cloaca de jabutis (*Geochelone carbonaria*) criados em domicílio e análise do potencial risco à saúde humana. Tesis. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brazil. Pp. 99.
- Ruiz N., Calle S. y Gálvez C. (2010). Identificación de Salmonella sp. En tortugas Motelo (*Geochelone denticulata*) de un criadero de la ciudad de Iquitos. *Rev Inv Vet Perú.* 21: 140-143.

Turtle Conservation Fund (2002). *A Global Action Plan for Conservation of Tortoises and Freshwater Turtles. Strategy and Funding*. Prospectus 2002–2007. Conservation International/Chelonian Research Foundation. Washington, DC, EEUU. 30 pp.

Sistema de expresión recombinante de la proteína de fase aguda “Pig-MAP” para su uso como biomarcador de estrés

*Carlos A. Castro Roca,^{1,3} Yasmin G. De Loera Ortega,² José Luis Cerriteño Sánchez,³ Julieta S. Cuevas Romero³ y Adelfa del C. García Contreras⁴

Resumen. Los cerdos dentro de producciones tecnificadas hacen frente a condiciones que pueden generar estrés, relacionado con la disminución de bienestar animal. El uso de biomarcadores; moléculas que sintetizan y liberan los animales en condiciones específicas, nos pueden ayudar en la medición de parámetros para la evaluación del bienestar animal. Las proteínas de fase aguda son proteínas plasmáticas secretadas en el hígado como respuesta de fase aguda, debido a infecciones, inflamación, daño tisular o estrés. PigMAP es una glicoproteína de fase aguda, secretada por los cerdos. Por ello se seleccionó y clonó la porción N-terminal correspondiente a esta proteína en el vector pJET1.2/blunt y se usó para amplificar y subclonar al vector de expresión pETSUMO (pETSUMO-Nterminal), finalmente, el plásmido recombinante se corroboró mediante PCR y prueba de secuenciación. Por lo tanto, se obtuvo por primera vez un sistema de expresión para la proteína recombinante PigMAP con potencial para desarrollar un sistema de evaluación del bienestar animal en cerdos.

Palabras clave: Biomarcadores; Estrés; Bienestar animal; Pig-MAP; Producción porcina.

¹ Maestría en Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, CDMX, México.

² Licenciatura en MVZ. Departamento de Ciencias Pecuarias, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM, Edo. de México.

³ Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Salud Animal e Inocuidad, INIFAP, CDMX, México.

⁴ Laboratorio de imagenología Zootécnica y Gestión Ambiental. Departamento Producción Agrícola y Animal, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, CDMX, México.

* Autor de correspondencia: e-mail: cerriteno.jose@inifap.gob.mx

Abstract. Pigs in technical productions face conditions that can generate stress, which is related to a decrease in animal welfare. The use of biomarkers, molecules that are synthesized and released by animals under specific conditions, can help in the measurement of parameters for the evaluation of animal welfare. Acute phase proteins are plasma proteins secreted in the liver as an acute phase response to infections, inflammation, tissue damage, or stress. PigMAP is an acute-phase glycoprotein that is secreted by pigs. Therefore, the N-terminal portion corresponding to this protein was selected and cloned into the pJET1.2/blunt vector and used to amplify and subclone the pETSUMO expression vector (pETSUMO-N-terminal). The recombinant plasmid was confirmed by PCR. and sequencing tests. Therefore, an expression system for the PigMAP recombinant protein was obtained for the first time, with the potential to develop an animal welfare assessment system for pigs.

Key words: Biomarkers; Stress; Animal Welfare; PigMAP; Swine Production.

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial se ha generado una gran cantidad de información y metodologías diferentes para cuantificar y evaluar el bienestar de los animales, siguiendo métodos de observación directa para evaluar el comportamiento, utilizando sistemas o protocolos de calificación como herramientas de evaluación, sin embargo, estos indicadores (Cuadro 1) sólo permiten evaluar las condiciones de bienestar animal de forma indirecta durante los procesos de producción (Damian y Ungerfeld, 2012; Muñoz, 2014).

Aunado a ello, existe la posibilidad de realizar evaluaciones de indicadores sanguíneos (Cuadro 1), los cuales se sabe que están relacionados con la presencia de estrés y, por lo tanto, reflejan una alteración en el bienestar animal, sin embargo, se consideran invasivos para el animal al momento de tomar la muestra (Muñoz, 2014; Giergel *et al.*, 2021).

Cuadro 1. Indicadores comunes de evaluación del bienestar animal para determinar el desempeño del sistema de producción

	Indicador de comportamiento	Indicadores sanguíneos
1	Condición corporal	Hormonas: ✓ Adrenocorticotropa (ACTH)- Concentración de cortisol ✓ Catecolaminas ✓ Prolactina
2	Estado de salud	Bioquímica: ✓ Glucosa – incremento de la glicemia ✓ Lactato
3	Presentación de lesiones	Hematológicas: ✓ Leucocitos ✓ Eritrocitos ✓ Monocitos ✓ Linfocitos ✓ Neutrófilos Proteínas de fase aguda: ✓ Haptoglobina ✓ Proteína C-Reactiva ✓ Proteína amiloide A sérica ✓ Pig-MAP (ITIH4 pig)
4	Diámetro de la zona de fuga	Proteínas de fase aguda: ✓ Haptoglobina ✓ Proteína C-Reactiva ✓ Pig-MAP (ITIH4 pig)
5	Tendencia agresiva, estereotipias	✓ Catecolaminas
6	Comportamiento social	Hormonas: ✓ Catecolaminas ✓ Adrenocorticotropa (ACTH)- Concentración de cortisol ✓ Cromogranina A

Chen *et al.*, 2003; Tadich *et al.*, 2003; Piñeiro *et al.*, 2009; Tadich *et al.*, 2009; Muñoz, 2014; Hernández, 2016; Martínez-Miró *et al.*, 2016; Heegaard *et al.*, 2011; Hennig-Pauka *et al.*, 2019.

Sin embargo, la creación de herramientas de diagnóstico que permitan cuantificar el efecto fisiopatológico generado como respuesta a un estímulo ambiental sobre el individuo, y que sobrepasa su sistema homeostático y con ello, disminuye su eficacia biológica, es fundamental. Estos elementos permitirían de manera predictiva y diagnóstica valorar una alteración mediante la expresión y cuantificación de algunos elementos conocidos también como biomarcadores, definiendo como marcador biológico o biomarcador a una molécula biológica, que se encuentra en la sangre, incluidos otros fluidos o tejidos, que se expresa como un signo de un proceso normal o anormal, o de una condición o enfermedad; de los cuales su presencia está considerada como una respuesta a intervenciones terapéuticas, toxicológicos, de susceptibilidad o riesgo, diagnóstico y/o pronóstico de una enfermedad o condición que puede representar una valoración negativa del bienestar (Muñoz, 2014; Martínez-Miro *et al.*, 2016; Myers *et al.*, 2017; O'Reilly *et al.*, 2018).

Partiendo de ello, una oportunidad práctica y con buenos resultados es la utilización de biomarcadores que permiten identificar aquellos metabolitos que se liberan en el organismo y que repercutirán en la salud, y por ende en la alteración del bienestar animal. Algunos son las llamadas Proteínas de Fase Aguda (PFA), que corresponden a un grupo de proteínas plasmáticas que modifican su concentración en respuesta a procesos de inflamación causados por lesiones tisulares, infecciones, trastornos inmunológicos o estrés. Por lo que, pueden tener una función importante, no solo en el área clínica, sino también en la evaluación de las buenas prácticas de producción animal (Tóthová *et al.*, 2019; Gulhar *et al.*, 2021). La utilización de PFA para la evaluación del bienestar animal durante diferentes eventos dentro del ciclo de vida de la producción porcina puede dar información puntual de los momentos específicos en que estas son producidas y con ello, buscar la mejora en aquellos manejos que están generando su presentación (Martínez-Miró *et al.*, 2016; Gulhar *et al.*, 2021). Las principales PFA positivas reportadas en cerdos son la Haptoglobina, Amiloide A sérico, proteína C reactiva y la Pig Major Phase Protein (Pig-MAP), proteínas que han mostrado su incremento en modelos experimentales relacionados con estrés físico o psicológico, trauma quirúrgico o infecciones bacterianas o virales (Piñeiro *et al.*, 2009; Heegaard *et al.*, 2011; Cray, 2012; Hennig-Pauka *et al.*, 2019).

