

ESTRATEGIAS AGROECOLÓGICAS EN LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGROPECUARIOS DEL SURESTE DE MÉXICO

EDITORES

Verónica Rosales Martínez • Rubén Monroy Hernández
Froylan Rosales Martínez • Jaime Bautista Ortega



FACULTAD MAYA DE ESTUDIOS
AGROPECUARIOS



ESTRATEGIAS AGROECOLÓGICAS
EN LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN
AGROPECUARIOS DEL
SURESTE DE MÉXICO

Octubre, 2024



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS

Dr. Carlos F. Natarén Nandayapa
Rector

Dra. María Eugenia Culebro Mandujano
Secretaria General

Dra. Guillermina Vela Román
Secretaria Académica

Dra. María Guadalupe Rodríguez Galván
Directora General de Investigación y Posgrado

Dr. Rubén Monroy Hernández
**Director de la Facultad Maya
de Estudios Agropecuarios**

MC. Sergio Ramos Jiménez
**Secretario Académico
de la Facultad Maya de Estudios Agropecuarios**

Dr. Facundo Sánchez Gutiérrez
**Coordinador de Investigación y Posgrado
de la Facultad Maya de Estudios Agropecuarios**



ESTRATEGIAS AGROECOLÓGICAS EN LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGROPECUARIOS DEL SURESTE DE MÉXICO

EDITORES

Verónica Rosales Martínez ● Rubén Monroy Hernández
Froylan Rosales Martínez ● Jaime Bautista Ortega



ESTRATEGIAS AGROECOLÓGICAS EN LOS SISTEMAS
DE PRODUCCIÓN AGROPECUARIOS DEL SURESTE DE MÉXICO
1ª Edición 2024

Edición:

Verónica Rosales Martínez, Rubén Monroy Hernández, Froylan Rosales Martínez
y Jaime Bautista Ortega

Composición y Diseño editorial:

Bernardo O. R. De León

ISBN: 978-607-561-227-0

D.R. © 2024 Universidad Autónoma de Chiapas
Boulevard Belisario Domínguez km 1081, sin número, Terán, C. P.
29050, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.
Miembro de la Cámara Nacional de la Industria Editorial Mexicana con
número de registro de afiliación: 3932.
Miembro de la Red Nacional de Editoriales Universitarias y Académicas
de México, Altexto.
Miembro de la EULAC, Asociación de Editoriales Universitarias de
América Latina y El Caribe.

D.R. © 2024 Facultad Maya de Estudios Agropecuarios de la Universidad Autónoma
de Chiapas, Carretera Catazajá-Palenque Km. 4, C.P. 29980,
Catazajá, Chiapas, México.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura de los editores de la publicación o de la Universidad Autónoma de Chiapas; la información y análisis contenidos en esta publicación son estrictamente responsabilidad de los autores de los capítulos. Se autoriza la reproducción parcial de los textos aquí publicados, siempre y cuando se haga sin fines comerciales y se cite la fuente completa, así como la dirección electrónica de la publicación. La composición de interiores y el diseño de cubierta son propiedad de la Universidad Autónoma de Chiapas. Las fotografías, imágenes y figuras contenidas en el presente documento son responsabilidad y propiedad de los autores de cada capítulo, con excepción de las especificadas.

La forma para citar cualquiera de los capítulos es la siguiente: Autores. 2024. Nombre del capítulo. Pp #. En: Rosales Martínez, V., Monroy Hernández, R., Rosales Martínez, F., Bautista Ortega, J. (Editores). Estrategias Agroecológicas en los Sistemas de Producción Agropecuario del Sureste de México, 2024. ISBN: en trámite. Facultad Maya de Estudios Agropecuarios, de la Universidad Autónoma de Chiapas. Catazajá, Chiapas, México. 000 p.

Cada capítulo que forma parte de esta publicación fue evaluado de forma individual por pares académicos, mediante un proceso a doble ciego.

Editado e impreso en México
Edited and printed in Mexico





Contenido

- 9 **PRESENTACIÓN**
- 11 **CAPÍTULO I**
Aceptación y potencial económico-social del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* en dos comunidades rurales de Champotón, Campeche
- 31 **CAPÍTULO II**
Desarrollo de tecnologías endógenas mediante aprovechamiento de recursos fúngicos: el caso del género *Schizophyllum*
- 51 **CAPÍTULO III**
Análisis bibliométrico de la investigación científica sobre estrategias agroecológicas

CAPÍTULO IV

- 67 Lombricomposta de cachaza de caña y abonos animales en el crecimiento de *Clitoria ternatea*

CAPÍTULO V

- 85 Materia orgánica y densidad aparente del suelo en agrosistemas convencionales

CAPÍTULO VI

- 101 Potencial de *Coturnix coturnix japónica* y plantas locales como estrategia alimentaria en zonas rurales

CAPÍTULO VII

- 117 Relevo generacional como estrategia para la sustentabilidad social de agroecosistemas cafetaleros en Chiapas, México: estudio de caso

CAPÍTULO VIII

- 135 Lentejas de agua para la producción de alimento alternativo

CAPÍTULO IX

- 157 Estudio de caso: estado actual del agroecosistema acuícola en el estado de Campeche





Presentación

Estimado lector, en esta obra académica titulada *Estrategias Agroecológicas en los Sistemas de Producción Agropecuario del Sureste de México*, encontrarás los resultados agroecológicos más importantes de esta zona geográfica.

Dichos logros científicos se desarrollaron con técnicas, métodos y metodologías acordes al contexto territorial, con la participación de investigadores de la Universidad Autónoma de Chiapas y del Colegio de Posgraduados Campus Campeche, con la convicción de abonar en el Proyecto Académico “Consolidación de la excelencia académica” del C. Dr. Carlos F. Natarén Nandayapa, Rector de la Universidad Autónoma de Chiapas.

Además, se comparten las contribuciones más sobresalientes que han realizado los jóvenes catedráticos CONAHCYT, ahora llamados Jóvenes Investigadores por México

(IXM), durante el desarrollo del proyecto 2181 “Estrategias agroecológicas para la seguridad alimentaria en zonas rurales de Campeche” en el Campus Campeche del Colegio de Postgraduados en conjunto con los investigadores de la Universidad Autónoma de Chiapas.

Este proyecto inició en el año 2014 y durante una década los IXM se integraron al Núcleo Académico Básico del posgrado Maestría en Ciencias en Bioprospección y Sustentabilidad Agrícola en el trópico. Su capacidad académica permitió el ingreso de ese posgrado al PNPC en el año 2015.

A través de este libro, los IXM y académicos Unachenses nos comparten los vacíos sobre estrategias agroecológicas que existen actualmente en investigaciones científicas a nivel mundial y, después de hacer una diferenciación en cuanto al énfasis que hacen los países desarrollados, nos presentan los retos que existen en nuestro país, así como ejemplos de estos.

Jaime Bautista Ortega

CAPÍTULO I

Aceptación y potencial económico-social del hongo comestible *pleurotus ostreatus* en dos comunidades rurales de Champotón, Campeche

Verónica Rosales Martínez^{1-2*}
Rosa Elena Hernández Hernández²
Geydi Mariela de la Cruz Blanco²
Carolina Flota Bañuelos¹⁻²
Silvia Fraire Cordero¹⁻²
Jaime Bautista Ortega²
Santa Dolores Carreño Ruiz³

¹ Investigadora por México CONAHCyT,

² Colegio de Postgraduados, Campus Campeche. Carretera Haltunchén-Ezdná, km 17.5, Sihochac, Champotón, Campeche, México CP. 24450

³ Universidad Autónoma de Chiapas, Facultad Maya de Estudios Agropecuarios

Correspondencia: *vrosales@colpos.mx



CAPÍTULO I

Aceptación y potencial económico-social del hongo comestible *pleurotus ostreatus* en dos comunidades rurales de Champotón, Campeche

Verónica Rosales Martínez, Rosa Elena Hernández Hernández, Geydi Mariela de la Cruz Blanco, Carolina Flota Bañuelos, Silvia Fraire Cordero, Jaime Bautista Ortega y Santa Dolores Carreño Ruiz

INTRODUCCIÓN

En el mundo, una parte de la población sufre de hambre a pesar de que se cuenta con suficiente comida; los pronósticos indican que este problema se puede agravar ante el gradual aumento poblacional, el cual se prevé, aumente para el año 2050 a 9 millones de habitantes, y por ende la producción de alimentos también debe aumentar para satisfacer el hambre de todos (Mc Carthy *et al.*, 2018; Tyczewska *et al.*, 2018).

El panorama de la seguridad alimentaria en México muestra que aproximadamente 28 millones de personas no tuvieron acceso a una alimentación adecuada (CONEVAL, 2018). En ese sentido, el estado de Campeche se encuentra entre los primeros

diez estados con mayor nivel de pobreza y carencia alimentaria (CONEVAL, 2020), aunado a esto, ocupa el cuarto lugar en obesidad infantil.

Ante este panorama, surge la necesidad de la implementación de políticas públicas agroecológicas como estrategias de seguridad alimentaria en las zonas rurales, estableciendo una combinación de saberes entre pobladores del medio rural, extensionistas y científicos (Sámano, 2013). Así mismo, se ha manifestado que los pequeños productores agrícolas tienen el interés en aprender y aplicar estrategias agroecológicas que ayuden a mejorar su sistema de producción alimentario. Por lo tanto, actividades como el cultivo de hongos comestibles representan una excelente oportunidad para ser incorporadas al consumo familiar como aporte a la seguridad alimentaria (Martínez-Carrera *et al.*, 2010).

El cultivo de hongos comestibles en residuos agroindustriales es una actividad milenaria, difundida y practicada en todo el mundo (Michel *et al.*, 2015). Los residuos agrícolas, agroindustriales y urbanos, de origen vegetal, presentan un alto contenido de celulosa; un polímero de glucosa; que es el principal componente de la pared celular de las plantas. Este compuesto es uno de los más abundantes en el planeta, debido a que solo algunos organismos tienen la capacidad de degradarlo y aprovecharlo como fuente de carbono.

Otro compuesto presente en estos residuos es la lignina, la cual es un complejo químico aromático fenólico, que se encuentra localizado entre las moléculas de la celulosa y hace aún más difícil su degradación. Dentro de los organismos capaces de aprovechar estos materiales se encuentran los hongos de la pudrición blanca que degradan la celulosa y lignina de troncos a través de enzimas que secretan al medio en el que crecen obteniendo así sus nutrientes (Díaz *et al.*, 2019). Además de poseer excelente sabor, los hongos comestibles presentan un gran potencial biotecnológico debido a su capacidad de producir

enzimas y fármacos, y de servir para biorremediación, entre otros usos (Michel *et al.*, 2015).

La especie de *Pleurotus ostreatus*, también denominadas setas, son macro hongos que poseen órganos productores de esporas característicos de los basidiomicetos, grupo en el que se encuentran la mayoría de las especies comestibles y medicinales del reino fungi (Ríos *et al.*, 2010). Los hongos del género *Pleurotus spp.*, se caracterizan por tener propiedades medicinales conocidas, como generar retardo en el crecimiento de tumores, disminuir los niveles de colesterol en la sangre, poseer sustancias antioxidantes e inmunomoduladoras (López *et al.*, 2008). Contienen 350 calorías, 21.7-23.9% de proteínas, una digestibilidad de 80-87%, vitaminas (A, B₁, B₂, B₆, B₁₂, C, D₂, D₃, niacina, ácido pantoténico, pro-vitamina D₂), minerales (hierro, potasio, fósforo, cobre, selenio, calcio, magnesio, manganeso, zinc), 11.9% de fibra, 3.2% de grasas y 57% a 61% de carbohidratos.

Por lo tanto, el objetivo del presente capítulo es exponer el reconocimiento y aceptación de *Pleurotus ostreatus* y su potencial económico-social, por parte de las comunidades de Sihochac y Santo Domingo Kesté, Champotón, Campeche, respectivamente.

Lo anterior, basado en experiencias de trabajo desarrolladas en Champotón, Campeche, por parte de investigadores pertenecientes al Colegio de Posgraduados, a fin de documentar referentes para continuar incentivando el cultivo de hongos en el sureste mexicano, como estrategia agroecológica que contribuye a la seguridad alimentaria.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

Esta investigación se realizó en las comunidades de Sihochac y en Santo Domingo Kesté, del municipio de Champotón, Campeche. Sihochac se encuentra a 19.50° 13' 53" LN y 90.58° 36' 13" LO



a 19 msnm (Rosales *et al.*, 2019). Predomina el clima cálido subhúmedo con una precipitación de 100 mm anuales (INEGI, 2020). La edafología que se encuentra es tipo Gleysol (INEGI, 2020). Se dedican principalmente a la agricultura y entre los cultivos que realizan destaca la caña. Su fiesta religiosa la dedican al santo patrono San Francisco de Asís y se desarrolla en el mes de octubre (Enciclopedia de los municipios y delegaciones, 2005).

Mientras que Santo Domingo Kesté se encuentra ubicada a 19.49° 93' 29" LN y 90.51° 15' 37" LO a 28 msnm (Rosales *et al.*, 2019), predominando el clima cálido subhúmedo con una precipitación de 100 mm anuales (INEGI, 2020). La edafología del lugar es el Gleysol (INEGI, 2020). Con una extensión territorial de 1.799 km². La comunidad se fundó en 1994, resultado de una movilización forzada, motivada por el conflicto armado en Guatemala. En su mayoría la población actual de Kesté está compuesta por q'anjobales, mames, chujes y q'eqchies (Guerra, 2017).

Reconocimiento y aceptación de *Pleurotus ostreatus*

El nivel de reconocimiento y aceptación de *Pleurotus ostreatus*, se identificó mediante la aplicación de una encuesta dirigida a los pobladores de la comunidad de Sihochac. El muestreo fue dirigido y se consideró a las personas que accedieran a participar en la misma. En total se contó con la participación de 55 personas y el tamaño de muestra se consideró hasta que la información fue redundante y se alcanzó el mínimo necesario de personas de acuerdo con lo propuesto por Baker y Edwards (2013).

Potencial económico-social de *Pleurotus ostreatus*

El potencial económico-social que representa la producción de *Pleurotus ostreatus*, se identificó a través de la información generada en un taller en el que participó un grupo de 12 productoras de *Pleurotus ostreatus* de la comunidad de Santo Domingo Kesté. Destacándose que dicho grupo ya había recibido capacitaciones

y asesorías por parte de investigadores y técnicos del Colegio de Postgraduados. De este modo, las productoras participaron en el desarrollo de un análisis de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas (FODA), que ellas consideraron con relación a la producción de hongos comestibles.