A lo largo de décadas de investigación sobre las técnicas de recombinación genética se han logrado una serie de avances muy relevantes que en la mayoría de los casos resuelven problemas muy específicos. Por lo que, la generación de herramientas para realizar diagnósticos a nivel molecular, y detectar la presencia de biomarcadores, los cuales identifican la vulnerabilidad a ciertas enfermedades o problemas, es de gran valor dependiendo de las necesidades del mercado o los productores, abarcando distintas especies como porcinos, ovinos, bovinos, abejas, peces, pollos, entre otros. Actualmente

en el mercado internacional hay gran variedad de proteínas recombinantes (PR) para un amplio abanico de aplicaciones, lo que ha llegado a constituir toda una revolución en el mercado biotecnológico y a la vez ha impulsado la investigación en este campo (Amaro, 2014; Guerrero-Olazarán *et al.*, 2004; Sánchez y Rosales, 2017).

La producción de proteínas recombinantes (PR) se ha utilizado cada vez más en la investigación para obtener proteínas específicas para estudios biofísicos y estructurales, con fines diagnósticos y terapéuticos, así como para aplicaciones emergentes, desarrollando nuevas moléculas recombinantes con propiedades farmacocinéticas mejoradas y descubriendo nuevas aplicaciones clínicas debido a la alta afinidad y especificidad que pueden generar (Oliveira y Domingues, 2018). Por lo que, el objetivo de esta investigación fue la obtención de un sistema de expresión recombinante de Pig-MAP, para su implementación como biomarcador de diagnóstico enfocado en el bienestar animal aplicado a cerdos.

MATERIAL Y MÉTODOS

La presente investigación se desarrolló en el laboratorio de virología II perteneciente al Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Salud Animal e Inocuidad (CENID-SAI) sede palo alto del INIFAP. Se procedió a la estimación de algunas características bioquímicas importantes de la proteína de fase aguda PigMAP, para ello se realizó la predicción de la distribución de epítomos, la estimación del peso molecular y de su estructura terciaria, correspondientes a la proteína Pig-MAP (número de acceso: 7VFR-B5X3016), mediante el uso de diferentes paquetes bioinformáticos disponibles como el software PyMol y DNASTar, (DNASTAR) y sus respectivos métodos de validación para seleccionar la región más adecuada para producir de manera recombinante la proteína de interés.

Se determinó la hidrofobicidad utilizando el algoritmo de Kyte-Doolittle, para el caso de las regiones antigénicas se predijeron mediante el algoritmo de Jameson-Wolf, la probabilidad de superficie se determinó implementando el algoritmo de Emini, mientras que las regiones transmembranales se corroboraron con el servidor TMHMM Server v. 2.0.

Posteriormente se seleccionaron dos regiones adecuadas para su producción y se diseñaron iniciadores que hibridan en los genes que codifican para los dos fragmentos ubicados en el N- y C- terminal de la proteína Pig-MAP. Se procedió a la elección de dichas regiones, ya que contienen los epítomos más inmunogénicos y, por lo tanto,

los mejores candidatos para la clonación y expresión de la proteína de interés para su producción de manera recombinante. Dichos fragmentos fueron amplificados a partir de cDNA obtenido de un bazo de cerdo clínicamente sano, este cDNA fue clonado en un vector comercial de selección positiva o vector de resguardo pJET1.2/blunt (CloneJET PCR Cloning Kit, Thermo Scientific) para su mantenimiento en el laboratorio. La porción correspondiente al N-terminal fue subclonada en el vector de expresión pET SUMO (Champion™ pET SUMO expression vector, Thermo Fisher Scientific, Waltham, MA, USA) para la expresión de la proteína. A continuación, se realizó la transformación en células competentes de *E. coli* Top 10 (*E. Coli One Shot*® TOP10, Invitrogen Life Sciences) para la obtención del fragmento de interés ligado al vector de expresión para su caracterización por PCR y posterior secuenciación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Un punto importante a considerar en el diseño de biomarcadores veterinarios es la relación costo-beneficio y el hecho de poder garantizar que esta sea compatible con métodos de detección para un buen análisis clínico. A día de hoy, la biotecnología ofrece grandes oportunidades para solucionar este tipo de problemas tecnológicos con un alto impacto, un ejemplo de ello, es la utilización de la biología molecular, la cual nos brinda la posibilidad de diseñar las llamadas proteínas recombinantes mediante el uso de *Escherichia coli* (*E. coli*), microorganismo que nos permite la producción de estas proteínas (más de 30.000 proteínas expresadas y purificadas con éxito), con fines diagnósticos, terapéuticos o vacunales (Kielkopf *et al.*, 2021).

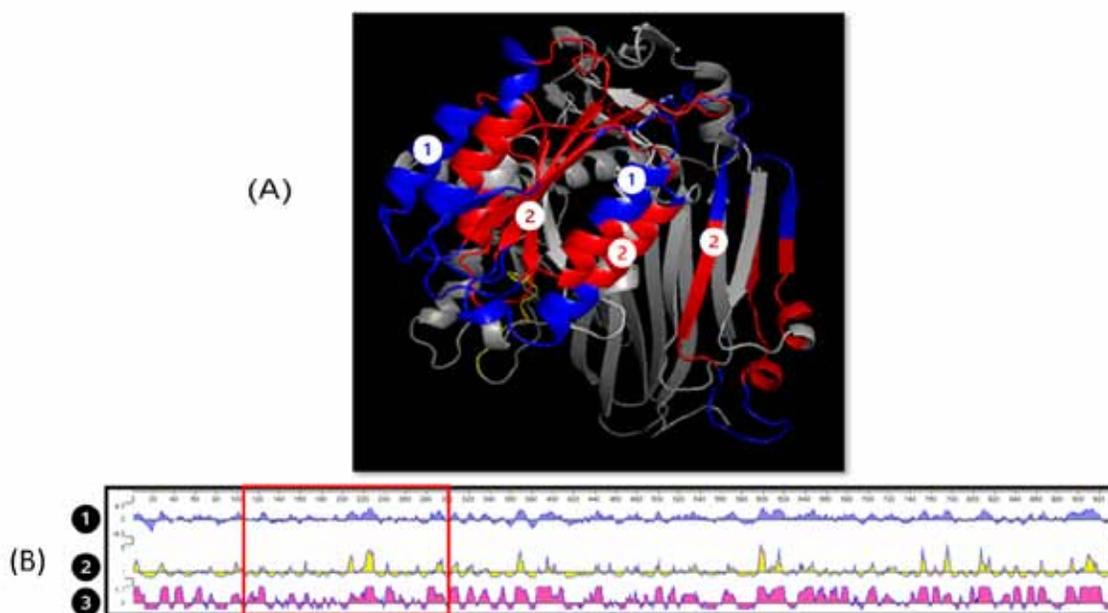
Para poder generar la síntesis de una proteína recombinante, es necesario considerar las propiedades químicas y biológicas (Blanco *et al.*, 2010), por ello, el primer paso de esta investigación fue identificar el peso molecular y las características bioquímicas básicas de la proteína de interés, en este caso de la Pig-MAP. Los primeros resultados obtenidos nos permitieron estimar el peso molecular, el cual fue de 100.36 kDa con 907 residuos de aminoácidos, de acuerdo con la literatura, el peso molecular reportado para Pig-MAP se encuentra en un rango de 26, 43-55, 115-120 kDa respectivamente (Lampreave *et al.*, 1994; González-Ramón *et al.*, 1995; Piñeiro *et al.*, 2004; Heegaard *et al.*, 2013).