Análisis estadísticos

Para los análisis estadísticos se utilizó Excel, se calcularon promedios y se realizaron tablas de frecuencias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Reconocimiento y aceptación de *Pleurotus* en Sihochac

El instrumento aplicado inició con el cuestionamiento acerca del conocimiento de algún hongo comestible por lo que, de 55 encuestados, el 93% respondió que sí, y un 7% que no, pero, aunque la mayoría respondió conocerlos, solo el 78% los ha consumido y un 22% no lo ha hecho, es decir solo 43 personas muestran conocimiento en cuanto al consumo de hongos comestibles, debido a que las 12 restantes no lo conocían o no los habían probado, así mismo, al 91% sí les gusta el sabor y solo el 9% respondió que no les gusta. Cuando se les preguntó si comprarían productos elaborados con hongos comestibles, el 84% respondió que sí y 16% respondió que talvez. Esto último puede deberse a aquellas personas que no conocen los hongos comestibles, o si los conocen, no los han probado (Tabla 1).

Esta pregunta revela datos importantes acerca del reconocimiento de los hongos como fuente de alimento principalmente y de esta manera permite contar con referencias para saber de qué manera proporcionar información sobre los beneficios del consumo de las setas y otros hongos, así como de las formas de producción de especies como *Pleurotus ostreatus* para el consumo familiar y para la venta.



Tabla 1
Reconocimiento y aceptación de hongos comestibles.

Pregunta	SI	%	NO	%	TALVEZ	%	TOTAL
1. ¿Conoce los hongos?	51	93	4	7	--	--	55
2. ¿Ha consumido hongos?	43	78	12	22	--	--	55
2. ¿Le gusta su sabor?	41	91	4	9	--	--	45
3. ¿Compraría productos de hongos?	46	84	0	0	9	16	55

Fuente: Elaboración propia.

Motivos por los que no es habitual el consumo de hongos comestibles

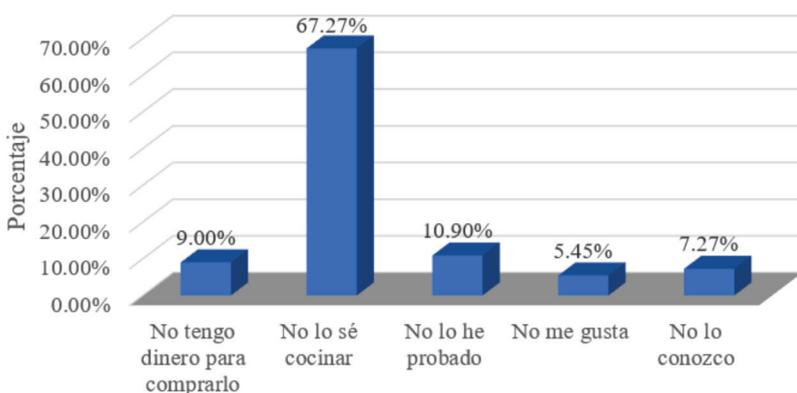
Cuando se les preguntó si los hongos comestibles forman parte de su dieta alimenticia, el 98% respondió que no, y solo un 2% respondió que sí. Por lo tanto, se procedió a cuestionarlos sobre cuál era el motivo para no consumir hongos comestibles, de los 55 encuestados, el 67.25% externó que porque no sabían cocinarlo, un 10.9% porque no lo había probado y 9, 7.27 y 5.45% debido a que no tienen dinero para comprarlo, no les gusta y no lo conocen, respectivamente (Figura 1). Al respecto, Caballero (2011), coincide con algunas de las respuestas aquí encontradas, al mencionar que en el municipio de Santos Reyes Tepejillo, Oaxaca, algunas mujeres han revelado que no consumen el hongo seta por falta de conocimiento en su preparación. Además, la mayoría de las personas desconoce el contenido nutrimental del hongo seta y cualquier tipo de hongo, diferente al champiñón (*Agaricus bisporus*) es considerado peligroso para la salud.

La información de la Figura 1 indica que se deben implementar diversas estrategias de valor agregado que son funcionales para los hongos comestibles y comercializarlos de manera más

eficiente. Debido a que la mayoría respondió no saber cocinarlos, lo más conveniente sería realizar un subproducto como mermeladas, embutidos, empanadas, entre otros, así como lo proponen De la Cruz *et al.* (2020).

Figura 1

Motivo por el que las familias rurales no consumen hongos comestibles.



Fuente: Elaboración propia.

Para ello, el sector académico juega un papel sumamente relevante al contar con el conocimiento para realizar la transferencia de tecnología con relación al cultivo de hongos comestibles en las comunidades rurales, como una estrategia integral que permita el rescate de los saberes tradicionales e incentivar en la población el consumo de las especies fúngicas de alto valor nutricional lo que, al mismo tiempo, permite generar estrategias de aprovechamiento y reutilización de residuos agrícolas o agroindustriales en la región.

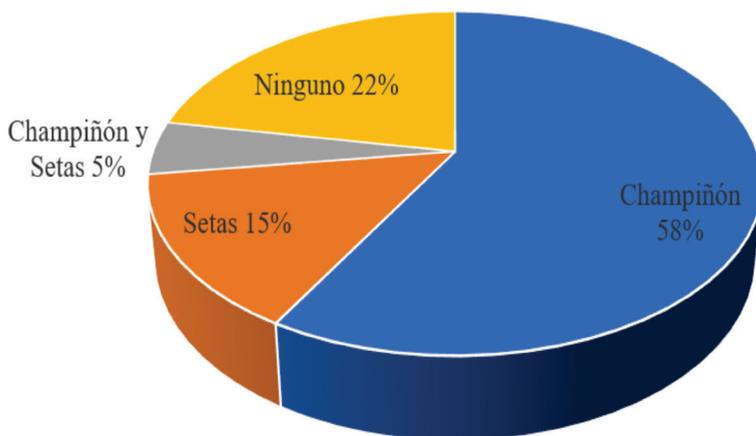
Tipos de hongos comestibles y formas de consumo

Cuando se identificó a las personas que ya habían consumido algún hongo comestible, se les realizó la pregunta sobre qué tipo de hongo era el que habían consumido, el 58% respondió que el champiñón, el 15% que las setas, un 5% el champiñón y setas, un 22% respondió que no había consumido ninguno (Figura 2).



Figura 2

Hongos consumidos por las familias encuestadas.



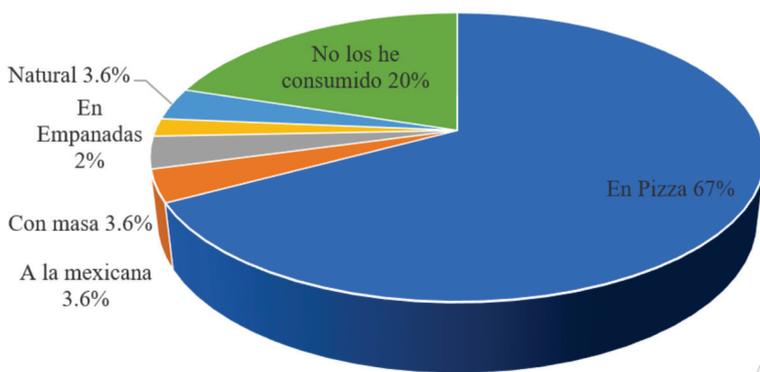
Fuente: Elaboración propia.

Se percibe que el hongo más consumido es el champiñón, por lo tanto, se podría asegurar que tendría mejor aceptación en los mercados locales y regionales, no obstante, el proceso de producción para este hongo es diferente al de *Pleurotus ostreatus* ya que requiere condiciones más particulares y delicadas que inclusive representan la adquisición de tecnologías de alto costo, por lo que no es una opción viable para las condiciones climáticas presentes en estas regiones, dado que *A. bisporus* se reproduce de manera eficiente en temperaturas óptimas de 12 y 14 °C (Fernández, 2005).

Respecto a la forma de consumo de los hongos, el 67% de ellos respondió que en pizzas, el 3.6% que a la mexicana, 3.6% con masa y otro 3.6% de forma natural, así mismo un 20% de ellos respondió que no los había consumido (Figura 3). Actualmente los roles alimenticios han cambiado y las personas han optado más por comidas rápidas y abandonado sus alimentos variados y balanceados, esto genera obesidad, enfermedades del corazón, diabetes, etcétera, en la mayoría de la población, concentrándose un gran porcentaje en niños y jóvenes (FAO, 2018).

Figura 3

Forma de consumo de hongos comestibles en comunidades de Champotón, Campeche.



Fuente: Elaboración propia.

Las setas son preparadas de manera diferente a los champiñones; no obstante, es necesario explorar otras formas de preparación de ellas con la finalidad de un mayor reconocimiento y aceptación por parte de la población.

Estudio de factibilidad económico-social de la producción de hongos comestibles

Al realizarse el análisis FODA con el grupo de productoras de Santo Domingo Kesté (Figura 4), con respecto a las fortalezas detectadas, algunas participantes mencionaron buena organización en el trabajo, acertaron en decir que contaban con los materiales de trabajo, con leña para pasteurizar los sustratos, con el espacio o módulo para trabajar, que tienen muchas ganas de trabajar y que se consideran unidas para ello, además de que cuentan con el sustrato para la producción. Caballero (2011), menciona que un grupo del municipio de Santos Reyes Tepejillo, Oaxaca, cuenta con todos los materiales que se utilizan para la producción de hongos comestibles, Chafchalaf (2010) y Albores-Pérez y Álvarez-Gutiérrez (2010), también coincidieron al mencionar la disponibilidad de residuos para utilizarlos como sustrato para la producción de



hongos comestibles en Huehuetenango, Guatemala y en cuatro comunidades de Chiapas, respectivamente.

Figura 4

Grupo de productoras de *Pleurotus ostreatus* de Santo Domingo Kesté, Champotón, Campeche.



Fuente: Morán-Arellanos, T.

No obstante, entre las debilidades para la producción de hongos comestibles se encuentra la falta de semillas para sembrar, por lo que tienen que comprar la semillas en otros estados y, aunque el precio por kg de micelio no es elevado, los costos de transporte o envío lo elevan.

Junto a la debilidad anterior, se reportó la falta de capacitación, los cuales serían factores externos al grupo y que de estos obstáculos podrían encargarse las instituciones de investigación, como son las universidades o el mismo Colegio de Postgraduados; por otro lado, la falta de comunicación, de economía, de interés e impuntualidad están relacionadas con los problemas que presenta el grupo para trabajar (Figura 5).

Chafchalaf (2010), Caballero (2011) y Albores-Pérez y Álvarez-Gutiérrez (2015), coinciden en las debilidades para la producción de hongos comestibles en Huehuetenango, Puebla, al decir que hace falta personal capacitado (técnico-administrativo) para

la transferencia y adopción de las innovaciones tecnológicas y administrativas de la producción rural de los hongos comestibles.

Figura 5

Productora de hongos setas (*Pleurotus ostreatus*) explicando las debilidades de la producción, en Santo Domingo, Kesté, Champotón, Campeche.



Fuente: Rosales-Martínez, V.

Las amenazas identificadas estuvieron enfocadas en la prohibición de las ventas, los precios del producto, el clima cambiante, la competencia con otros productores y no poder insertar su producción en el mercado e incluso, como lo mencionan Albores-Pérez y Álvarez-Gutiérrez (2015), a que solo pueden colocar el producto en mercados locales durante cortos periodos de tiempo. Chafchalaf (2010), también coincidió en algunas amenazas detectadas, por ejemplo los desastres naturales debido al clima cambiante y a la competencia que pueda existir por la producción de otros productores.

Entre las oportunidades identificadas, enmarcaron al conocimiento que ya poseen para producir hongos comestibles que siempre están dispuestas a ayudarse entre sí, a que, si producen



hongos y los consumen, mejoran su salud, ayudan a su crecimiento y desarrollo, mejoran su situación económica, se autoemplean al considerar la producción de hongos comestibles como una oportunidad de trabajo, que pueden encontrarle mercado y que también con esta actividad se promueve la convivencia social (Tabla 2). Chafchalaf (2010), también coincidió con algunas oportunidades detectadas como el aporte nutricional para mejorar la salud y apoyar al desarrollo de las personas.

Tabla 2

Análisis FODA del proyecto hongos comestibles en Santo Domingo Kesté, Champotón, Campeche.

Debilidades	Fortalezas
Falta de comunicación	Materiales de trabajo
Falta de semillas	Contamos con leña
Falta de capacitación	Se cuenta con el local de trabajo
Falta de organización	Ganas de trabajar
Falta de economía	Estar unidos
Impuntualidad	Cuentan con el sustrato
Falta de interés	
Amenazas	Oportunidades
Que se prohíban las ventas	Conocimiento
Precio del producto	Ayudar
Falta de ayuda para los productores	Mejorar la salud
Cambio de clima	Crecimiento y desarrollo
Falta de información para vender el producto	Situación económica
Competencia con otros productores	Oportunidades de trabajo
	Mercado
	Convivencia
	Compartir experiencias

Fuente: Elaboración propia.

En contraparte y como respuesta al análisis FODA realizado, se diseñaron las siguientes estrategias para combatir las debilidades y amenazas detectadas en la producción de hongos comestibles (Tabla 3).

Tabla 3

Estrategias derivadas del análisis FODA del proyecto hongos comestibles en Santo Domingo Kesté, Champotón, Campeche.

Debilidades

Realizar actividades en las que las personas interactúen unos con otros y de esta manera se tengan más confianza para su comunicación.

Para contrarrestar la adquisición de semillas, existen tres alternativas: a) Buscar un proveedor de semillas a buen precio y que se encuentre lo más cercano posible al sitio de producción, b) que las instituciones de investigación y/o extensiones más cercanas cuenten con un laboratorio o planta productora de micelio capaz de surtir a las productoras y c) desarrollar una estrategia que permita a la comunidad contar con un área básica para procesar la semilla con la asistencia técnica por parte de los investigadores y técnicos del Colegio de Posgraduados e instituciones relacionadas.

Capacitar a la población que desee producir *Pleurotus ostreatus*.

Organizarse para la realización de actividades o tareas.

Exigir la puntualidad para todos con sanciones de trabajo o económico.

Dar a conocer los beneficios que proporciona la producción de las setas a través de talleres comunitarios.

Amenazas

Considerar las normas para la producción de setas y evitar problemas en la prohibición de su comercialización.

Buscar precios justos y razonables tanto para el productor como para el consumidor.

Solicitar apoyo con el alcalde de la comunidad con programas que ayuden a los productores de manera económica.

Brindarles asesoría a los productores sobre precios y formas de comercializar el producto.

Fuente: Elaboración propia.

La situación que se refleja a través del trabajo realizado en ambas comunidades constituyen un referente clave, para continuar trabajando la línea de generación de conocimiento con relación al consumo y cultivo de hongos comestibles en la zona, como estrategia agroecológica, que además de difundir en los pobladores los beneficios del consumo de hongos y su potencial productivo, permita contribuir con el aprovechamiento sustentable de residuos agrícolas provenientes de actividades primarias en la región, como el cultivo de maíz y caña de azúcar, los



cuales generan una gran cantidad de residuos que pueden constituir vías de producción factibles para dichos hongos.

CONCLUSIONES

Se encontró que la mayoría de los habitantes encuestados del municipio de Champotón no conocen al hongo comestible (*Pleurotus ostreatus*), no obstante, aun sin conocerlo, aceptarían consumir esta seta si se les enseñara a cocinarla, ya que el principal obstáculo para consumirla fue el desconocimiento de su preparación.

La producción del hongo comestible (*Pleurotus ostreatus*) es una actividad con potencial económico-social, pero con ciertos obstáculos que pueden limitar su producción, como falta de asesoría, falta de micelio para sembrar, falta de organización, falta de mercado del producto, el precio y la competencia que pueda haber con otros productores e incluso el cambio de clima.

Estos resultados indican que la producción de hongos comestibles, específicamente *Pleurotus ostreatus* es importante y presenta un gran potencial económico-social para las familias rurales del municipio de Champotón y que, aunque no es un alimento tradicional y su consumo es poco o nulo, puede integrarse como un complemento más en la dieta de los habitantes de este municipio, siempre y cuando se brinde información sobre el proceso de producción, contenido nutrimental y aporte al medio ambiente al utilizar residuos que en la actualidad no se han utilizado en esta actividad.

Así mismo, el análisis FODA permitió identificar los factores positivos y negativos en la producción de estas setas, para posteriormente ayudar a la definición de estrategias en pro del fortalecimiento y empoderamiento de esta actividad en las zonas rurales de estas regiones. Además, es necesario que haya un vínculo entre políticas públicas y la sociedad rural para

la implementación de programas de capacitación en temas específicos de hongos comestibles para la seguridad alimentaria.

Agradecimientos

Los autores agradecen a Cátedras CONAHCyT por el proyecto 2181 “Estrategias agroecológicas para la seguridad alimentaria de las zonas rurales de Campeche” y al Colegio de Postgraduados Campus Campeche por todas las facilidades otorgadas para la publicación de este documento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albores-Pérez, B., y Álvarez-Gutiérrez, P. (2015). *Análisis de la cadena de valor de producción de setas (Pleurotus spp.) en cuatro municipios de Chiapas* 25, (6): 51-58.
- Baker, S. E., y Edwards, R. (2013). How many qualitative interviews is enough? Inglaterra: National Centre for Research Methods, *Economic & Social Research Council*. Recuperado de http://eprints.ncrm.ac.uk/2273/4/how_many_interviews.pdf
- Barba B. M., F. Assumpção F., H. Aparecida M., G. Lopes T., S. Ávila, P. Silveira H., A. Maccari A., R. Hoffmann R. (2019). Factors affecting mushroom. *Pleurotus spp.* Saudi J. Biol. Sci. 26:633-646. DOI: 10.1016/j.sjbs.2016.12.005
- Caballero, H. C. (2011). *Diseño de un plan de mercadotecnia para la organización ITA YUKU productora de hongo seta, en el municipio de Santos Reyes Tepejillo, Oaxaca*. Tesis para obtener el título de Licenciada en Ciencias empresariales. Universidad Tecnológica de la Mixteca. Huajuapán de León, Oaxaca. 93 p.
- Chafchalaf, P. R. M. (2010). *Estudio de métodos para el desarrollo de los hongos ostra en Huehuetenango, en el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales*. Tesis para obtener el grado de Ingeniería Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, Guatemala. 73 p.
- Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL). (2018). *Listado de Programas y Acciones de Desarrollo Social Federal 2018*. Disponible en: https://www.coneval.org.mx/Evaluacion/IPFE/Documents/Inventarios_Anteriores/Listado_2018.zip
- Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL). (2020). *Informe de pobreza y evaluación*. Campeche. Disponible en https://www.coneval.org.mx/coordinacion/entidades/Documents/Informes_de_pobreza_y_evaluacion_2020_Documentos/Informe_Campeche_2020.pdf



- Cruz, D., López de León, E., Pascual, L. F., Battaglia, M. (2010). Guía técnica de producción de hongos comestibles de la especie *Pleurotus ostreatus*. *Journal of Agriculture and Environment for International Development*, 104 (3-4); 139-154
- De la Cruz, B. G. M., Morán-Arellanos, T., Huicab-Pech, Z. G., Rosales-Martínez, V. (2020). El hongo *Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex Fr.) y su valor agregado: caso de estudio. *Agroproductividad*, 13 (5): 73-78.
- Díaz M. K., Casanova G. M., León T. C. A., Gil R. L. A., Bardales V. C. B., y Cabos S. J. (2019). *Producción de Pleurotus Ostreatus (Pleurotaceae) ICFC 153/99 cultivado sobre diferentes residuos lignocelulósicos*. Perú: Universidad Nacional de Trujillo.
- Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México (2005). Champotón. En: <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM04campeche/municipios/04004a.html>
- Fernández, M. F. (2005). *Manual práctico de producción comercial de champiñón*. Guadalajara, Jalisco, México. 122 p.
- Food and Agriculture Organization (FAO). (2018). *Cambio climático y seguridad alimentaria y nutricional América Latina y el Caribe (gestión del riesgo de desastres en el sector agrícola)*. FAO, Chile, Santiago. 46 p. <http://www.fao.org/3/I8014ES/i8014es.pdf>
- Guerra-Domínguez S. (2017). *Rasgos culturales identitarios que definen el patrimonio inmaterial en hogares mam, de ascendencia guatemalteca, en Campeche*. El colegio de la Frontera Sur. Pág. 51.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2020). *Espacio y datos de México*. <https://www.inegi.org.mx/app/mapa/espaciodydatos/default.aspx>
- López R., C., Hernández C. R., Suárez F. C., Borrero, M. (2008). *Evaluación del crecimiento y producción de Pleurotus ostreatus sobre diferentes residuos agroindustriales del departamento de Cundinamarca*. Colombia: Facultad de Ciencias, Pontificia Universidad Javeriana.
- Martínez-Carrera, D., López-Martínez de Alva L. (2010). Historia del cultivo comercial de hongos comestibles en México II: éxitos y fracasos durante el período 1991-2009. In: Martínez-Carrera, D., et al. (Eds.). *Hacia un desarrollo sostenible del sistema de producción-consumo de los hongos comestibles y medicinales en Latinoamérica: Avances y Perspectivas en el Siglo XXI*. Red Latinoamericana de Hongos Comestibles y Medicinales-COLPOS-UNS-CO-NACYT-AMCUAEM-UPAEP-IMINAP, Puebla. México. p. 513-551.
- Mc Carthy, U., Uysal, I., Badia-Melis, R., Mercier, S., O'Donnell, C., Ktenioudaki, A. (2018). Global food security-Issues, challenges and technological solutions. *Trends in Food Science & Technology* 77 (2018), 11-20.

- Michel A. A.C., Ariza F. R., Otero S. M. A., Barrios A. A. (2015). *Productos químicos y biológicos como suplementos que incrementan la producción del hongo ostra Pleurotus ostreatus*. Venezuela: Asociación Interciencia Venezuela.
- Morgado, A. (2011). *Caracterización y selección de genotipos de cepas comerciales de “setas” (Pleurotus), como acción estratégica para la producción rural en Cuyoaco, Puebla*. Tesis de maestría, Colegio de Postgraduados, Campus Puebla, México. 135 p.
- Ríos, M., Del Pilar., Hoyos José Luis., Mosquera Silvio A. (2010). *Evaluación de los parámetros productivos de la semilla de Pleurotus ostreatus propagada en diferentes medios de cultivo*. Colombia: Facultad de Ciencias Agropecuarias.
- Rosales, M. V., Flota, B. C., Candelaria, M. B., Bautista, O. J., y Fraire, C. S., (2019). Importancia socioeconómica de los huertos familiares en tres comunidades rurales de Campeche. *Agroproductividad* 12 (2): 15-20.
- Sámano, M. (2013). La agroecología como una alternativa de seguridad alimentaria para las comunidades indígenas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 4(8): 1251-1266.
- Tyczewska, A., Wozniak, E., Gracz, J., Kuczynski, J., Twardowski, T. (2018). Towards food security: current state and future prospects of agrobiotechnology. *Trends in Biotechnology*, 36 (12), 1219-1229.





CAPÍTULO II

Desarrollo de tecnologías endógenas mediante aprovechamiento de recursos fúngicos: el caso del género *schizophyllum*

Santa Dolores Carreño Ruiz^{1*}
Abisag Antonieta Ávalos Lázaro¹
Victorio Moreno Jiménez
Rubén Monroy Hernández¹
Froylan Rosales Martínez¹
Bulmaro Méndez Arguello¹

¹ Universidad Autónoma de Chiapas, Facultad Maya de Estudios Agropecuarios, Carretera Catazajá-Palenque. Km 4, Catazajá, Chiapas. C.P. 29980

Correspondencia: *santa.carreno@unach.mx





CAPÍTULO II

Desarrollo de tecnologías endógenas mediante aprovechamiento de recursos fúngicos: el caso del género *schizophyllum*

Santa Dolores Carreño Ruiz, Abisag Antonieta Ávalos Lázaro, Victorio Moreno Jiménez, Rubén Monroy Hernández, Froylan Rosales Martínez y Bulmaro Méndez Arguello

INTRODUCCIÓN

Los hongos comprenden el segundo grupo más diverso de organismos en el planeta (Aguirre-Acosta *et al.*, 2014) y su potencial de aplicación en el ámbito agropecuario es sumamente amplio. Este capítulo se conforma de propuestas agroecológicas que pueden incentivar el desarrollo de tecnologías endógenas principalmente en poblaciones marginadas de comunidades rurales, basadas en el aprovechamiento de recursos fúngicos, con base en experiencias desarrolladas a través de estudios de identificación taxonómica, manejo, conservación y aprovechamiento sustentable de hongos del género *Schizophyllum* (Fr. 1815) de alrededor de una década, en el trópico húmedo mexicano.

Los hongos por su potencial alimenticio, medicinal y tintóreo, entre otros, son ampliamente utilizados por los pueblos indígenas de México y de Latinoamérica. La región del trópico húmedo de México no es la excepción y se ha demostrado que los habitantes de las zonas rurales, hablantes de lenguas nativas, son poseedores de un amplio conocimiento de importancia biocultural sobre la biología y uso de las especies fúngicas (Ruan Soto, 2012). Estos pueblos basan sus actividades en el aprovechamiento sustentable de los recursos forestales (maderables y no maderables): como hongos, plantas y animales a los que domestican, diversifican y adaptan como parte de sus tradiciones alimenticias, medicinales y cosmogónicas (Barreda, 2022). De ellos, el 61% se encuentra en el sur, oriente y sureste en los estados de Oaxaca, Chiapas, Veracruz, Puebla y Yucatán (INEGI, 2020).

En este sentido, se presentan propuestas con las que se pretende impactar de manera positiva en la productividad agropecuaria de las comunidades rurales para el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales que tienen a su disposición, mediante la apropiación de conocimiento para emplear los recursos fúngicos, en aplicaciones tales como: producción de insumos para una alimentación saludable, generación de colorantes orgánicos para el teñido de fibras vegetales y animales y alternativas alimenticias con incidencia benéfica en los sistemas de producción pecuaria, tendientes a propiciar el desarrollo de tecnologías endógenas sin depender de tecnologías de alto costo, como estrategias para la mitigación del hambre y la pobreza, ante la vulnerabilidad y problemáticas ambientales que presentan diferentes regiones geográficas del sureste mexicano.

Por lo anterior, el objetivo de este capítulo es incentivar el uso y aprovechamiento de hongos nativos, basados en experiencias exitosas desarrolladas con hongos tropicales del género *Schizophyllum* que promueven el empleo de prácticas agroecológicas.

Biología de las especies

Los hongos del género *Schizophyllum* pertenecen al reino Fungi, dentro del orden Agaricales por la presencia de láminas en su himenio. Éstos se caracterizan por basidiomas flabeliformes o en forma de abanico, con tamaños no mayores a 5 cm de diámetro. Su coloración puede variar en la escala de grises y marrones, según la especie de la que se trate. Su consistencia es similar al corcho, pero puede cambiar dependiendo del grado de humedad del ambiente en el que se encuentra (Carreño- Ruiz *et al.*, 2019) (Figura 1).

Figura 1

Variación morfológica de basidiomas silvestres de *Schizophyllum*.



Fuente: Carreño-Ruíz, S.D.

Actualmente, dentro de este género se reconoce a las siguientes especies: *Schizophyllum brevilamellatum* Linder 1933, *S. commune* Fr. 1815, *S. fasciatum* Pat. 1887, *S. leprieurii* Linder 1933, *S. radiatum* Fr. 1851 y *S. umbrinum* Berk. 1851 (Kirk *et al.*, 2008).

La mayoría se consideran cosmopolitas, debido a que se distribuyen en todos los tipos de ambientes terrestres en las diferentes regiones geográficas que componen a este planeta. Mientras que, en México, su distribución abarca desde bosques tropicales, subtropicales, mesófilos de montaña, de *Quercus*,



Pinus y *Abies*, matorrales xerófilos, praderas, vegetación costera, urbana y en cultivos frutales (Olivo-Aranda y Herrera, 1994). Así mismo, durante los años en los que los autores de este trabajo han desarrollado investigaciones con las especies de este género en el trópico húmedo mexicano, se ha constatado su presencia en vegetación rivereña, agro sistemas, plantaciones forestales, potreros, acahuales y cercos vivos.

Se alimentan principalmente de lignina y celulosa que obtienen de sus hospederos sobre los que crecen mediante un hábito saprobio. Estos hospederos generalmente son partes de especies leñosas, lianas y bejucos como: ramas, troncos caídos, hojas, frutos, corteza, testa de semilla y otros materiales orgánicos en descomposición, sin embargo, aunque poco frecuente, pueden presentarse parasitando a los mismos (Carreño-Ruiz *et al.*, 2019). Además, el crecimiento de especies como *S. commune* se ha reportado en más de 500 hospederos en todo el mundo (Vázquez-Mendoza, 2013; Farr y Rossman, 2017) en los que puede sobrevivir hasta en época seca (Mata, 1999) y en condiciones de alta radiación solar, en zonas con baja cobertura vegetal o interperismo.

Importancia biocultural de las especies y su aprovechamiento

El género *Schizophyllum* a nivel mundial es reconocido por su comestibilidad en países asiáticos, africanos y americanos (Boa, 2005). En México forma parte del patrimonio biocultural y alimenticio de los grupos étnicos de los estados de la región sureste de México (Ruan-Soto *et al.*, 2004). Estos hongos llegan a tener importancia comercial por su venta en mercados locales de estados como: Oaxaca (Tuxtepec, Ojitlán, Valle Nacional y Chiltepec) y Tabasco (Teapa y Macuspana) en épocas de lluvia. Donde se ha observado a las mujeres como las principales recolectoras y comerciantes (Ruan-Soto *et al.*, 2006) (Figura 2).

Figura 2

Venta de *Schizophyllum radiatum* en el Mercado “Diana Córdova de Balboa”, Teapa, Tabasco, México.



Fuente: Carreño-Ruíz, S.D.