Posteriormente, se observó una región hidrofóbica en el extremo N-terminal de la proteína, siendo el resto de la proteína altamente hidrofílica. Esta característica de hidrofobicidad puede ocasionar problemas en la purificación y solubilización de la proteína,

además de que no contiene epítomos de interés, por ello se descartó para expresión, además se puede considerar con un carácter variable, el cual puede estar influenciado por características ambientales como el origen de la cepa aislada (Blanco *et al.*, 2010).

Adicionalmente, se pudo determinar en la proteína Pig-MAP la presencia de dos porciones ubicadas en el N-terminal y C-terminal, las cuales expresan el mayor índice de antigenicidad, de probabilidad de superficie, sin regiones hidrofóbicas y más de 10 epítomos (Figura 1).

Figura 1. Predicción de las principales características estructurales de la proteína Pig-MAP



[A] Predicción de la estructura terciaria de la proteína Pig-MAP (ITIH4 Pig).

[A-1] Estructura que corresponde a un fragmento del N-Terminal, seleccionado en este trabajo.

[A-2] Las zonas de los principales epítomos presentes, seleccionados como mejores candidatos a expresión.

[B] Algoritmos de predicción de: Hidrofobicidad a partir del algoritmo Kyte-Doolittle.

[B-1] Probabilidad de superficie de Emini.

[B-2] Índice de antigenicidad de Jameson-Wolf.

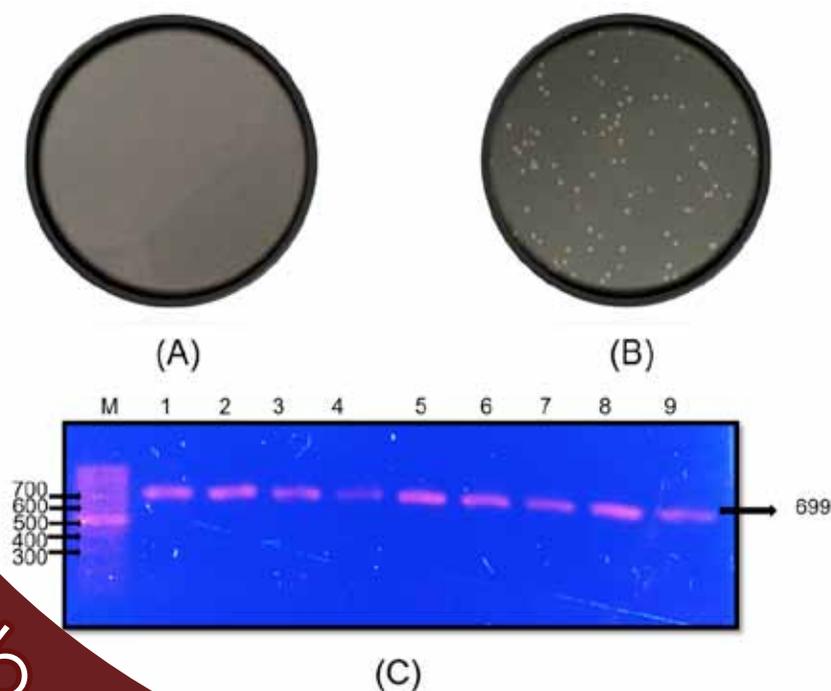
[B-3] En recuadro rojo se muestra la ubicación de la porción N-terminal seleccionada en este trabajo.

Haciendo uso de la técnica de PCR, se logró la amplificación de dos importantes regiones (correspondientes a 699 y 846 pb), adecuadas para el desarrollo de un sistema de expresión recombinante utilizando *E. coli*, debido a que esta presenta un rápido crecimiento y un alto rendimiento, así como bajos costos de producción, en comparación con otros posibles huéspedes, y mejora el rendimiento (Cardoso *et al.*, 2020). Un sistema de expresión lo conforma un organismo hospedero y un vector de expresión o fragmentos de DNA que posee los elementos génicos necesarios para elaborar procesos de transcripción y traducción en dicho organismo hospedero (Guerrero-Olazarán *et al.*, 2004).

Los avances en biotecnología permiten mejorar ampliamente la expresión de proteínas recombinantes utilizando *E. coli*, incluido el desarrollo de promotores y el uso de etiquetas de proteínas o dominios de fusión de proteínas removibles o para ayudar a optimizar su pureza, homogeneidad y solubilidad (Bugli *et al.*, 2014; Oliveira y Domingues, 2017).

Como parte de los elementos identificados durante esta investigación, el producto de PCR proveniente de la región seleccionada en el N-terminal, fue exitosamente ligado en el vector de expresión pETSUMO. Posteriormente se realizó la transformación con el producto de la ligación en células competentes TOP10 para su caracterización (Figura 2). Este sistema de expresión pETSUMO en conjunto con la proteína de fusión SUMO, mejora la solubilidad y protege la proteína expresada de la degradación proteolítica lo cual permite una purificación y detección más fácil de la proteína, que en conjunto con las características de *E. coli* garantizan una clonación rápida y eficiente, elementos que son componentes principales en la producción de proteínas recombinantes (Tan *et al.*, 2020; Zhang *et al.*, 2022).

Figura 2. Transformación de células competentes *E. coli* TOP 10 con el vector de expresión pETSUMO-NTerminal



[A] Control negativo de crecimiento de la prueba de transformación.

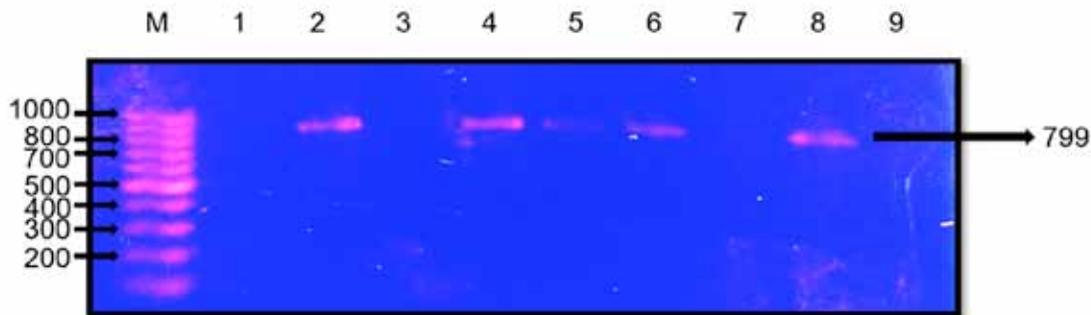
[B] Colonias transformadas con el vector de expresión pETSUMO-NTerminal; crecidas en medio LB+Kanamicina. [C] Electroforesis en gel de agarosa 1% teñido con bromuro de etidio de la prueba PCR punto final; cargado con los productos de la PCR a partir de plásmidos extraídos de colonias que fueron positivas a crecimiento en placas con antibiótico.

(M) Marcador de peso molecular.

(1-9) Diferentes plásmidos analizados que presentaron el inserto de interés de 699 pb provenientes del vector pETSUMO-NTerminal.

Posteriormente, se determinó, mediante PCR punto final, la correcta orientación del fragmento de interés con respecto del vector de expresión pETSUMO, esto se desarrolla en una prueba de PCR punto final, usando el iniciador delantero diseñado para la amplificación del gen N-terminal de Pig-MAP, así como el oligo reverso T7, que hibrida en una parte de la región terminadora del vector pETSUMO, esperando con ello visualizar un producto de aproximadamente 799 pb, lo cual se puede observar en la Figura 3.

Figura 3. PCR punto final para determinar la correcta orientación de los insertos de interés respecto al vector de expresión pETSUMO



Fragmento N-Terminal en sentido (carriles 2, 4, 5, 6, 8).

(M) Marcador de peso molecular.

(1-9) Plásmidos evaluados.

Lo anterior, nos indica que el inserto N-terminal de Pig-MAP quedó en fase con el vector de expresión, característica esencial para producir la proteína de interés. Finalmente, esto nos permite seleccionar los plásmidos positivos para su subsecuente transformación en la cepa BL21(DE3) que es una cepa de expresión utilizada para la inducción por medio de análogos de la lactosa como el isopropil β -D-1-tiogalactopiranosido (IPTG) para inducir la expresión de la proteína recombinante.

Estos sistemas de expresión se caracterizan por su capacidad para mejorar la producción de proteínas, mejorando el plegamiento y solubilidad para facilitar su purificación y detección (Tan *et al.*, 2020). Considerando al sistema de expresión pETSUMO como componente de fusión que facilita la expresión y purificación de la proteína re-

combinante en *E. coli* (Bugli *et al.*, 2014; Peroutka III *et al.*, 2011). Los resultados nos indican que se obtuvo por primera vez un sistema de expresión recombinante para la proteína Pig-MAP que contiene todas las características necesarias para expresarse en *E. coli*, lo cual, nos permiten considerar el uso de esta proteína para continuar con la subsecuente expresión y caracterización más específica de la proteína y con ello más vías de investigación relacionadas con sus características bioquímicas, estructurales y para poder desarrollar una herramienta de alto valor diagnóstico en la producción de animales de granja como indicador de alteraciones.

CONCLUSIONES

Mediante esta investigación por primera vez, se logra la obtención de un sistema de expresión recombinante para la proteína de fase aguda Pig-MAP, que contiene todos los elementos necesarios para la producción de la proteína de manera recombinante, como son la elección de la cepa, el vector de expresión, el cultivo y las estrategias de purificación más apropiadas para su correcta producción en bacterias.

Dado que el bienestar animal hoy en día está vinculado a la certificación de buenas prácticas de producción se requiere estandarizar metodologías o herramientas que permitan mejor la evaluación de dicho bienestar en las prácticas de producción ganaderas. En el mercado europeo ya existen algunos desarrollos para uso en veterinaria que implementan la utilización de proteínas de fase aguda, sin embargo, los tiempos de envío, las dificultades que conlleva su importación, las necesidades de manejo y conservación en refrigeración, así como los costos derivados, pone en desventaja a México para obtener estas herramientas de manera comercial. Motivo por el cual, esta investigación presenta un potencial importante en el contexto de la ciencia aplicada directamente a la evaluación del bienestar animal enfocado a cerdos, para poder generar una herramienta de evaluación y diagnóstico con una buena relación costo-beneficio, en el manejo de todo su ciclo de vida, lo cual conllevaría a una repercusión económica y social importante, para definir aquellos procesos que comprometan el bienestar y buen estado de salud de los animales.

AGRADECIMIENTOS

Al laboratorio LABIMA-GA, UAM-X, en especial al Laboratorio de Epizootiología CE-NID-SAI del INIFAP y al Proyecto SEP-CONACYT 288942, por el apoyo y facilidades para el desarrollo de esta investigación. CVU: 1143807

BIBLIOGRAFÍA

- Amaro M. 2014. Retos y oportunidades para el desarrollo de la biotecnología agroalimentaria en México. *Revista Innovación y Competitividad de la Asociación Mexicana de Directivos de la Investigación Aplicada y el Desarrollo Tecnológico AC*.
- Betancourt L. 2008. La Zootecnia, su quehacer en el pasado, presente y retos para el futuro. *Revista de la Universidad de La Salle*, 2008(45), 112-116.
- Blanco M., Sacristán B., Lucio L., Blanco J., Pérez G. C., Gómez G. A. 2010. La hidrofobicidad de la superficie celular como indicador de otros factores de virulencia en *Candida albicans*. *Revista iberoamericana de micología*, 27(4), 195-199.
- Bugli F., Caprettini V., Cacaci M., Martini C., Sterbini F., Torelli R., Della L. S., Papi M., Palmieri V., Giardina B., Posteraro B., Sanguinetti M., Arcovito A. 2014. Synthesis and characterization of different immunogenic viral nanoconstructs from rotavirus VP6 inner capsid protein. *International journal of nanomedicine*, 9, 2727.
- Cardoso V. M., Campani G., Santos M. P., Silva G. G., Pires M. C., Gonçalves V. M., Zangirolami T. C. 2020. Cost analysis based on bioreactor cultivation conditions: Production of a soluble recombinant protein using *Escherichia coli* BL21 (DE3). *Biotechnology reports*, 26, e00441.
- Chen H., Lin J., Fung H., Ho L., Yang P., Lee W., Lee Y., Chu R. 2003. Serum acute phase proteins and swine health status. *Canadian journal of veterinary research, Revue canadienne de recherche veterinaire*, 67(4), 283-290.
- Čobanović N., Stanković S. D., Dimitrijević M., Suvajdžić B., Grković N., Vasilev D., Karabasil N. 2020. Identifying Physiological Stress Biomarkers for Prediction of Pork Quality Variation. *Animals*, 10(4), 614. doi:10.3390/ani1004061
- Cray C. (2012). Acute phase proteins in animals. *Progress in molecular biology and translational science*, 105, 113-150.
- Damián J., Ungerfeld R. 2012. Indicadores de bienestar animal en especies productivas: una revisión crítica. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*. Universidad de la República, Uruguay. Pp. 103-113.

- Giergel M., Olejnik M., Jabłoński A., Posyniak A. 2021. *The markers of stress in swine oral fluid*, J Vet Res 65, 487-495, 2021. DOI:10.2478/jvetres-2021-0065
- González R. N., Sarsa J. A., Pin M., Escartin A. 1995. *The major acute phase serum protein in pigs is homologous to human plasma kallikrein sensitive PK-120*. Febs Letters, 371(3), 227-230.
- Guerrero M., Cab B. E., Galán W. L., Viader S. J. 2004. Biotecnología de proteínas recombinantes para la aplicación en acuicultura. *Avances en nutrición Acuícola. Avances en Nutrición Acuícola VII. Memorias del VII Simposium Internacional de Nutrición Acuicola*. Hermosillo, Sonora. México, 245-258.
- Gulhar R., Ashraf M., Jialal I. 2021. *Physiology, Acute Phase Reactants*. StatPearls. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK519570>
- Heegaard P. M., Stockmarr A., Piñeiro M., Carpintero R., Lampreave F., Campbell F. M., Eckersall P. D., Toussaint M., Gruys E., Sorensen N. S. (2011). *Optimal combinations of acute phase proteins for detecting infectious disease in pigs*. *Veterinary Research*, 42(1), 1-13.
- Heegaard P. M., Miller I., Sorensen N. S., Soerensen K. E., Skovgaard K. 2013. *Pig α 1-acid glycoprotein: characterization and first description in any species as a negative acute phase protein*. PLoS One, 8(7), e68110.
- Hennig P. I., Menzel A., Boehme T., Schierbaum H., Ganter M., Schulz J. (2019). *Haptoglobin and C-Reactive Protein—Non-specific Markers for Nursery Conditions in Swine*. *Frontiers in Veterinary Science*, 6. doi:10.3389/fvets.2019.00092
- Hernández J. 2016. *Elaboración y validación de un instrumento de evaluación de bienestar animal para cerdas en gestación y lactancia*. (Tesis de Maestría). Universidad Nacional Autónoma de México, México. Recuperado de [https://repositorio.unam.mx/contenidosLampreave, F., González Ramón, N., Martínez Ayensa, S., Hernández, M. A., Lorenzo, H. K., García Gil, A., Piñeiro, A. 1994. Characterization of the acute phase serum protein response in pigs. *Electrophoresis*, 15\(1\), 672-676.](https://repositorio.unam.mx/contenidosLampreave, F., González Ramón, N., Martínez Ayensa, S., Hernández, M. A., Lorenzo, H. K., García Gil, A., Piñeiro, A. 1994. Characterization of the acute phase serum protein response in pigs. Electrophoresis, 15(1), 672-676)
- Martínez M. S., Tecles F., Ramón M., Escribano D., Hernández F., Madrid J., Orengo J., Martínez S. S., Manteca X., Cerón J. 2016. *Causes, consequences and biomarkers of stress in swine: an update*. *BMC Veterinary Research*. 12(1). doi:10.1186/s12917-016-0791-8
- Myers M. J., Smith E. R., Turfle P. G. 2017. *Biomarkers in veterinary medicine*. *Annual Review of Animal Biosciences*, 5, 65-87.
- Muñoz R. 2014. *Bienestar animal: un reto en la producción pecuaria*. *Spei Domus*, 10(20), 31-40. doi: 10.16925/sp.v10i20.884