Por otra parte, las especies *S. commune* y *S. radiatum* son consumidas por la población mediante guisos que forman parte de la gastronomía tradicional del sureste de México, como el “mone” [guiso a base de tomate, chile, cebollín y los hongos, envueltos en hoja de momo o hierba santa (*Piper auritum Kunth*)], así mismo, se consumen envueltos y asados en el comal en hojas de tó [*Calathea lutea (Aubl.) Schult.*] u hojas de plátano (*Musa x paradisiaca* L., 1753) acompañados de chile, cebolla y tomate (Ruan-Soto *et al.*, 2006; Ruan-Soto y Cifuentes Blanco, 2011), también se consumen en tamales y preparados en sopa (Vázquez-Mendoza, 2012), contribuyendo a la nutrición y salud de los consumidores debido a que especies como *S. commune* poseen propiedades antibióticas, antitumorales, antioxidantes, y anticancerígenas constatadas por especialistas en la materia, por lo que, como alimento funcional es muy importante (Ooi y Liu, 2000; Chang y Miles, 2004).

Hasta ahora, los basidiomas de estas especies que son sujetos de aprovechamiento por algunas poblaciones del trópico húmedo mexicano, se encuentran disponibles principalmente



en épocas de lluvias, habitualmente en los meses de julio a noviembre, por lo que, en dichos meses, diferentes grupos étnicos acostumbra su recolecta en los alrededores de sus localidades, o bien, optan por introducirse en los bosques cercanos para obtenerlos con la finalidad de su consumo o comercialización. Estos hongos suelen buscarse en la madera de palo mulato (*Bursera simaruba* L. Sarg. 1890) por considerarse que, en ella, crecen los basidiomas más grandes y blancos, sobre los cuales se tiene la preferencia del consumo.

Ante este escenario, en el año 2012, se generó la línea de investigación en producción de hongos comestibles tropicales del género *Schizophyllum* en la región sur-sureste de México, con trabajos pioneros desarrollados en el Herbario UJAT de la División Académica de Ciencias Biológicas de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT) en colaboración el Instituto de Ecología, A. C. (INECOL) y la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Derivado de este esfuerzo, se desarrollaron estudios de asilamiento, identificación taxonómica, caracterización, evaluación del crecimiento micelial y ensayos de la producción de basidiomas a partir de diferentes cepas de este género nativas de Tabasco, en diversos medios de cultivo *in vitro* y sustratos lignocelulósicos, como la cáscara de cacao (*Theobroma cacao* L. 1753), fibra de coco (*Cocos nucifera* L., 1753), hojas de plátano (*Musa x paradisiaca* L., 1753), hojas de maíz (*Zea mays* L. 1753) y aserrines, entre otros (Carreño-Ruiz *et al.*, 2014; Cappello-García *et al.*, 2018; Carreño-Ruiz *et al.*, 2019; Carreño-Ruiz *et al.*, 2020).

Actualmente, se continúa con las investigaciones sobre la importancia, aprovechamiento sustentable y uso potencial de estas especies para el sector agropecuario, en la Facultad Maya de Estudios Agropecuarios de la Universidad Autónoma de Chiapas (UNACH) y se trabaja en programas de mejoramiento genético de este recurso en colaboración con la División Académica

Multidisciplinaria de Jalpa de Méndez de la UJAT, por lo que las cepas mexicanas de este género que han sido estudiadas por los autores de este trabajo, se encuentran resguardadas en la Colección de Cepas de Hongos Comestibles y Medicinales de la Facultad Maya de Estudios Agropecuarios de la UNACH, con ello se busca preservar el recurso e incidir de manera directa en las comunidades, a fin de propiciar tecnologías endógenas que coadyuven en la generación de alimentos sanos, mediante prácticas agroecológicas, como se explicita a continuación.

Producción de basidiomas comestibles de *Schizophyllum* para la alimentación humana

A nivel mundial, el cultivo de hongos comestibles ha sido ampliamente reconocido como práctica agroecológica (Wendiro *et al.*, 2019). En la región Latinoamericana, México ocupa el primer lugar en el cultivo de hongos seta (*Pleurotus ostreatus*) y participa de manera importante en la comercialización de champiñones (*Agaricus bisporus*) y Shiitake (*Lentinula edodes*) (Andrade-Gallegos *et al.*, 2013). A menor escala en el país, se producen otras variedades de hongos por la iniciativa privada, a través de microempresas emergentes principalmente en la zona central.

Por otro lado, dentro de la literatura científica que se ha generado respecto a la producción de hongos comestibles del sureste mexicano, en algunos escritos se destaca que hace varios años, en los estados de Chiapas y Oaxaca se establecieron con éxito diversos módulos rurales de producción de hongos seta, que fueron incentivados y atendidos en su momento por la Secretaría de Pueblos Indios y por un impulso otorgado por diferentes instituciones gubernamentales y algunas ONG, respectivamente (Sánchez-Hernández *et al.*, 2010), sin embargo, en la actualidad se desconocen datos de la producción generada sobre dichos hongos. Así mismo, en otros territorios del sur del país, el crecimiento de este sector ha sido escaso. Por ello,



la importancia de su difusión y desarrollo, mediante proyectos de transferencia de tecnología para su producción y aprovechamiento sostenible, en particular de estas especies que han mostrado buen potencial biotecnológico.

En este sentido, la propuesta para el aprovechamiento de este recurso como alimento humano, consiste en la producción de los basidiomas de *Schizophyllum* con la finalidad de su consumo, la transformación en productos funcionales para la salud y el impulso hacia su comercialización.

Para ello, es importante señalar que las especies de *Schizophyllum* pueden cultivarse bajo la metodología establecida para otros hongos comestibles (Gaitán-Hernández *et al.*, 2006) con algunas modificaciones. Se inicia con la adquisición de una cepa proveniente de basidiomas de origen silvestre de la localidad en la que se pretenda desarrollar el cultivo, ya que esto garantiza la estabilidad del micelio en el clima de la región. Una vez que se cuenta con el germoplasma de estos hongos, se procede a su propagación en semillas de gramíneas, como maíz palomero (*Zea mays* L. var. *Everta*), sorgo (*Sorghum* Moench, 1794) y mijo (*Panicum miliaceum* L.), entre otras, mediante las cuales se genera el inóculo o vehículo para realizar la siembra en sustratos lignocelulósicos disponibles en la región, en los que se desee obtener los cuerpos fructíferos (Carreño-Ruiz *et al.*, 2020).

Las ventajas de este cultivo que pueden propiciar el desarrollo de la tecnología endógena para la generación de alimentos en las comunidades rurales comprenden lo siguiente:

- a. Durante los años de estudio de este recurso, se ha observado que el micelio de estos hongos puede preservarse por más de cuatro meses a temperatura ambiente, en frascos reutilizables y estériles de diversos materiales y tamaños, en medios de cultivo *in vitro* de preparación casera, en semillas de gramíneas o en sustratos lignocelulósicos previamente desinfectados y de fácil obtención dentro de la comunidad.

b. En comparación con el micelio de otros hongos, las cepas de *Schizophyllum* han mostrado una mayor resistencia respecto a contaminación por bacterias y otros hongos microscópicos, durante los procesos de aislamiento y purificación de dichas cepas en medios de cultivo *in vitro*; así mismo, los procesos de siembra, incubación y fructificación resisten ambientes con temperaturas superiores a los $38\pm 2^{\circ}\text{C}$, garantizando con éxito sus fructificaciones.

c. El volumen de sustrato que se requiere para la obtención de los cuerpos fructíferos es menor en comparación con el que se emplea para otras especies. Con estos hongos se han logrado fructificaciones en bandejas plásticas planas, con capacidad de 500 gr, distribuidos en bloques de $20 \times 25 \text{ cm}^2$ con un grosor no mayor a 3 cm, por lo que se atribuye a este cultivo la cualidad de poderse realizar reutilizando los contenedores en comparación con los sistemas que emplean bolsas plásticas (Figura 3).

Figura 3

Sistemas de cultivo de *Schizophyllum* en bandejas reutilizables y en bolsas plásticas.



Fuente: Carreño-Ruíz, S.D.

d. Este cultivo ofrece a los productores la posibilidad de obtener resultados en un tiempo corto, cuatro días después de la incubación, periodo más corto que el reportado para otras especies tropicales como *Pleurotus djamor* (Fr.) Boedijn, con aparición de primordios hasta los 13 días después de la incubación (Carreño- Ruiz *et al.*, 2020).

e. Una vez cosechados, los basidiomas pueden incorporarse directamente en la dieta de la población mediante una amplia gama de opciones como se señaló anteriormente, comercializarse en fresco, o preservarse deshidratados para su posterior uso en la cocina, con la cualidad de recuperar su consistencia una vez que se vuelven a hidratar.



Así mismo, a través de la consulta de estudios de aprovechamiento y desarrollo empresarial donde utilizan como materia prima a estas especies, se considera que a partir de ésta se pueden obtener hongos en conserva, extractos, harinas, té y otros productos funcionales para la salud con propiedades medicinales, entre otras por lo que, en este sentido, ofrecen un sistema de producción–consumo que puede traducirse en cadenas productivas comerciales (Figura 4).

f. Así mismo, el cultivo de estas especies puede contribuir con el reciclaje de subproductos agrícolas que se generan en la región, y que no son aprovechados, además, su producción requiere de espacios pequeños con ambientes semicontrolados que no implican instalaciones costosas. Su implementación representa la reducción de la dependencia de estos recursos sólo en épocas de lluvia, convirtiéndolos en un recurso disponible durante las diferentes épocas del año.

Figura 4

Basidiomas deshidratados y cocinados de *Schizophyllum*.



Fuente: Carreño-Ruiz, S.D.

Obtención de colorantes naturales y sus posibles aplicaciones

Los hongos también presentan potencial de uso para la obtención de colorantes o tintes naturales (Rice, 1974; Rice, 1990; Rice y Beebe, 1980; Carreño-Ruiz *et al.*, 2021). Este recurso es viable para las comunidades y constituye otra forma de propiciar tecnologías endógenas que pueden incidir en el sector textil o artesanal, generando tintes para el teñido de diferentes tipos de fibras de origen animal y vegetal (Ojeda, 2012). Tanto

la generación de los tintes como el teñido de las fibras implica el desarrollo de procesos relativamente sencillos y de bajo costo.

Esta actividad es importante y su difusión es prioritaria debido a que México produce alrededor de 4 mil 854 t de lana sucia a partir de borregos criollos y de diferentes razas tales como Dorset, Debouillet, Merino, Lincoln, Marsh y Romney (SAGARPA, 2017), Hidalgo es el estado que aporta gran porcentaje de esta materia prima a nivel nacional (43.9%). Este producto de origen pecuario, una vez que se genera, se procesa de manera artesanal o industrial, para producir hilos y tejidos para suéteres, cobijas, guantes, tapetes y alfombras, entre otros. Aunado a que, actualmente, diversos grupos étnicos mantienen la tradición de teñir lana de manera natural con cáscaras de frutas, semillas, hortalizas, insectos y maderas o cortezas de árboles, por lo que la generación de colorantes derivados de hongos representa una alternativa acorde con estas prácticas bioculturales.

Para obtener el tinte de las especies de *Schizophyllum*, los basidiomas de interés se hidratan durante 24 horas en un recipiente plástico, en una relación aproximada de 60 gr de basidiomas por litro de agua. Posteriormente, se vierten en un recipiente metálico en donde se extrae el colorante mediante la ebullición de esta mezcla durante una hora a fuego bajo. Por su parte, el teñido de lana se inicia preparándola para que reciba el color, lo que consiste en someterla inicialmente a un lavado con detergente neutro. Posteriormente se seca y pesa. Se introduce en dos baños de mordientes: el primero a partir de agua y crémor tártaro ($K_2C_2O_4$) al 5% y el segundo con agua y 20% de alumbre potásico $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ (porcentajes estimados con base en el peso seco de la cantidad de lana a teñir) (Carreño-Ruiz *et al.*, 2021), ambos se realizan durante una hora en ebullición.

Una vez que se cuenta con la fibra preparada y el colorante extraído de los cuerpos fructíferos, ésta se introduce en el tinte, sometiéndola una hora en ebullición en el mismo. El resultado



serán fibras de tonalidades que varían de colores amarillos claros a cafés ligeros (Figura 5).

Figura 5

Obtención de tinte y teñido de fibras naturales.



Fuente: Carreño-Ruíz, S.D.

Evaluaciones realizadas con respecto a la duración de los colorantes en las fibras animales, en cuanto a su resistencia en el lavado, indican que no existe pérdida de estas coloraciones (Carreño-Ruiz *et al.*, 2021). En el caso de las fibras que se reportan en este escrito, fueron sometidas a pruebas de lavado por triplicado con detergentes comerciales. Materiales teñidos resguardados durante un año muestran una ligera intensificación del color, así mismo, se ha constatado que los tintes extraídos pueden permanecer en refrigeración más de un año sin contaminarse, mostrando la misma capacidad para teñir fibras, se pueden reutilizar, lo que permite el ahorro de agua, al mismo tiempo que se evita el uso de sustancias químicas para el teñido.

Potencial para el enriquecimiento de las dietas animales

A partir del año 2022, en la Facultad Maya de Estudios Agropecuarios de la Universidad Autónoma de Chiapas se trabaja un proyecto con el objetivo de generar dietas alternativas para la alimentación animal, enriquecidas con el micelio de

Schizophyllum, con la finalidad de beneficiar al sector ganadero, como una estrategia para proveer de alimentos con alto valor nutricional, ricos en fibra y con propiedades para la prevención de parásitos a este sector. Debido a que el consumo tanto de los basidiomas como del micelio de los hongos comestibles en general conlleva beneficios en los organismos que los ingieren dadas sus propiedades antivirales y antimicrobianas constatadas por especialistas (Cano-Estrada y Romero-Bautista, 2016; García-Rubio, 2022).

En este sentido, es importante señalar que en la especie *S. commune* se han reportado valores proteicos de entre 16 y 27%. De manera similar, se le ha referido un contenido bajo en grasa, de 2% (20 g/kg en peso seco), ácidos grasos oleico y linoleicos abundantes (72 y 77% respectivamente) y un valor de 34% de aminoácidos esenciales (Aletor, 1995; Longvah y Deosthale, 1998).

Hasta ahora, en la Facultad, se han realizado estudios de crecimiento micelial de diferentes cepas de *Schizophyllum* procedentes de Tabasco y Chiapas, México, en diferentes sustratos forrajeros, como los rastrojos de maíz, hojas de cocoite [*Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp. (1842)], residuos del fruto de la palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq., 1763) entre otros residuos generados por las agroindustrias que operan en la región Maya de Chiapas y pastos silvestres.

Los estudios antes mencionados consisten en evaluar, en igualdad de condiciones, la velocidad de crecimiento micelial de las cepas fúngicas sobre diferentes sustratos, previamente esterilizados, dentro de tubos de ensayo, a través de los cuales se hace llegar 1 g de inóculo o semillas activas con el micelio de las especies, a fin de calcular la tasa de crecimiento (K_r) del micelio, que se calcula con la función de crecimiento lineal $y = K_r x + c$ (donde y es la distancia, x es el tiempo y c el factor constante) y se expresa en milímetros por día (mm d⁻¹). A cada tubo se le rotulan dos líneas longitudinales opuestas “A” y “B” y sobre



éstas se mide el crecimiento del micelio cada cuarto día, hasta que el micelio cubra el sustrato por completo (Gaitán-Hernández y Salmones, 2015) (Figura 6). Con ello se obtienen datos que indican la adaptación y preferencia de las cepas por un determinado sustrato y la estimación de su crecimiento diario, permite estimar el tiempo en el que un productor tardaría en obtener resultados para obtener los sustratos enriquecidos con el micelio del hongo.