- Murata H. 2007. Stress and acute phase protein response: an inconspicuous but essential linkage. *Veterinary journal* (London, England.1997), 173(3), 473-474. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2006.05.008>
- O'Reilly E., Bailey R., Eckersall P. 2018. A comparative study of acute-phase protein concentrations in historical and modern broiler breeding lines. *Poultry Science*. doi:10.3382/ps/pey272
- Peroutka III R., Orcutt S., Strickler J., Butt T. 2011. SUMO fusion technology for enhanced protein expression and purification in prokaryotes and eukaryotes. *Heterologous Gene Expression in E. coli*, 15-30.
- Piñeiro M., Andres M., Iturralde M., Carmona S., Hirvonen J., Pyorala S., Alava M. A. 2004. ITIH4 (inter-alpha-trypsin inhibitor heavy chain 4) is a new acute-phase protein isolated from cattle during experimental infection. *Infection and Immunity*, 72(7), 3777-3782.
- Piñeiro M., Piñeiro C., Carpintero R., Morales J., Campbell F., Eckersall P., Toussaint M., Lampreave F. 2007. Characterisation of the pig acute phase protein response to road transport. *The Veterinary Journal*, 173(3), 669–674. doi:10.1016/j.tvjl.2006.02.006
- Puicón V. H., Gutiérrez A. F. 2022. Sistema silvopastoril, alimentación y biotecnología para una producción animal sustentable. *Revista de Veterinaria y Zootecnia Amazónica*, 2(2), e408-e408.
- Sánchez M., Rosales M. A. 2017. Panorama general de la biotecnología en México y el mundo. *Las vicisitudes de la innovación en biotecnología y nanotecnología en México*, 33. ISBN UAM: 978-607-28-1197-3 ©Universidad Autónoma Metropolitana. Sección de Publicaciones de la División de Ciencias Sociales y Humanidades.
- Sarabia V. J. 2020. *Evaluación del bienestar animal en cerdos de engorda aplicando el protocolo Welfare Quality*. Tesis. Universidad Autónoma de Baja California, Instituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias.
- Serrano E., Mantecon A. 2003. Bases para un desarrollo ganadero sostenible: la consideración de la producción animal desde una perspectiva sistémica y el estudio de la diversidad de las explotaciones. *Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros*. 199, 159-191. <http://hdl.handle.net/10261/8316>
- Tadich N., Gallo C., Brito M. L., Broom D. M. (2009). Effects of weaning and 48 h transport by road and ferry on some blood indicators of welfare in lambs. *Livestock Science*, 121(1), 132-136.
- Tadich N., Gallo C., Echeverría R., Van Schaik G. (2003). Efecto del ayuno durante dos tiempos de confinamiento y de transporte terrestre sobre algunas variables sanguíneas indicadoras de estrés en novillos. *Archivos de medicina veterinaria*, 35(2), 171-185.

- Tan M. S., Teh Y. H., Ho K. L., Stanslas J. 2020. An application of pET SUMO protein expression system in *Escherichia coli*: Cloning, expression, purification, and characterisation of native Kras4B G12V oncoprotein. *The protein journal*, 39, 54-61.
- Te Pas M., Hoekman A., Smits M. 2011. Biomarkers as management tools for industries in the pork production chain. *Journal on Chain and Network Science*, 11(2), 155-166. doi:10.3920/jcns2011.qpork
- Tothova C., Novotny J., Nagy O., Hornakova P., Zert Z., Varga M., Medvecky L., Vdoviakova K., Danko J., Petrovova E. 2019. Changes in the Acute-Phase Protein Concentrations and Activities of Some Enzymes in Pigs Following the Repair of Experimentally Induced Articular Cartilage Defects Using Two Types of Biocement Powder. *Animals*. 9(11), 931. doi:10.3390/ani9110931
- Zhang Z. X., Wang Y. Z., Nong F. T., Xu Y., Ye C., Gu Y., Huang H. 2022. Developing a dynamic equilibrium system in *Escherichia coli* to improve the production of recombinant proteins. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 106(18), 6125-6137.

La seguridad alimentaria y nutricional en el mundo, 2023¹

Adolfo Guadalupe Álvarez Macías²

Entre cinco organismos de la Organización de las Naciones Unidas: la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO, por sus siglas en inglés); el Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola (FIDA), la Organización Mundial de la Salud (OMS), el Programa Mundial de Alimentos (PMA) y el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF, por sus siglas en inglés) han publicado recientemente un texto que cada año es esperado: *El estado de la seguridad alimentaria y nutricional (SAN) en el mundo*, en su versión 2023. En este año contiene un subtítulo muy sugerente: Urbanización, transformación de los sistemas agroalimentarios y dietas saludables a lo largo del continuo rural-urbano, que ponen de relieve una de las problemáticas y desafíos más visibles en el mundo que es el proceso de urbanización en prácticamente todos los países.

Este ejemplar comprende seis capítulos, incluyendo la introducción y la conclusión. El capítulo 2 aborda la SAN en el mundo; el capítulo 3 se refiere a cómo la urbanización está transformando los sistemas alimentarios y afectando el acceso a dietas asequibles y saludables en los ámbitos rural-urbano; el siguiente capítulo se examina la oferta y demanda de alimentos y el costo y asequibilidad de las dietas saludables y en el capítulo 5 se analiza la viabilidad de políticas y soluciones para aprovechar la transformación de los sistemas agroalimentarios en favor de las dietas saludables en lo que se denomina el continuo rural-urbano (dos ámbitos que cada vez se articulan más).

En la Introducción se apunta que los efectos de la pandemia y el posterior proceso de recuperación económica (en el que seguimos inmersos), la guerra en Ucrania y el

¹ FAO, IFAD, UNICEF, WFP and WHO. 2023. The State of Food Security and Nutrition in the World 2023. Urbanization, agrifood systems transformation and healthy diets across the rural–urban continuum. Rome, FAO. <https://doi.org/10.4060/cc3017en>

² Profesor investigador del Departamento de Producción Agrícola y Animal, Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, e-mail: aalvarez@correo.xoc.uam.mx

aumento de los precios de los alimentos, los insumos agrícolas y la energía afectaron de manera diferencial a las regiones del mundo. Las nuevas estimaciones sobre el hambre indican que ya no está aumentando a escala mundial, pero se mantiene en niveles superiores a los precedentes a la pandemia del COVID-19 y muy lejos de alcanzar el Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 2. Este último se refiere a alcanzar el hambre cero en 2030.

Dentro de las megatendencias que condicionan la SAN en el mundo en este informe se destaca la de urbanización que, a la par, ha implicado que las zonas rurales y urbanas estén cada vez más imbricadas. Este continuo rural-urbano está provocando cambios en todos los sistemas agroalimentarios, creando a la vez desafíos y oportunidades para garantizar que todas las personas tengan acceso a dietas asequibles y saludables, por lo cual se ha tomado como eje de esta edición.

Sobre la base de estas perspectivas, se señalan políticas, inversiones y nuevas tecnologías para hacer frente a los desafíos y para aprovechar las oportunidades que la urbanización conlleva para fortalecer el sistema alimentario y, en especial, una alimentación que beneficie a las personas más vulnerables a lo largo del continuo rural-urbano.

Respecto a la urbanización, se prevé que para 2050 casi siete de cada 10 personas vivirán en ciudades e, incluso, en la actualidad esta proporción es de alrededor del 56%. La urbanización está configurando los sistemas agroalimentarios de formas que solo se pueden comprender desde la perspectiva del continuo rural-urbano, abarcando desde la producción, la elaboración y distribución, y la comercialización y adquisición de alimentos, hasta el comportamiento de los consumidores.

Debido al crecimiento de la población, las ciudades medianas y pequeñas, y los pueblos de las zonas rurales tienden cada vez más puentes entre las zonas rurales y las grandes metrópolis. Por lo tanto, en los esfuerzos por poner fin al hambre, la inseguridad alimentaria y la malnutrición en un mundo en proceso de urbanización, ya no es pertinente basarse en el supuesto tradicional de una división entre el medio rural y el medio urbano. En la medida que el mundo se urbaniza, la demanda y la oferta de alimentos cambian rápidamente, cuestionando nuestras ideas tradicionales. En algunos países, la compra de alimentos ya no es elevada solo en los hogares urbanos, sino también en los hogares rurales en los cuales la agricultura ha perdido relevancia o, en su defecto, las familias se dedican a productos que no necesariamente se incluyen en sus prioridades alimenticias, como palma africana, la caña de azúcar y algunos frutos y hortalizas que más bien se orientan a mercados urbanos de los mismos países e, incluso, a la exportación.

Además, el consumo de alimentos altamente procesados sigue aumentando en las zonas periurbanas y rurales de algunos países, mientras que el consumo de hortalizas, frutas y grasas y aceites se está estabilizando en ciertos segmentos del continuo rural-urbano. Estos notables cambios están afectando a la seguridad alimentaria y a la nutrición de las personas de formas que difieren en función de dónde vivan a lo largo de este continuo.

Una mención especial en esta reseña merece el capítulo 2 de este texto, en el cual se exponen datos relevantes en términos de la SAN en el mundo. Un primer mensaje contundente es que el hambre en el mundo, medida por la prevalencia de la subalimentación, se mantuvo relativamente sin variaciones de 2021 a 2022, pero sigue estando muy por encima de los niveles previos a la pandemia de la COVID-19, y afectó a alrededor del 9,2% de la población mundial en 2022, superior al 7,9% registrado en 2019. África fue la región con el nivel más alto de población con hambre con casi el 20%, frente al 8,5% en Asia, el 6,5% en América Latina y el Caribe y el 7% en Oceanía. En 2022 padecieron hambre en el mundo de alrededor de 735 millones, 122 millones de personas más que en 2019, reflejándose un retroceso preocupante.

Otro hecho digno de resaltar es que la inseguridad alimentaria en el mundo afecta de forma desproporcionada a las mujeres y a los habitantes de las zonas rurales. En 2022, la inseguridad alimentaria moderada o grave afectó al 33,3% de los adultos que vivían en zonas rurales, frente al 28,8% de los que vivían en zonas periurbanas y el 26,0% de los que vivían en zonas urbanas. Sobre el mismo criterio, el 27,8% de las mujeres adultas resultaron afectadas, frente a un 25,4% de los hombres.

Se calcula que, en 2022, un 29,6% de la población mundial (2 400 millones de personas) padeció inseguridad alimentaria moderada o grave, lo cual implica que carecía de acceso a una alimentación adecuada. Esto representó 391 millones de personas más que en 2019, denotando otra faceta de la problemática y la prácticamente imposibilidad de alcanzar el hambre cero en 2030.

El costo de una dieta saludable aumentó en todo el mundo un 4,3% en 2021 en comparación con 2020, y un 6,7% respecto a los niveles anteriores a la pandemia de la COVID-19. En el mundo, más de 3,100 millones de personas (42%) no podían permitirse una dieta saludable en 2021, lo que representa un aumento de 134 millones de personas en comparación con 2019. En esa línea, Asia tenía el mayor número de personas que no podían permitirse una dieta saludable (1,900 millones) en 2021, pero en África se registró la mayor proporción de la población que no podía cubrirla (78%) en comparación con Asia (44%), América Latina y el Caribe (23%), Oceanía (3%) y América septentrional y Europa (1%). En muchos países, el aumento del costo de una

dieta saludable coincidió con un descenso de los ingresos disponibles por efectos de la pandemia. En efecto, los confinamientos, el debilitamiento de la economía y otras perturbaciones provocaron pérdida de empleos y redujeron los ingresos de muchos hogares, principalmente los más pobres.

Pero en la otra parte de la ecuación de los mercados se detecta que la oferta de productos agrícolas y alimentarios también ha lesionado las economías del hogar. Los diferentes eventos descritos líneas arriba han generado turbulencias en estos mercados y, por ende, los precios se elevaron a niveles críticos. En efecto, se ha previsto que los precios de los alimentos caerán 8% en 2023, pero serán los segundos más altos desde 1975. Además, desde febrero de este año, la inflación anual de los precios de los alimentos se ubica en un 20% en todo el mundo, el porcentaje más alto de las últimas dos décadas. Por ende, las condiciones económicas mundiales se han trastocado tanto en el acceso como la disponibilidad de alimentos en el mundo, con las consecuencias más sensibles entre los segmentos más pobres de la población.

No cabe duda de que la invasión rusa a Ucrania ha tenido una gran influencia en las turbulencias de los mercados alimentarios, pues se ha perturbado sensiblemente el potencial productivo y la capacidad exportadora tanto de este país como de Rusia. Al respecto, vale la pena recordar que los dos países representaban: 25% de las exportaciones mundiales de trigo; 20% de las exportaciones de cebada y maíz; más del 50% de las de aceite de girasol y alrededor del 12% de las calorías que se comercializaban en el mundo antes del conflicto armado.

Otros datos preocupantes que vale la pena reseñar y que demandan la movilización de la sociedad global indican que, en 2022, en todo el mundo, 148,1 millones de niños y niñas menores de cinco años (22,3%) padecían retraso del crecimiento, 45 millones (6,8%) sufrían de emaciación³ y 37 millones (5,6%) tenían sobrepeso. En contraste, se informa de progresos constantes en relación con la lactancia materna exclusiva, dado que el 47,7% de los lactantes menores de seis meses de edad de todo el mundo recibieron una alimentación exclusiva de leche materna en 2021, un incremento destacado respecto al 37,0% registrado en 2012. A nivel mundial, no se han registrado variaciones importantes en el bajo peso al nacer durante las dos últimas décadas (un 16,6% en 2000 frente al 14,7% en 2020) y ninguna región ha avanzado suficientemente para alcanzar la meta

³ Según FAO, indica bajo peso para la estatura, que por lo general es el resultado de la una disminución del peso debido a un período reciente de inanición o una enfermedad grave.

prevista para 2030 de lograr una reducción del 30% con respecto al valor de referencia de 2012.

Retomando el tema del proceso de urbanización cabe retener algunos datos trascendentes. Por ejemplo, dada la mayor interrelación de zonas urbanas y rurales, los productores rurales suelen tener mejor acceso a insumos y servicios agrícolas, lo que se refleja en una mejora de la productividad y en el aumento de los ingresos. En contraparte, existen riesgos de que los productores en pequeña escala de zonas periurbanas puedan perder sus tierras ante la expansión de la mancha urbana.