Figura 6

Evaluación del crecimiento micelial de *Schizophyllum* en sustratos forrajeros.



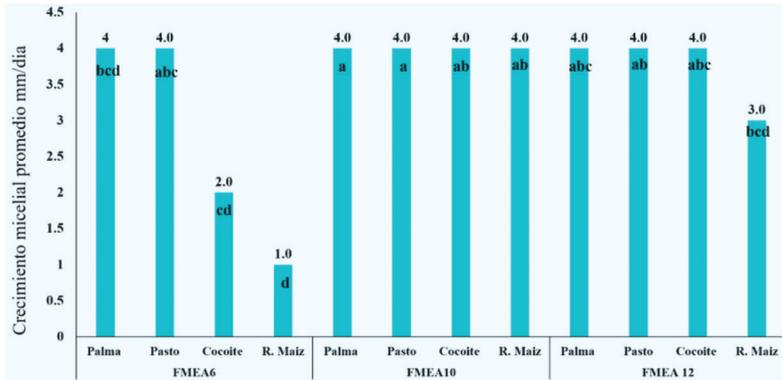
Fuente: Carreño-Ruíz, S.D.

En la Figura 6 se muestran los resultados de la evaluación de crecimiento micelial de tres cepas chiapanecas sobre cuatro sustratos forrajeros, la cual indica que las tres cepas crecen de manera viable en los diferentes sustratos y muestran comportamientos semejantes en cuanto a su velocidad de crecimiento, sin embargo, existen algunas diferencias con relación a la preferencia de sustratos como en el caso de la cepa FMEA 6, siendo los mejores la palma de aceite y pastos, lo cual permite entre las cuatro alternativas evaluadas la selección de dos sustratos para iniciar la siguiente fase experimental, que consiste en la formulación de las dietas alternativas, de las cuales se espera un impacto benéfico respecto a la ganancia de peso y salud de los animales. La tasa de crecimiento micelial promedio diario es de 4 mm por día como se

muestra en la figura 7 (todos los datos fueron registrados y procesados para su análisis en el programa Statistica v.7.0).

Figura 7

Comparación de promedios de crecimiento de tres cepas de *Schizophyllum* en diferentes sustratos forrajeros.



Fuente: Elaboración propia.

CONCLUSIONES

Los hongos constituyen un recurso biotecnológico de suma importancia para atender diferentes demandas o necesidades del sector agropecuario. Una forma de apoyar a las regiones que presentan mayor vulnerabilidad en relación con la carencia de alimento, falta de recursos económicos, problemáticas sociales y ambientales, es el desarrollo de tecnologías accesibles con la finalidad de realizar aprovechamiento sustentable, en general, de los recursos naturales. En este sentido, se espera que las propuestas aquí descritas conformen una vía alterna de desarrollo para impulsar tecnologías endógenas que impacten en la alimentación, salud y bienestar humano y animal.

Agradecimientos

Los autores de este trabajo agradecen a las y los académicos, informantes de las comunidades rurales y estudiantes que han generado aportaciones directas o indirectas para el desarrollo



de la línea de generación de conocimiento sobre el recurso fúngico del género *Schizophyllum*. Así mismo, se agradece a los coordinadores de esta obra el espacio otorgado para hacer posible que más personas conozcan alternativas de esta índole.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre Acosta, E., Ulloa, M., Aguilar, S., Cifuentes, J y Valenzuela, R. (2014). Biodiversidad de hongos de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. supl. 85:s76-s81. DOI: 10.7550/rmb.33649.
- Aletor, V. A. (1995). Compositional studies on edible tropical species of mushrooms. *Food Chemistry*, 54: 264-268.
- Andrade-Gallegos, R. H., Mata, G., Sánchez, J. E. (2013). La producción Iberoamericana de hongos comestibles en el contexto internacional. In Sánchez- Vázquez, J. E. y Mata G. *Hongos comestibles y medicinales en Iberoamérica: investigación y desarrollo en un entorno multicultural*. México: ECOSUR-INECOL.
- Barreda, A. (2022). *Biopiratería, bioprospección y resistencia: cuatro casos en México*. Disponible en: <https://docplayer.es/64910136-Andres-barreda-biopirateria-bioprospeccion-y-resistencia-cuatro-casos-en-mexico.html>. 04/07/2022
- Boa, E. 2005. *Los hongos comestibles silvestres*. Italia: Food and Agriculture Organization.
- Cano-Estrada, A. y Romero-Bautista, L. (2016). Valor económico, nutricional y medicinal de hongos comestibles silvestres. *Revista chilena de nutrición*, 43(1), 75-80. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182016000100011>
- Cappello-García, S., Carreño-Ruiz, S. D. y Gaitán-Hernández, R. (2018). Fruit body production of *Schizophyllum commune*. In Sánchez, J. E., Mata, G. y Royse, D. J. Ed. *Updates on Tropical Mushrooms. Basic and applied research*. Mexico: El Colegio de la Frontera Sur, 95-104.
- Carreño-Ruiz, S. D., Ávalos-Lázaro, A. A., Cappello-García, S., Gaitán-Hernández, R., Chen, J., Guillen-Navarro, G. K., García-Fajardo, L. V., Jiménez-Pérez, N. C., Torres De La Cruz, M., Cifuentes-Blanco, J. y Cappello, R. E. (2019). New record of *Schizophyllum* (Schizophyllaceae) from Mexico and de confirmation of its edibility in the humid tropics. *Phytotaxa*, 413 (2): 137-148
- Carreño Ruíz, S. D., Cappello García, S., García García, M. A. y Xicoténcatl Maldonado, P. I. (2021). Potencial tintóreo de cinco especies de macromycetes silvestres nativos de Tabasco, México, sobre fibras de origen natural. *Scientia fungorum*, 52, e1404. Epub 09 de mayo de 2022. <https://doi.org/10.33885/sf.2021.52.1404>

- Carreño-Ruiz, S. D., Cappello-García, S., Gaitán-Hernández, R., Cifuentes-Blanco, J. E. y Rosique-Gil, E. 2014. Crecimiento de tres hongos comestibles tropicales en medios de cultivo y residuos agrícolas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5: 8, 1447-1458.
- Carreño-Ruiz, S. D., Cappello-García, S., Gaitán-Hernández, R., Torres-De la Cruz, M., Gaspar-Génico J. Á. y Rosique-Gil, J. E. (2020). Producción de basidiomas de *Schizophyllum commune* (Fungi: Basidiomycota) en sub-productos agrícolas de Tabasco, México. *Agroproductividad*, 13:5, 65-71.
- Chang, S. T. y Miles, G. P. (2004). *Mushrooms: cultivation, nutritional value, medicinal effect, and environmental impact*. Inglaterra: CRS Press.
- Farr, D. F. y Rossman, A. Y. Fungal Databases, U. S. National Fungus Collections, ARS, USDA. [En línea]. Disponible en: <https://nt.ars-grin.gov/fungaldatabases/> (consultado: 23 Julio 2017).
- Gaitán-Hernández, R. y Salmones, D. (2015). Uso de residuos lignocelulósicos para optimizar la producción de inóculo y la formación de carpóforos del hongo comestible *Lentinula Boryana*. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6:7, 1639-1652.
- Gaitán-Hernández, R., Esqueda, M., Gutiérrez, A., Sánchez, A., Beltrán-García, M. y Mata, G. (2006). Bioconversion of agrowastes by *Lentinula edodes* the high potential of viticulture residues. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 71: 432-439.
- García-Rubio, V. G. (2022). *Potencialidades de la ovinocultura y los hongos comestibles (Pleurotos spp.) en la seguridad alimentaria y el desarrollo rural*. Laberinto Ediciones.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2020). *Estadística a propósito del día internacional de los pueblos indígenas* (9 de agosto). chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/aproposito/2020/indigenas2020.pdf
- Kirk, P. M., Cannon, P. F., Minter, D. W. y Stalpers, J. A. (2008). *Dictionary of the fungi*. 10 ed. Europa: CABI.
- Longvah, T. y Deosthale, Y. G. (1998). Compositional and nutritional studies on edible wild mushrooms from northeast India. *Food Chemistry*, 63:3, 331-334.
- Mata, M. (1999). *Macrohongos de Costa Rica*. Costa Rica: Editorial INBio. Vols.2, Vol. 1.
- Ojeda, A. (2012). *Teñido de fibra de abacá (Musa textilis) utilizando colorante extraído de la cochinilla (Dactylopius coccus Costa)*. Tesis. Universidad de Loja, Ecuador.
- Olivo-Aranda, F. y Herrera, T. (1994). Las especies de *Schizophyllum* en México, su distribución ecológica e importancia etnomicológica. *Revista Mexicana de Micología*, 10: 21-32.



- Ooi, V. E. C. y Liu, F. (2000). Immunomodulation and anticancer activity of polysaccharide-protein complexes. *Current Medicinal Chemistry*, 7, 715-728.
- Rice, M. (1974). *Let's Try Mushroom for Color*. Thresh Publications: Santa Rosa.
- Rice, M. C. (1990). *Mushrooms for color*. In *Dyes from Nature. Plants & Gardens*, Brooklyn Botanic Garden Record 46(2): 42-45.
- Rice, M. y Beebee, D. (1980). *Mushrooms for color*. Mad River Press Ing. Eureka, California.
- Ruan-Soto, F., Garibay-Orijel, R. y Cifuentes-Blanco, J. (2004). Conocimiento micológico tradicional en la planicie costera del Golfo de México. *Revista Mexicana de Micología*, 19: 57-70.
- Ruan-Soto, F., Garibay-Orijel, R. y Cifuentes, J. (2006). Process and dynamics of traditional selling wild edible mushrooms in tropical Mexico. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 2: 3.
- Ruan-Soto, F. y Cifuentes-Blanco, J. (2011). *Notas etnomicológicas del poblado de Teapa, Tabasco*, In: *Educación Ambiental para la conservación de la biodiversidad*. E. S., López-Hernández (ed.). El Colegio de Investigadores de Tabasco, A. C.-UJAT, México, 249-256.
- Ruan Soto, F. y Ordaz Velázquez, M. (2012). *Etnomicología de Chiapas: saberes y usos de los hongos. Estado del desarrollo económico y social de los pueblos indígenas de Chiapas*. UNAM.
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SAGARPA). (2017). *Atlas Agroalimentario. Gobierno de México*. <https://www.gob.mx/siap/prensa/atlas-agroalimentario-2017>
- Sánchez-Hernández, J. E., Andrade-Gallegos, R. H. y Coelo, M. (2010). Los hongos comestibles en el sureste de México. In: Martínez-Carrera, D., Curvetto, M., Sobal, M., Morales, P. & Mora, V. M. (Eds.) *Hacia un desarrollo sostenible del sistema de producción-consumo de los hongos comestibles y medicinales en Latinoamérica: avances y perspectivas en el siglo XXI*. México: Red Latinoamericana de Hongos Comestibles y Medicinales-COLPOS-UNS-CONACYT-AMC-UAEM-UPAEP-IMINAP.
- Vázquez-Mendoza, S. (2012). Macromicetos medicinales provenientes de la sierra norte de Puebla, México; depositados en el Herbario "Gastón Guzmán", ENCB-IPN, *Etnobiología*, 10 (2): 34-37.
- Vázquez-Mendoza, S. (2013). Nuevo hospedero del hongo *Schizophyllum commune* en América. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 84: 661-663.
- Wendiro, D., Wacoo, A. P. y Wise, G. (2019). Identifying indigenous practices for cultivation of wild saprophytic mushrooms: responding to the need for sustainable utilization of natural resources, *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 15:64, 1-15.

CAPÍTULO III

Análisis bibliométrico de la investigación científica sobre estrategias agroecológicas

Alberto Santillán Fernández^{1*}

¹ Catedrático CONACYT. Colegio de Postgraduados
campus Campeche. 24450 Champotón, Campeche,
México

Correspondencia: *santillan.alberto@colpos.mx





CAPÍTULO III

Análisis bibliométrico de la investigación científica sobre estrategias agroecológicas

Alberto Santillán Fernández

INTRODUCCIÓN

El cambio climático y la seguridad alimentaria son en la actualidad dos problemas prioritarios para la sociedad en su conjunto. Las variaciones en temperatura y precipitación han hecho que la producción de alimentos sea cada vez más inestable como respuesta a sequías prolongadas o inundaciones no predecibles. Ante este panorama, los modos de producción agrícolas se enfrentan al gran reto de producir sin deteriorar el ambiente, de una manera sustentable. Altieri y Nicholls (2007) considera que la migración de los sistemas de producción actuales donde se prioriza el uso de químicos que desgastan los recursos naturales, a sistemas de producción donde los recursos naturales se regeneren, solo se puede transitar por medio de técnicas agroecológicas donde se minimice el uso de químicos.

Dentro de las estrategias agroecológicas que tradicionalmente se han empleado para reducir la vulnerabilidad agrícola ante la variabilidad climática, se encuentra la diversificación de cultivos, el mantenimiento de la diversidad genética local, la integración animal, la adición de materia orgánica al suelo, la cosecha de agua, entre otras. Estas innovaciones significan en la actualidad el vínculo más estable para que las comunidades vulnerables a las variaciones climáticas puedan aplicar sistemas de producción agrícolas resilientes, mientras se diseñan políticas públicas que reduzcan los riesgos de los sistemas agrícolas tradicionales y fomenten la creación de sistemas tempranos de información climática, proyectos de prevención y mitigación de desastres (Altieri y Nicholls, 2017).

Para conocer el avance en investigación de un sector en particular y proponer nuevas estrategias para su consolidación, los estudios bibliométricos son una herramienta confiable que permite estudiar y analizar la evolución de la actividad científica por medio de sus publicaciones (Cañas-Guerrero *et al.*, 2013). La publicación de un trabajo científico es el modo más efectivo de transmitir un conocimiento adquirido como consecuencia de la investigación, y su visibilidad es importante para los propios investigadores, para las instituciones en que trabajan y las organizaciones que financian la investigación (Sanz-Valero y Wanden-Berghe, 2017). El crecimiento de la producción científica en las últimas décadas y su indización en bases de datos bibliográficas automatizadas han potenciado el uso de la bibliometría y la generación de indicadores para medir los resultados de la actividad científica y tecnológica (Allen *et al.*, 2009).