Al respecto se enfatiza que en muchas partes del mundo se han urbanizado de forma rápida y el porcentaje urbano de la población mundial ha aumentado del 30% en 1950 al 56% en 2021. Se prevé que para 2050 este porcentaje alcance el 68%. En la mayoría de las regiones, esto ha obedecido en gran medida a una transformación estructural, que conlleva una reconversión económica desde principalmente la agricultura hasta una economía nacional más diversificada, reforzando los flujos de la población rural los polos urbanos-industriales. Empero, la urbanización sin crecimiento económico puede suponer condiciones de vida precarias, que implica situaciones de pobreza, falta de empleo o subempleo, carencia de infraestructuras, insuficiente acceso a servicios e inseguridad alimentaria.

Otro aspecto importante antes referido es que la urbanización ha contribuido a la propagación y el consumo de alimentos procesados y altamente procesados, que resultan cada vez más baratos y fáciles de conseguir y comercializar. Ello se refuerza con los cambios en los estilos de vida y los perfiles laborales tanto de mujeres como de hombres, así como el aumento de la duración de los desplazamientos diarios por motivos de trabajo, provocando una mayor demanda de alimentos de fácil preparación, alimentos precocinados y comida rápida. La transición alimentaria también se está registrando en las zonas rurales, aunque de forma más lenta y con menor amplitud en comparación con las zonas urbanas y periurbanas.

Se estima que alrededor de 32% de personas en entornos urbanos y periurbanos de todo el mundo consumen a diario alimentos de venta en la calle, que son especialmente ventajosos para los trabajadores y para los hogares de ingresos bajos que pueden carecer de los recursos, las instalaciones o el tiempo necesarios para preparar comidas en el hogar. Sin embargo, los alimentos de venta en la calle no siempre contribuyen a seguir dietas saludables. Existen varias deficiencias de infraestructuras y reglamentarias que se deben abordar a fin de mejorar la calidad nutricional y la inocuidad de estos alimentos. Entre ellas pueden mencionarse medidas como garantizar un suministro de agua de calidad aceptable para la preparación de alimentos, la limpieza de los lugares de preparación

y consumo de los alimentos, instalaciones sanitarias para los trabajadores, capacitación de los vendedores callejeros y, en especial, educación de los consumidores.

Dado que una cuarta parte de la población mundial vive en las zonas periurbanas de ciudades medianas y pequeñas, y de pueblos, realizar inversiones en estos espacios puede repercutir de forma significativa en las dietas más saludables de sus poblaciones frente a los beneficios que se puedan desprender del crecimiento en las grandes ciudades. Abordar algunos de los desafíos que afrontan las ciudades medianas y pequeñas y los pueblos puede permitir que los sistemas agroalimentarios impulsen un desarrollo rural inclusivo y creen oportunidades de desarrollo para las pequeñas y medianas empresas.

En síntesis, se trata de un informe que plantea problemas y tendencias en torno a la alimentación mundial, teniendo en este año como eje medular, el inexorable proceso de urbanización. Por supuesto, que datos respecto a la inseguridad alimentaria y el hambre deben de ser divulgados y formar parte del marco de referencia para funcionarios públicos y la sociedad en general, pues se requieren de enormes esfuerzos y recursos para reforzar las tendencias de recuperación y retomar la ruta del hambre cero. De cualquier forma, las mega tendencias como la urbanización que se ha abordado en este texto o, el cambio climático, que es el centro de otros documentos recientes, están motivando cambios en la estructura y funcionamiento de los sistemas alimentarios, que propician oportunidades y desafíos que obligan a la sociedad a intervenciones informadas y consensuadas para que un tema tan fundamental como la alimentación pueda cubrir las necesidades de toda la población, especialmente de los infantes.

Guía para autores

Tipo de contribución

1. Artículos de investigación
2. Notas de investigación
3. Ensayos y revisiones bibliográficas
4. Reseñas de libros y comentarios

Los *Artículos de investigación* deben reportar resultados de investigaciones originales y no haber sido entregados para su publicación en cualquier otro medio. Los artículos no deben rebasar más de 30 cuartillas manuscritas incluyendo figuras, cuadros, referencias, etc.

Las *Notas de investigación* son una descripción concisa y completa de una investigación limitada, la cual no puede ser incluida en un estudio posterior.

La *Nota científica* debe estar completamente documentada por referencias bibliográficas y describir la metodología empleada como en un artículo de investigación. No deberá exceder las 15 cuartillas, incluyendo figuras, cuadros y referencias.

Los *Ensayos y revisiones bibliográficas* deben incluir un tema de interés actual y relevante. Estos trabajos no deben exceder las 20 cuartillas.

Las *Reseñas de libros* pueden ser incluidas en la revista en un rango de libros relevantes que no tengan más de 2 años de haber sido publicados. Las reseñas no deben exceder las 6 cuartillas.

Presentación de textos

La presentación implica que todos los autores autorizan la publicación del documento y que están de acuerdo con su contenido. Al aceptar el artículo la revista puede cuestionar a el (las, los) autor(as, es) para transferir el derecho de su artículo a la editorial.

Los trabajos para consideración pueden ser enviados de dos formas:

1. Archivo electrónico. Se enviará en documento de word como un archivo adjunto al correo electrónico aalvarez@correo.xoc.uam.mx. Mediante la misma vía se realizará el acuse de recibo.
2. Documento impreso (papel). Se enviarán las copias impresas por mensajería a:

Adolfo Álvarez Macías

Director Editorial

Revista *Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente*

Edificio 34, 3° piso, Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco.

Calzada del Hueso 1100, Colonia Villa Quietud, CP 04960, México, D.F.

Tel: 5483-7230 y 31

Archivo electrónico

Se enviará el trabajo en dos archivos adjuntos. El primero incluirá el texto completo; el segundo, en caso de existir, las gráficas, tablas o figuras. El documento deberá tener los cuatro márgenes de 2.5 centímetros y numerarse de manera continua todos los renglones. El tipo de letra será Arial, tamaño 12 puntos a espacio de 1.5 de interlínea. Las cuartillas deberán estar numeradas.

Documento impreso

Para la consideración inicial del texto, es necesario enviar tres copias impresas en total, adjuntando las versiones electrónicas. Posterior a la aceptación final, deberá enviarse en un disco compacto (CD) con dos archivos: la versión final y una sugerencia de cómo quedaría impreso. En la etiqueta del disco, es necesario indicar el nombre de los archivos así como de los autores.

Preparación y consideraciones generales para el manuscrito

1. El texto deberá ser escrito en español, inglés o francés.
2. Si se decide enviar el documento impreso, es necesario adjuntar las ilustraciones originales y dos juegos de fotocopias (tres impresiones de una fotografía).
3. Deberá tener las líneas numeradas, incluyendo resumen, pies de página y referencias.
4. El texto deberá tener el siguiente orden:
 - Título (Claro, descriptivo y corto).
 - Nombre de el (las, los) autor (as, es).
 - Teléfono, correo electrónico y fax del primer autor para recibir correspondencia.
 - Dirección actual de el (las, los) autor (as, es).
 - Resumen.
 - Palabras clave (términos indexados) de 3 a 6.
 - Introducción.
 - Descripción del área, métodos y técnicas.
 - Resultados.
 - Discusión.
 - Conclusión.
 - Agradecimientos y reconocimientos.
 - Referencias.
 - Cuadros.
 - Mapas o anexos diversos.

Nota: El título y subtítulo deberán estar en líneas diferentes sin sangrías. Se utilizarán altas y bajas; se escribirá con mayúsculas el carácter inicial y los nombres propios.

5. Se deben utilizar unidades del Sistema Internacional (SI).

Resumen

El resumen deberá ser claro, descriptivo y contener no menos de 800 ni más de 900 caracteres sin considerar los espacios para cada uno de los idiomas en que se presente. Se deberá incluir el resumen en español.

Es conveniente incluir en el resumen los resultados más significativos así como las principales conclusiones.