Los estudios bibliométricos, a partir de artículos científicos publicados, permiten generar indicadores y modelos matemáticos para caracterizar el desarrollo y evolución de la frecuencia y calidad de las publicaciones (Malesios y Arabatzis, 2012). Bajo este contexto, el objetivo de la presente investigación fue analizar la

evolución espacio-temporal de la producción científica sobre el tema de estrategias agroecológicas a nivel mundial, mediante minería de textos (bibliometría) y redes de coautoría para determinar la relevancia del tema y ubicar espacialmente los países que más investigación han desarrollado sobre estrategias agroecológicas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Origen de la información

Para la recopilación de los textos se revisó la base de datos de artículos de revistas de acceso abierto de la Web of Science (CONACYT, 2021). Los textos se recopilaron en septiembre de 2021 y se consideraron los textos disponibles hasta agosto de 2021. La palabra clave utilizada en la búsqueda fue *strategies agroecological* identificándola en los títulos y palabras clave de las publicaciones. Solo se utilizó la palabra clave en el idioma inglés por considerar que es más probable que los textos en inglés se citen; lo que permite capturar la gran mayoría de las publicaciones relevantes (Leipold, 2014).

Indicadores bibliométricos

Las variables analizadas de cada uno de los textos publicados fueron: *país de edición de las revistas*, *idioma de publicación* y *nombre de la revista*, que sirvieron para determinar el perfil de las revistas que publican trabajos afines al tópico de *estrategias agroecológicas* y la representación espacial de los países con el mayor número de publicaciones. Las variables *primer autor* y *colaboradores* sirvieron para conocer la red de actores involucrados en la investigación; *año* para colocar la información en una línea temporal. El *título*, *resumen* y *palabras clave* se empleó para categorizar el tópico que aborda la publicación conforme la clasificación de la Web of Science y, finalmente, con el *número de citas* se determinó el impacto de las publicaciones.



La captura de las variables para el análisis bibliométrico se realizó en una hoja de cálculo. Se respetó el idioma original de cada uno de los textos. Durante la captura de toda la información, se estandarizaron algunos registros, debido a que la información disponible en los textos algunas veces estuvo incompleta o se presentó con variantes (Aguado-López *et al.*, 2009). Además, se eliminaron o cambiaron caracteres especiales como: ñ (por n), acentos, superíndices, subíndices, ®, ©, entre otros, para facilitar el análisis.

Análisis con minería de textos

Con ayuda del complemento RcmdrPlugin.temis del software estadístico R (Bouchet-Valat y Bastin, 2013) se obtuvo el número de textos y citas bibliográficas por: año, revista, tema de investigación y país donde se publicó la investigación.

Análisis de redes

Con el software Sci2tool (Börner, 2011) se analizaron las interacciones que existen entre los primeros autores y colaboradores con la finalidad de conocer la constancia en la labor del investigador; es decir, evaluar si ha publicado solo en un año o bien ha publicado de manera constante a través del tiempo, lo que da una idea de su consolidación en el tópico de *estrategias agroecológicas*. La sintaxis empleada en el software Sci2tool fue *Extract bipartite Network*, para su visualización se recurrió al software Gephi (Bastian *et al.*, 2009). Finalmente, la representación espacial del número de artículos por país donde se publicó la investigación, se efectuó en el paquete geográfico ARGIS® (ESRI, 2015).

RESULTADOS

Evolución espacio-temporal

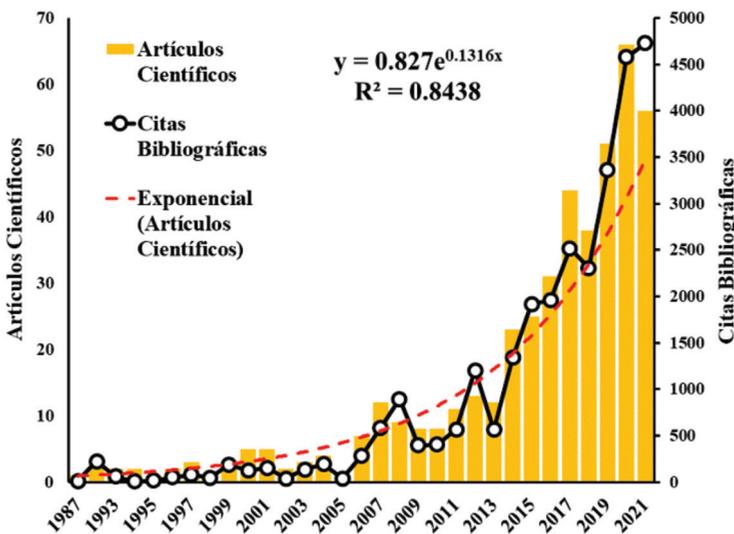
De 1987 a 2021 se publicaron un total de 463 textos científicos en las bases de datos de referencias bibliográficas de la Web of

Science (CONACYT, 2021), donde el objeto de estudio fueron las estrategias agroecológicas; esta producción científica dio origen a 29896 citas bibliográficas (Figura 1). De los 463 textos, 414 (89.42%) fueron artículos científicos, y 49 (10.58%) revisiones bibliográficas. El primer trabajo registrado data del año 1987; sin embargo, a partir del año 2010 se presentó una producción creciente para el tópico de estrategias agroecológicas.

El periodo de mayor productividad fue de 2010 a 2021 con el 84.02% del total (389 textos), lo que contribuyó a una tendencia exponencial en el crecimiento de las publicaciones ($R^2 = 0.8438$). Los trabajos más citados fueron los publicados en el periodo 2014-2021, que en conjunto sumaron 23625 citas bibliográficas (79.02% del total). La tendencia exponencial en las publicaciones denota de acuerdo con Altieri y Nicholls, (2017) la relevancia que el tópico de estrategias agroecológicas está teniendo en la comunidad científica, como una alternativa para adaptarse a las variaciones climáticas actuales.

Figura 1

Evolución temporal de la producción científica y citas bibliográficas en el tópico de estrategias agroecológicas a nivel mundial de 1987 a 2021.



Fuente: Elaboración propia.

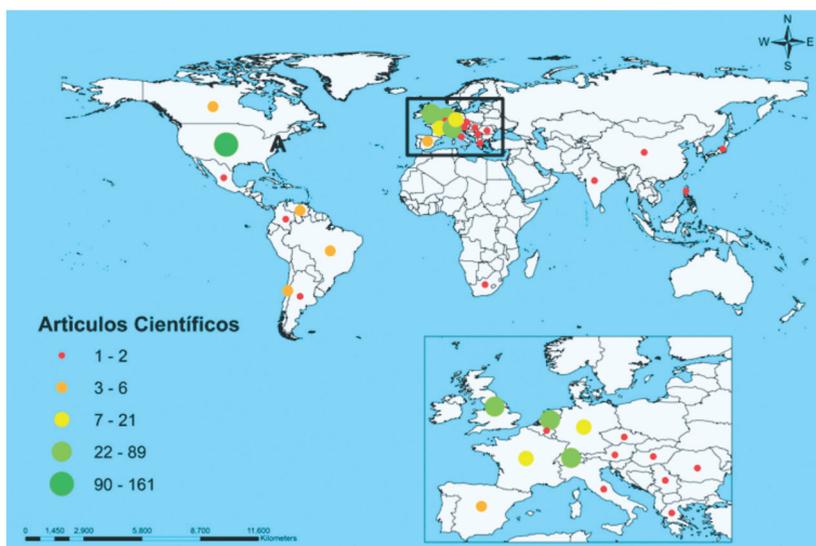


De acuerdo con el país donde se publicaron los textos científicos, los 463 trabajos se originaron en 27 países. El 90.93% (421) se concentró en seis países: USA (34.77%, 161), Países Bajos (19.22%, 89), Inglaterra (15.55%, 72), Suiza (12.53%, 58), Francia (4.54%, 21) y Alemania (4.32%, 20) (Figura 2). En la Figura 2 también se observa que la mayoría de la investigación que se ha desarrollado en torno al tópico de estrategias agroecológicas se ha dado en USA y países europeos con economías consolidadas.

De acuerdo con Gersbach y Schneider (2015), el desarrollo económico de un país está relacionado directamente con la calidad de las investigaciones que realiza; países con economías consolidadas invierten más en sus centros de investigación, lo que les permite un mayor desarrollo tecnológico, a diferencia de las economías en subdesarrollo como las Latinoamericanas donde la inversión en investigación es menor, de tal forma que la competitividad agrícola en un país está relacionada directamente con la calidad de las investigaciones que realiza en dicho sector.

Figura 2

Ubicación espacial de la producción científica en el tópico de estrategias agroecológicas a nivel mundial de 1987 a 2021.



Fuente: Elaboración propia.

Indicadores bibliométricos

El 97.19% (450 textos) se publicaron en idioma inglés, 1.30% (6) en español, 0.86% (4) en francés, 0.43% (2) en portugués, y 0.22% (1) en alemán. De acuerdo con Li y Zhao (2015), el idioma inglés es el adoptado como universal por la comunidad científica, por lo que las publicaciones en inglés tienen mayor probabilidad de difusión entre la comunidad internacional. En la Tabla 1 se observa que los sectores donde se ha desarrollado mayor investigación son los relacionados con temas Agrícolas (185 textos, 39.96%) y Ecología (125, 27.00%); esto coincide con lo reportado por Altieri y Nicholls (2017), quienes encontraron que entre las principales estrategias agroecológicas que se han implementado se encuentran la diversificación de cultivos, el mantenimiento de la diversidad genética local, la integración animal, la adición de materia orgánica al suelo y la cosecha de agua.

Sin embargo, Altieri y Nicholls (2013), resaltan la importancia de desarrollar investigación en temas como la creación de sistemas tempranos de información climática, proyectos de prevención y mitigación de desastres que, como se observa en la Tabla 1, son tópicos incipientes: Geografía (8 textos, 1.73%), Geología (4, 0.86%) y Meteorología (2, 0.43%); por lo que representan un área de oportunidad para el desarrollo de mayor investigación en esos sectores.

Tabla 1

Sectores de investigación donde se han publicado textos científicos con el tópico de estrategias agroecológicas a nivel mundial de 1987 a 2021.

Sector	Artículos Científicos		Citas Bibliográficas	
	Numero	%	Numero	%
Agricultura	185	39.96	11256	37.65
Ecología	125	27.00	8949	29.93
Entomología	26	5.62	1528	5.11

Continúa...



Botánica	20	4.32	1287	4.30
Alimentos	19	4.10	1263	4.22
Biotecnología	17	3.67	960	3.21
Pecuarias	17	3.67	966	3.23
Antropología	11	2.38	684	2.29
Biodiversidad	10	2.16	640	2.14
Desarrollo Rural	8	1.73	558	1.87
Geografía	8	1.73	535	1.79
Medicina	5	1.08	294	0.98
Biología Molecular	4	0.86	530	1.77
Geología	4	0.86	250	0.84
Forestal	2	0.43	70	0.23
Meteorología	2	0.43	126	0.42
Total	463	100.00	29896	100.00

Fuente: Elaboración propia.

Los 463 trabajos analizados se publicaron en 250 revistas científicas. Un total de 115 artículos, el 24.84%, y 8127 citas bibliográficas, el 27.18%, se concentraron en 10 revistas con factores de impacto superiores a 3 (Tabla 2). Entre estas 10 revistas, 3 se editan en América, específicamente en USA, y 7 en Europa (Suiza 5, Reino Unido 1 y Países Bajos 1), donde las principales casas editoriales, Elsevier (4), Springer (3) y MDPI (2), coordinan los trabajos de publicación, lo que, de acuerdo con Santillán-Fernández *et al.* (2021), ayuda a mejorar el impacto de las publicaciones al incrementar la probabilidad de llegar a un mayor número de usuarios.

En los 463 textos analizados se encontraron 429 primeros autores diferentes, entre primer autor y coautores sumaron 1942 individuos diferentes. La red de autores y coautores (Figura 3) estuvo compuesta de 1942 nodos (autores) y 1708 aristas (vínculos). Los vínculos en un análisis de redes de coautoría son importantes porque es a través de ellos que un autor puede

alcanzar ciertas ideas, conocimiento e información que socialmente es distante para él (Granovetter, 1973). Los principales autores que desarrollaron investigación en el área de estrategias agroecológicas de 1987 a 2021 fueron Cotty_PJ (10 textos) de la Universidad de Arizona (USA) y Bandyopadhyay_R (9) del Instituto Internacional de Agricultura Tropical (Nigeria); ambos autores han centrado sus investigaciones en el sector agrícola.

Tabla 2

Indicadores bibliométricos de las principales revistas que publicaron artículos científicos sobre estrategias agroecológicas a nivel mundial de 1987 a 2021.

Revista	Artículos		Citas Bibliográficas		Datos Revista		
	Número	%	Número	%	Factor	Editorial	País Edición
Agroecol Sust Food	26	5.62	1479	4.95	3.039	Taylor and Francis Group	Reino Unido
Sustainability-Basel	23	4.97	1924	6.44	3.251	MDPI	Suiza
Agr Ecosyst Environ	13	2.81	717	2.40	5.567	Elsevier	USA
Agron Sustain Dev	13	2.81	1590	5.32	5.832	Springer	Suiza
Agr Hum Values	11	2.38	737	2.47	3.295	Springer	Suiza
Agr Syst	7	1.51	434	1.45	5.37	Elsevier	USA
Agroforest Syst	6	1.30	312	1.04	2.549	Springer	Suiza
Agronomy-Basel	6	1.30	356	1.19	3.417	MDPI	Suiza
Eur J Agron	5	1.08	265	0.89	5.124	Elsevier	Países Bajos
Int J Food Microbiol	5	1.08	313	1.05	5.277	Elsevier	USA
Otras (240)	348	75.16	21769	72.82			
Total (250)	463	100	29896	100			

Fuente: Elaboración propia.

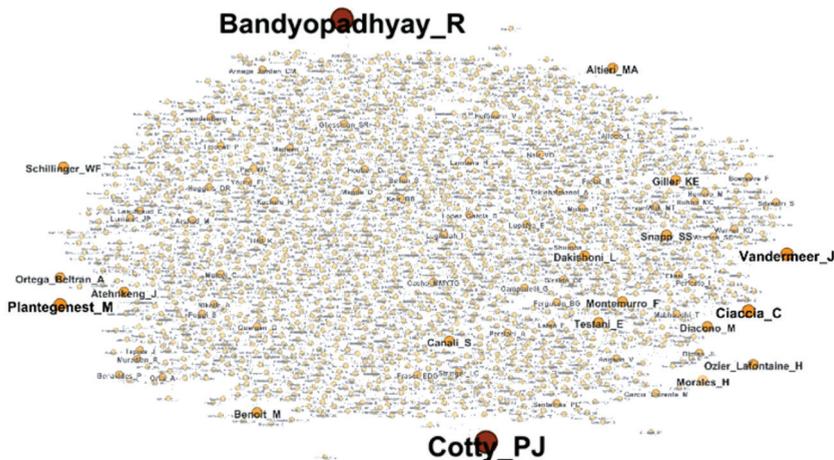


Red de coautoría

La densidad de la red tuvo un valor de 0.002, lo que implica que para el tópico de estrategias agroecológicas no existe mucha colaboración entre los autores. La densidad es un indicador en el análisis de redes de coautoría que implica que tanto los nodos interactúan (se vinculan) entre sí; matemáticamente es un valor dentro del intervalo [0 a 1], entre más cercano al 1 la interacción en la red es mayor (Aguilar-Gallegos *et al.*, 2016). La baja vinculación de los autores en la red de investigación quedó de manifiesto al encontrarse una media de coautoría de 3.83 y una moda (49) de un autor por texto; 98 textos presentaron más de 6 autores, con valores extremos (3 textos) de más de 24 autores.

Figura 3

Red de autores y coautores a nivel mundial que han publicado artículos científicos sobre estrategias agroecológicas de 1987 a 2021. El tamaño del nodo corresponde con su productividad.



Fuente: Elaboración propia.

REFLEXIÓN FINAL

El crecimiento exponencial que ha sostenido la publicación de artículos científicos en temas de estrategias agroecológicas a partir del año 2010, es un reflejo de la importancia que ha adquirido el tema entre la comunidad científica, como una forma de generar

conocimiento, con la finalidad de buscar estrategias que sostengan e incluso incrementen la producción de alimentos actual, sin desgastar los recursos naturales y adaptando los modos de producción a las variaciones climáticas actuales y futuras.

Sin embargo, la mayoría de las investigaciones se han centrado en técnicas para la sustentabilidad agrícola como la diversificación de cultivos, el mantenimiento de la diversidad genética local, la integración animal, la adición de materia orgánica al suelo y la cosecha de agua; dejando un vacío en la generación de conocimiento en temas como la creación de sistemas tempranos de información climática, proyectos de prevención y mitigación de desastres; por lo que estas áreas representan una oportunidad para el desarrollo de mayor investigación.

También se observó que las economías consolidadas (USA y países de Europa), han impulsado el desarrollo de investigación sobre el tema de estrategias agroecológicas para fortalecer la calidad alimentaria, mientras que en los países en vías de desarrollo como los Latinoamericanos, donde se localiza México, Argentina, Chile y Brasil, al parecer la prioridad es la seguridad alimentaria, dejando un amplio margen para el desarrollo de investigación en la región.

Agradecimientos

Este trabajo forma parte de los Proyectos Cátedras-CONAH-CYT número 2181. Estrategias agroecológicas para la seguridad alimentaria en zonas rurales de Campeche; y 364. Reconversión productiva sustentable para el desarrollo de los productores rurales de Campeche.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

Aguado-López, E., Rogel-Salazar, R., Garduño-Oropeza, G., Becerril-García, A., Zúñiga-Roca, M., Velázquez-Álvarez, A. (2009). Patrones de colaboración científica a partir de redes de coautoría. *Convergencia Revista de Ciencias Sociales* 16:225-258.



- Aguilar-Gallegos N., Martínez-González, E. G., Aguilar-Ávila, J., Santoyo-Cortés, H., Muñoz-Rodríguez, M., García-Sánchez, E. I. (2016). Análisis de redes sociales para catalizar la innovación agrícola: de los vínculos directos a la integración y radialidad. *Estudios Gerenciales* 32:197-207. <https://doi.org/10.1016/j.estger.2016.06.006>
- Allen, L., Jones, C., Dolby, K., Lynn, D., Walport, M. (2009). Looking for landmarks: the role of expert review and bibliometric analysis in evaluating scientific publication outputs. *PLoS one* 4(6):e5910. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0005910>
- Altieri, M., Nicholls, C. (2007). Conversión agroecológica de sistemas convencionales de producción: teoría, estrategias y evaluación. *Ecosistemas* 16:1-12.
- Altieri, M., Nicholls, C. (2013). Agroecología y resiliencia al cambio climático: principios y consideraciones metodológicas. *Agroecología* 8:7-20.
- Altieri, M., Nicholls, C. (2017). Estrategias agroecológicas para enfrentar el cambio climático. LEISA. *Revista de Agroecología* 2(33):5-9.
- Bastian, M., Heymann, S., Jacomy, M. (2009). Gephi: an open source software for exploring and manipulating networks. *Icwsn* 8:361-362.
- Bouchet-Valat, M., Bastin, G. (2013). RcmdrPlugin. Temis, a graphical integrated text mining solution in R. *The R Journal* 5:188-196.
- Börner, K. (2011). Science of Science Studies: Sci2 Tool. *Communications of the ACM* 54:60-69.
- Cañas-Guerrero, I., Mazarrón, F. R., Pou-Merina, A., Calleja-Perucho, C., Díaz-Rubio, G. (2013). Bibliometric analysis of research activity in the “Agronomy” category from the Web of Science, 1997–2011. *European Journal of Agronomy* 50:19-28. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2013.05.002>
- Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT). (2021). Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología: Consorcio Nacional de Recursos de Información Científica y Tecnológica. https://www.conicyt.mx/acervo-editorial/recursos-por-institucion?id_inst=38 (Agosto 2021)
- Environmental Systems Research Institute (ESRI). (2015). ArcGIS (Versión 10.3) Software de procesamiento digital de imágenes satelitales. Redlands, CA, USA. <http://www.esri.com/software/arcgis/arcgis-for-desktop> (Marzo 2021).
- Gersbach, H., Schneider, M. T. (2015). On the global supply of basic research. *Journal of Monetary Economics* 75:123-137. <https://doi.org/10.1016/j.jmoneco.2015.02.004>
- Granovetter, M. S. (1973). The strength of weak ties. *American Journal of Sociology* 78:1360-1380. <https://doi.org/10.1086/225469>

- Leipold, S. (2014). Creating forests with words A review of forest-related discourse studies. *Forest Policy Economics* 40:12-20. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2013.12.005>
- Li, W., Zhao, Y. (2015). Bibliometric analysis of global environmental assessment research in a 20-year period. *Environmental Impact Assessment Review* 50:158-166. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2014.09.012>
- Malesios, C., Arabatzis, G. (2012). An evaluation of forestry journals using bibliometric indices. *Annals of Forest Research* 55(2):147-164.
- Santillán-Fernández, A., Salinas-Moreno, Y., Valdez-Lazalde, J. R., Pereira-Lorenzo, S. (2021). Spatial-Temporal Evolution of Scientific Production about Genetically Modified Maize. *Agriculture* 11(3):246. <https://doi.org/10.3390/agriculture11030246>
- Sanz-Valero, J., Wanden-Berghe, C. (2017). Análisis bibliométrico de la producción científica, indizada en MEDLINE, sobre los servicios de salud proporcionados por las unidades de hospitalización a domicilio. *Hospital a Domicilio* 1(1):21-34. <https://doi.org/10.22585/hospdomic.v1i1.3>





CAPÍTULO IV

Lombricomposta de cachaza de caña y abonos animales en el crecimiento de *clitoria ternatea*

Silvia Fraire Cordero^{1*}
Verónica Rosales Martínez¹
Carolina Flota Bañuelos¹
José Antonio Hernández Marín²
Jaime Bautista Ortega³
Victorio Moreno Jiménez⁴

¹ CONAHCyT-Colegio de Postgraduados, Campus Campeche. Champotón, Campeche, México.

² Universidad de Guanajuato, Irapuato, Guanajuato, México.

³ Colegio de Postgraduados, Campus Campeche. Champotón, Campeche, México.

⁴ Universidad Autónoma de Chiapas. Facultad Maya de Estudios Agropecuarios.

Correspondencia: *frairec@colpos.mx





CAPÍTULO IV

Lombricomposta de cachaza de caña y abonos animales en el crecimiento de *clitoria ternatea*

Silvia Fraire Cordero, Verónica Rosales Martínez,
Carolina Flota Bañuelos, José Antonio Hernández
Marín, Jaime Bautista Ortega y Víctorio
Moreno Jiménez

INTRODUCCIÓN

El aumento de la población en los últimos años se asocia a una demanda de alimentos, lo que ha generado gran preocupación en la agricultura, principalmente por el creciente uso de fertilizantes químicos. Particularmente en los suelos tropicales, donde los niveles reducidos de P disponible están asociados con niveles elevados de oxihidróxidos de Fe y Al, en donde se necesitan grandes dosis de fertilizantes fosfatados para obtener altos rendimientos (Vieira *et al.*, 2018). Por lo que existe una preocupación por reducir el impacto negativo sobre el ambiente, buscando estrategias para la obtención de productos inocuos y más nutritivos.

En la actualidad, existe una amplia variedad de materiales que pueden ser utilizados en la elaboración de sustratos para el crecimiento de plántulas de cultivos de importancia agrícola. Sin embargo, la elección del sustrato adecuado depende de diversos factores, como la especie vegetal a propagar, el tipo de propágulo, la época de siembra, el costo, el sistema de propagación, la disponibilidad y las características propias del sustrato (Hartmann y Kester, 2002). En este sentido, garantizar un buen desarrollo y productividad de las plántulas es fundamental, donde el uso de sustratos adecuados desempeña un papel crucial.

Dentro de los sustratos disponibles, se puede disponer de materiales producidos localmente y que son estables, como el uso de lombricompostas, donde el material sufre un proceso de biooxidación en acción conjunta con especies específicas de lombriz y macroorganismos bajo temperaturas mesófilas, produciendo materiales orgánicos utilizables en la agricultura (Moya *et al.*, 2019). Este material generado por la lombricomposta, en su mayoría, presenta un elevado nivel de nutrientes asimilables por las plantas en comparación con los sustratos inorgánicos, produciendo una mejora significativa en las propiedades físicas del suelo cuando es mezclado con éste (Karlidag *et al.*, 2010).

En ese sentido, el uso de subproductos agroindustriales, como el residuo orgánico de la industria azucarera denominado cachaza de caña, es beneficioso, debido a que se le ha atribuido aumentos en la actividad de microorganismos y enzimas que facilitan la disponibilidad de P en el suelo, disminuyendo la fertilización fosfatada (Yang *et al.*, 2013). En este marco, otros materiales como el estiércol de ovino y de gallina son utilizados como abonos animales por su alto contenido de carbono, nitrógeno y lignocelulosa (Kelleher *et al.*, 2002), los cuales pueden ser aprovechables mediante la lombricomposta y reincorporados al suelo para proveer una mejor nutrición, desarrollo y crecimiento de plantas, así como ayudar a la conservación y mejoramiento del recurso suelo.

Por otra parte, para el desarrollo de la presente investigación se empleó la especie *Clitoria ternatea* L., por ser una de las plantas importantes para reproducir como forraje en la ganadería. Ésta también es conocida como campanilla, la cual es una leguminosa de áreas tropicales y subtropicales originaria de Asia (Córdova, 1987), que por su calidad nutritiva tiene múltiples usos desde forraje para el ganado, medicina, cosmético, gastronómico y ornamental (Jeyaraj *et al.*, 2021). Además, mejora la fertilidad del suelo al fijar nitrógeno a éste. En México, en condiciones de temporal, se han reportado producciones que van de 6 a 8 t ha año⁻¹ de forraje seco (Villanueva, 2004), siendo utilizado para el ramoneo de ganado en sistemas silvopastoriles y en su mayoría para cobertura de suelos agrícolas. Por lo que es una excelente alternativa que contribuye a fortalecer las acciones de la sostenibilidad en los sistemas agrícolas y pecuarios.

Por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue evaluar el sustrato de lombricomposta de cachaza de caña en combinación con estiércol de gallina y ovino en la germinación y comportamiento agronómico de *Clitoria ternatea* L.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La investigación se realizó durante los meses de septiembre a octubre de 2019, en un área bajo malla sombra con coordenadas 19°29'50.16" LN y 90°32'40.60" LO del Colegio de Postgraduados campus Campeche, localizado en el km 17.5 carretera Haltetunchén-Edzná, Champotón, Campeche, México. El clima predominante es cálido subhúmedo con lluvias en verano, con una temperatura media anual de 28 °C, máximas de 40 y mínimas de 10 °C, una precipitación pluvial de 1200 mm (García, 2004).

El tipo de suelo presenta características edafológicas de un suelo Vertisol (VRnl), con altas proporciones de arcillas expansibles, en su parte superficial aparecen agregados en forma de



cuñas, al secarse forman grietas anchas y profundas desde la superficie hacia abajo (Gardi *et al.*, 2014). En la Tabla 1 se muestran algunas de sus características.

Tabla 1

Análisis fisicoquímico* del suelo utilizado para para evaluar el crecimiento de *C. ternatea* L. con lombricomposta de cachaza de caña y abonos animales.

Suelo	Textura	pH	Conductividad eléctrica (dS/m)	Densidad aparente (g/mL)	Humedad relativa (%)
	Arcilloso	8.1	0.26	0.92	27.6

*Laboratorio de Suelo, Agua y Planta. Colegio de Postgraduados, Campus Campeche.

Fuente: Elaboración propia.

Selección de semillas

Se utilizaron semillas de *C. ternatea* L. de la casa comercial Leguminutre® con tiempo de almacenaje de dos años. Se seleccionaron aquellas semillas completas, uniformes y que permanecieron en el fondo de un recipiente con agua por 2 minutos.

Diseño de tratamientos

Para esta investigación se conformaron tres tratamientos, los cuales se describen en la Tabla 2.

Se utilizó lombricomposta con base de cachaza de caña + gallinaza (CG) y Cachaza de caña + estiércol de ovino (CO), los cuales previamente fueron composteados en la unidad de lombricultura del Colegio de Postgraduados, campus Campeche.

Para la conformación de los sustratos se tomaron 120 kg de suelo por tratamiento propio del lugar, el cual se tomó como un 100%. A los T2 y T3 se les incorporó 6 kg (5%) de la composta

respectiva y se procedió a revolver hasta tener una mezcla homogénea. Posterior a ello, se llenaron 20 bolsas negras de invernadero por tratamiento con seis kg de sustrato cada una y fueron humedecidas previo a la siembra.

Tabla 2

Descripción de tratamientos para evaluar el crecimiento de *C. ternatea* L. con lombricomposta de cachaza de caña y abonos ganaderos.

Tratamiento	Descripción	Número de repeticiones
T1	Testigo (Suelo)	20
T2	Suelo + CG al 5 %	20
T3	Suelo + CO al 5 %	20

CG (Cachaza de caña + gallinaza), CO (Cachaza de caña + estiércol de ovino).

Fuente: Elaboración propia.

Escarificación y siembra

Las semillas fueron escarificadas en agua purificada (Cristal®) por 12 horas antes de la siembra. Esta última se llevó a cabo en bolsas de polietileno negras con capacidad de 7 kg, en las que fueron sembradas dos semillas de *C. ternatea* L., por bolsa separadas a una distancia aproximada de 10 cm y a una profundidad de 2 cm.

Aclareo

A los nueve días después de la siembra, se llevó a cabo un aclareo en aquellas bolsas en donde hubo germinación de dos plantas, para ello se eliminó la planta que se consideró más débil, obteniendo finalmente una planta por bolsa.

Variables respuesta

Para esta investigación se evaluaron: porcentaje de germinación, altura, diámetro, número de raíces secundarias y largo de la raíz principal.