Cuadros

1. El autor deberá tener en cuenta las limitaciones en tamaño y presentación de la revista. Deberán evitarse cuadros largos, y exceder las dimensiones de una cuartilla (21 x 27.9 centímetros). El cambiar columnas y renglones puede reducir la dimensión del cuadro.
2. Los cuadros se enumeran de acuerdo a su secuencia en el texto y en números arábigos. El texto debe incluir la fuente de todos los cuadros.
3. Cada cuadro estará impreso en una cuartilla separada del texto.
4. Cada cuadro debe tener un título corto y autoexplicativo. El tipo de letra deberá ser el mismo que el utilizado en el texto (arial, 12 pts.) y colocarse al centro y arriba.
5. Los cuadros elaborados deberán ser propios con base en la información generada por los (as) autores (as). Si llegasen a utilizar información secundaria, deberá darse el crédito correspondiente a la fuente utilizada.

Ilustraciones

1. Todas las ilustraciones (mapas, líneas de dibujo y fotografías) deberán enviarse por separado, sin marco y ajustarse al tamaño de una cuartilla (21 x 27.9 cm).
2. Las ilustraciones deberán ser secuenciadas con números arábigos de acuerdo al texto. Las referencias deben ser hechas en el texto para cada ilustración.
3. Las ilustraciones que contengan texto deberán estar en Indian ink o en etiquetas impresas. Asegurarse que el tamaño del caracter sea lo bastante grande para permitir una reducción del 50% sin volverse ilegible. Los caracteres deberán estar en español, inglés y francés. Usar el mismo tipo de caracter y estilo de la revista.
4. Cada ilustración debe tener una leyenda.
5. Las fotografías sólo son aceptables si tienen un buen contraste e intensidad. Las copias deben ser nítidas y brillantes.
6. Pueden enviarse ilustraciones a color, pero deberá tomarse en cuenta que serán convertidas en escala de grises para su publicación.
7. El formato de entrega será tiff o eps en alta resolución (300 dpi a tamaño carta o proporcional para su manejo).

Referencias

1. Todas las publicaciones citadas a lo largo del documento deberán ser presentadas con datos en la lista de referencias al final del texto.

2. Dentro del texto, al referirse a un autor (as, es) deberá hacerse sin inicial seguido del año de publicación y, de ser necesario, por una referencia corta sobre las páginas. Ejemplo: “Desde que Martínez (2007) demostró que...”, “Esto coincide con resultados posteriores (Sánchez, 2009: 20-21)”.
3. Si la referencia que se indica en el texto es escrita por más de dos autores, el nombre del primer autor será seguido por “et al.” o “y colaboradores”.
4. La lista de referencias deberá indicarse en orden de acuerdo al apellido de el (as, os) autor (as, es), y cronológicamente por autor.
5. Usar el siguiente sistema para indicar las referencias:

a. De publicación periódica

Gligo, N., 1990, “Los factores críticos de la sustentabilidad ambiental del desarrollo agrícola”, *Comercio Exterior*, 40(12):135-142.

b. Editado en Simposium, edición especial etc, publicación en periódico

CIAT-UNEP, 1995, Marco conceptual para el desarrollo y uso de indicadores ambientales y de sustentabilidad para toma de decisiones en Latinoamérica y el Caribe, Documento de discusión, Taller regional sobre uso y desarrollo de indicadores ambientales y de sustentabilidad, PNUMA, México.

c. De libros

Sassen, S., 1999, *La ciudad global*, EUDEBA/Universidad de Buenos Aires, Argentina.

d. De un capítulo en libro

Muñoz, O., 1991, “El proceso de industrialización: teorías, experiencias y políticas”, en Sunkel, O., (comp.), *El desarrollo desde dentro*, Lecturas, núm. 71, FCE, México.

e. De tesis

Evangelista, O. y C. Mendoza, 1987, *Calendarios agrícolas en cuatro ejidos del Municipio de Coxquibui, Veracruz*, tesis de Licenciatura en Biología, Facultad de Ciencias, UNAM. México.

f. De referencias de sitios

Banco Central de la República Argentina, 2005. “Entidades Financieras: Información por entidad”, disponible en <http://www.bcr.gov.ar/comunes/p0003.asp>, consultado el 23/01/2005. Fecha última actualización: 07/01/2005. Unión Cívica Radical: Comité Nacional (UCR Web). Disponible en: <http://wwwwww.ucr.org.ar/>, consultado el 28/10/2000.

g. De artículos de publicaciones periódicas en bases de datos

Schrader, A., 1999, "InternetCensorship: Issues for teacher-librarian", en *Teacher Librarian*, vol. 26, núm. 5, Academic Search Elite, pp. 8-12, disponible en <http://www.epnet.com/ehost/login.html>, consultado el 28/11/2000.

Para otros ver detalles en página web de la revista.

Fórmulas

1. Las fórmulas deberán ser escritas de acuerdo a los estándares de la revista. Dejar un espacio amplio alrededor de las fórmulas.
2. Los subíndices y superíndices deberán ser claros.
3. Los caracteres griegos y otros no latinos o símbolos escritos a mano deberán ser explicados e indicar su significado al margen de la página en donde aparecen por primera vez. Tener especial cuidado para mostrar claramente la diferencia entre un cero (0) y el caracter O y entre el 1 y el caracter I.
4. Para indicar fracciones simples, utilizar la diagonal (/) en lugar de una línea horizontal.
5. Enumerar, en paréntesis, las ecuaciones a la derecha. En general, sólo las ecuaciones explícitamente referidas en el texto, necesitan ser numeradas.
6. Se recomienda el uso de fracciones en lugar de signos de raíz.
7. Los niveles de significancia estadística que son mencionados sin más explicación son $P < 0.05 = *$, $P < 0.01 = **$ y $P < 0.001 = ***$
8. En las fórmulas químicas, las valencias de los iones deberán indicarse, por ejemplo, como Ca^{2+} y no como Ca^{++} .

Pie de página

1. Se recomienda hacer los pies de página a través de un procesador de textos.
2. En caso de utilizarlos, deberán numerarse en el texto, indicando el número como superíndice y que sean tan cortos como sea posible. El tamaño del carácter será de 8 pts.

Nomenclatura

1. Los autores y editores aceptarán las normas de nomenclatura biológica vigente.
2. Todos los seres vivos (cultivos, plantas, insectos, aves, mamíferos, etc.) deberán ser identificados por sus nombres científicos, con excepción del nombre común de animales domésticos.

3. Todos los seres vivos y otros compuestos orgánicos deberán ser identificados por sus nombres genéricos cuando son mencionados por primera vez en el texto. Los ingredientes activos de todas las formulaciones deberán ser igualmente identificadas.

Derechos de autor

1. Cuando el autor cite algún trabajo de otra persona o reproduzca una ilustración o tabla de un libro o artículo de revista debe estar seguro de no estar infringiendo los derechos de autor.
2. Aunque en general un autor puede citar de otro trabajo publicado, debe obtener permiso del poseedor del derecho de autor si se requiere reproducir tablas, placas u otras ilustraciones.
3. El material en trabajos no publicados o protegidos, no podrá ser publicado sin obtener el permiso por parte del poseedor de los derechos.
4. Deberá incluirse un agradecimiento por algún material autorizado para su publicación.

Criterios de ditaminación y pruebas del formato del trabajo

1. Una vez revisado, conforme a las políticas de la revista, cada texto será sometido para su dictamen al menos a dos revisores miembros del Comité Editorial. Para ser publicado cada trabajo deberá contar con dos dictámenes aprobatorios.
2. Si el documento cuenta con observaciones, se regresará el texto para la corrección. Una vez realizadas las correcciones conforme a los criterios de evaluación del Comité Editorial de la revista, se enviará una prueba de formación al autor correspondiente. Sólo los errores tipográficos serán corregidos; no se harán cambios o adiciones al documento.

Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente.
Revista electrónica
Se terminó de formar en noviembre de 2023