Porcentaje de germinación. Se determinó a los ocho días posteriores a la siembra, se consideró que había germinado si presentaban emisión visible de la plántula. Para calcular este porcentaje se utilizó la fórmula

Altura. Determinada a partir de 19 plantas por tratamiento, cada planta se midió cada ocho días hasta el día 40. Para ello, se utilizó un flexómetro de tres metros, midiendo desde la superficie del sustrato hasta el ápice de la planta.

Diámetro del tallo. Determinada a partir de 19 plantas por tratamiento, se midió cada ocho días hasta el día 40 con el uso de un Vernier digital (Leidsany®) y se tomó a una altura de un cm entre el sustrato y la base de la planta.

Longitud de raíz principal y número de raíces secundarias. A los 64 días posteriores a la siembra, se seleccionaron aleatoriamente cinco plantas por tratamiento, en donde se extrajeron, se limpiaron y se midió la raíz principal a partir de un cm por debajo del cuello de la planta hasta la cofia con una cinta métrica de un metro. Para el conteo de raíces secundarias, éstas fueron contabilizadas por un solo observador de manera visual y aproximada.

Peso total de la planta y de la raíz. A los 64 días posteriores a la siembra, se seleccionaron aleatoriamente cinco plantas por tratamiento, en donde se extrajeron, se limpiaron y se pesó la planta total y la raíz, para ello se utilizó una báscula digital Truper®.

Análisis estadístico

Las variables altura y diámetro se analizaron por mediciones repetidas, utilizando el modelo mixto, con la rutina PROC MIXED. Para las variables, porcentaje de germinación, número de raíces secundarias, longitud de la raíz, peso total de la planta y de la raíz, se utilizó un análisis de varianza (ANOVA) usando la rutina PROC GLM. Se compararon medias con la prueba de

Tukey. Todos los análisis se realizaron mediante el programa SAS/STAT (2002). Para todas las pruebas se utilizó un nivel de significancia $\alpha = 0.05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Porcentaje de germinación

Para esta variable no se encontraron diferencias estadísticas ($p \geq 0.05$) entre los tratamientos evaluados (Tabla 3).

Tabla 3

Porcentaje de germinación de *C. ternatea* L., con lombricomposta de cachaza de caña y abonos animales como sustratos.

Tratamiento	N° de plantas germinadas/ Total	Germinación (%)
T1: Suelo	27/40	67.5 a
T2: Suelo + CG al 5%	19/40	47.5 a
T3: Suelo + CO al 5%	23/40	57.5 a

CG: Cachaza de caña + gallinaza, CO: Cachaza de caña + estiércol de ovino. ^{a, b} Medias con distinta literal dentro la columna indica diferencia estadística ($p \leq 0.05$).

Fuente: Elaboración propia.

Las semillas almacenadas en ambientes de alta humedad o temperatura experimentaron un acelerado proceso de envejecimiento seminal, en comparación con aquellas almacenadas en ambientes fríos (Gómez-Campo, 2006). En estos últimos, se evita en menor medida el envejecimiento seminal y se minimizan los daños (Ellis y Hong, 2006). Por lo tanto, es posible sugerir que el envejecimiento de las semillas pudo ser un factor que limitó la observación de una mayor germinación y diferencias entre los tratamientos. Estos hallazgos resaltan la importancia de condiciones adecuadas de almacenamiento para preservar la viabilidad y el potencial germinativo de las semillas a largo plazo.



Además, de factores como la dormancia de la semilla, la cual sigue siendo un estado fisiológico complejo no entendido bien, a pesar de décadas de investigación (Nelson *et al.*, 2009), en este proceso se ha reconocido la necesidad de recursos como la luz, temperatura, nutrientes y hormonas vegetales como el ácido giberélico (AG_3), por su implicación en el inicio y proceso de la germinación. Por lo que es de importancia cuidar todos estos aspectos, ya que es la etapa más vulnerable de un cultivo, puesto que la disminución del porcentaje de germinación provoca reducción del rendimiento.

Por otro lado, las características fisicoquímicas del sustrato son de gran importancia en las que destaca la porosidad total, retención de humedad y reducida conductividad eléctrica para una mayor germinación. Respecto a esto, Berrospe-Ochoa *et al.* (2012), llevaron a cabo un trabajo en semillas de jitomate (*Solanum lycopersicum* Mill) para probar siete diferentes sustratos orgánicos, incluyendo cachaza sin compostear, composteados y vermicomposteados, en comparación con la mezcla de turba y agrolita como testigo. Sus resultados muestran que no hay efectos significativos sobre la variable respuesta, logrando incluso una germinación de 93%, siendo valores mayores a los encontrados en este trabajo.

En este sentido, es evidente que las características físicas y nutritivas del sustrato son de importancia para el desarrollo de la planta, por lo que en este estudio se infiere que la proporción de sustrato adicionada no fue lo suficiente para mostrar una mayor respuesta en el porcentaje de germinación.

Altura

La altura de la planta mostró diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre los tratamientos, tiempo e interacción tiempo por tratamiento, donde el T2 fue el que presentó las mejores respuestas, seguido por T3 y T1 (Tabla 4).

Por lo expresado en los resultados, se podría inferir que el uso del sustrato a base de cachaza de caña + abonos animales,

permitió a las plantas obtener mayores nutrientes expresado en mayores alturas. Con relación a ello, autores como Carter (2002) y Arancon *et al.* (2008), mencionan que las compostas como fuentes de sustancias húmicas y reguladoras del crecimiento, influyen de manera positiva en el crecimiento de las plantas. Además, la adición de materia orgánica al suelo en forma de composta tiene un mayor impacto en la infiltración de agua, el mantenimiento del contenido de nutrientes, la permeabilidad y la erodabilidad. Estos beneficios adicionales hacen que las compostas sean una opción valiosa para mejorar las propiedades del suelo y promover un crecimiento saludable de las plantas.

Tabla 4

Altura en cm (Media \pm EE) de plantas de *C. ternatea* L., con lombricomposta de cachaza de caña y abonos animales como sustratos.

Tratamientos Días	T1 (n=19)	T2 (n=19)	T3 (n=19)
8	5.45 \pm 0.52 ^a _x	4.84 \pm 0.52 ^a _x	6.31 \pm 0.52 ^a _x
16	13.23 \pm 0.78 ^b _y	13.44 \pm 0.78 ^b _y	12.88 \pm 0.78 ^b _y
24	18.16 \pm 0.86 ^c _y	20.75 \pm 0.86 ^c _y	18.37 \pm 0.86 ^c _y
32	22.40 \pm 1.16 ^d _y	29.44 \pm 1.16 ^d _z	25.37 \pm 1.16 ^d _y
40	25.64 \pm 1.46 ^e _y	35.18 \pm 1.46 ^e _z	31.85 \pm 1.46 ^e _z

T1. Testigo (Suelo), T2. (Suelo + Cachaza de caña + gallinaza al 5%), T3. (Suelo + Cachaza de caña + estiércol de ovino al 5%). ^{a, b, c, d, e.} Medias con distinta literal dentro de cada columna indica diferencia entre periodos ($p \leq 0.05$). ^{x, y, z.} Medias con distinta literal dentro de cada fila indica diferencia entre tratamientos ($p \leq 0.05$).

Fuente: Elaboración propia.

En una investigación presentada por Hallely *et al.* (2012), usando arena y estiércol de bovino como sustrato en dos genotipos de *C. ternatea*, no encontraron diferencias en la longitud del tallo principal en su evaluación a través de 90 días, siendo los valores similares a los obtenidos en esta investigación a los 32 y 40 d.



Diámetro

Para el diámetro, se encontró efecto de tratamiento y tiempo ($p \leq 0.05$) (Tabla 5). Se puede observar que el T2 fue el que presentó mayor diámetro a través del tiempo, con dos a tres mm en promedio más que el resto de los tratamientos, mientras que T1 y T3 fueron similares ($p \geq 0.05$). Todas las plantas incrementan su diámetro a medida que avanzó el tiempo, para T2 en el último periodo obtiene los mayores incrementos en diámetro.

Tabla 5

Diámetro en cm (Media \pm EE) de plantas de *C. ternatea* L., con lombricomposta de cachaza de caña y abonos animales como sustratos.

Tratamientos Días	T1 (n=19)	T2 (n=19)	T3 (n=19)
8	1.5 \pm 0.0 ^a _x	1.6 \pm 0.0 ^a _x	1.5 \pm 0.0 ^a _x
16	1.7 \pm 0.0 ^a _x	1.7 \pm 0.0 ^a _x	1.6 \pm 0.0 ^a _x
24	1.8 \pm 0.0 ^a _x	1.8 \pm 0.0 ^a _x	1.7 \pm 0.0 ^a _x
32	1.9 \pm 0.1 ^a _y	2.0 \pm 0.0 ^b _y	2.0 \pm 0.0 ^b _y
40	2.1 \pm 0.0 ^b _y	2.5 \pm 0.2 ^b _z	2.1 \pm 0.0 ^b _y

T1. Testigo (Suelo), T2. (Suelo + Cachaza de caña + gallinaza al 5%), T3. (Suelo + Cachaza de caña + estiércol de ovino al 5%). ^{a, b} Medias con distinta literal dentro de cada columna indica diferencia entre periodos ($p \leq 0.05$). ^{x, y, z} Medias con distinta literal dentro de cada fila indica diferencia entre tratamientos ($p \leq 0.05$).

Fuente: Elaboración propia.

En dos genotipos de *C. ternatea*, Hallely (2012,) reportó que el diámetro del tallo principal fue semejante a los 45 días de edad. Sin embargo, a partir del día 60, especialmente en el genotipo azul, se observó un incremento en el diámetro del tallo hasta los 75 días. Estos genotipos se cultivaron en sustrato de arena y materia orgánica (estiércol de bovino lavado) en una proporción de 2:1. Se atribuyó este efecto al aporte de la materia orgánica, que posiblemente proporcionó una mayor cantidad de nutrientes disponibles para el crecimiento de la planta. Estos

hallazgos son consistentes con los resultados encontrados en este estudio, donde la lombricomposta utilizada pudo influir en la disponibilidad de nutrientes, lo que potencialmente favoreció el crecimiento de las plantas.

En el trabajo de García *et al.* (2010), se observó que el diámetro de tallos en el cultivo de petunia aumentó a medida que se incrementó el volumen de composta en el sustrato. Las plantas desarrolladas alcanzaron el mayor diámetro de tallo (9.1 mm) cuando la composta fue preparada con estiércol de ganado bovino y residuos vegetales de huertos de traspatio. Estos resultados destacan la influencia positiva de la composta en el crecimiento de los tallos de las plantas especialmente cuando se utiliza una composta enriquecida con una combinación de estiércol y residuos vegetales.

Longitud de la raíz principal y número de raíces secundarias

Para ambas variables se encontró efecto de tratamiento ($p \leq 0.05$), como se aprecia en la Tabla 6. Para el número de raíces secundarias, las plantas provenientes del T1 mostraron 11 raíces más en comparación con T2 y T3. Mientras que para el largo de la raíz T1 fue mayor al resto de los tratamientos y T2 obtuvo el menor largo de raíz en el experimento (Tabla 6).

Autores como Torres-Guerrero *et al.* (2013), mencionan que la mayor cantidad de raíces secundarias en las plantas hace que pueda aprovechar de mejor forma los nutrientes. Sin embargo, para el T1, el mayor número de raíces pudo estar influenciado para la búsqueda y mayor absorción de nutrientes. La planta destino parte de sus nutrientes para el desarrollo de estas estructuras viendo disminuido el desarrollo de otras estructuras como el crecimiento y el engrosamiento como se observó en las variables anteriores. Mientras que en los T2 y T3, los nutrientes se invirtieron en el desarrollo del crecimiento externo de la planta y, en menor



medida, en el desarrollo de raíces, ya que los sustratos incrementan la solubilidad de los elementos nutritivos, liberándolos de manera paulatina, lo que facilita la asimilación por parte de las raíces.

Tabla 6

Longitud de raíz principal y número de raíces secundarias de plantas de *C. ternatea* L., con lombricomposta de cachaza de caña y abonos animales como sustratos.

Tratamiento	Número de raíces secundarias	Largo de la raíz (cm)
T1: Suelo	19.93 a	21.39 a
T2: Suelo + CG al 5%	8.75 b	8.00 b
T3: Suelo + CO al 5%	9.00 b	12.37 c

CG: Cachaza de caña + gallinaza, CO: Cachaza de caña + estiércol de ovino. ^{a, b, c}. Medias con distinta literal dentro cada columna indica diferencia estadística ($p \leq 0.05$).

Fuente: Elaboración propia.

En trabajos realizados por Bautista (2015) y Rivera (2017), utilizando plantas de *C. ternatea*, encontraron aumento en la longitud de raíz desde el primer estado de madurez a los 30 días (19.78 cm) y 90 días (36.50 cm) superiores a los de este estudio, sin embargo, las condiciones de exposición fueron diferentes.

Peso total de la planta y de la raíz

Para estas variables no se encontraron diferencias ($p \geq 0.05$) entre los tratamientos (Tabla 7). No obstante, se puede observar que numéricamente en el peso de la planta el T2 tendió a ser mayor en promedio en $1.28 \text{ g planta}^{-1}$ que el resto de los tratamientos, por lo que podría ser importante para los productores.

En la investigación de Bautista (2015), evaluando el peso de la raíz de plantas de *C. ternatea*, obtuvieron a los 45 días un peso de 7.00 g por planta. El peso de forraje o biomasa por planta a los 45 días fue de 9.50 g, siendo estos valores mayores a

los reportados en esta investigación, quizá el menor tiempo en que se realizó las evaluaciones y las condiciones de experimentación influyeron en la respuesta encontrada. De forma similar, Rivera (2017), registró el peso total de plantas de *C. ternatea* que incluía la parte aérea y la parte radicular, encontrando que el mayor peso se obtuvo a los 120 días con 14 g.

Tabla 7

Peso de planta y raíz de *C. ternatea* L., con lombricomposta de cachaza de caña y abonos animales como sustratos.

Tratamiento	Planta (g)	Raíz (g)
T1: Suelo	4.86 a	1.13 a
T2: Suelo + CG al 5%	6.00 a	0.88 a
T3: Suelo + CO al 5%	4.58 a	1.00 a

CG: Cachaza de caña + gallinaza, CO: Cachaza de caña + estiércol de ovino. ^{a, b} Medias con distinta literal dentro cada columna indica diferencia estadística ($p \leq 0.05$).

Fuente: Elaboración propia.

Cabe señalar que la integración de lombricomposta al sustrato suele mejorar las variables morfológicas. Sin embargo, en este trabajo la adición de lombricomposta no mejoró significativamente el peso de la planta y la biomasa área.

CONCLUSIONES

En las condiciones del estudio, se concluye que las proporciones de lombricomposta no mejoraron el porcentaje de germinación, pesos de planta y raíz de *C. ternatea* L., en comparación con el testigo. Sin embargo, el sustrato de Suelo + cachaza de caña + gallinaza al 5% tendió a mostrar el mejor comportamiento agronómico presentando mejores respuestas al crecimiento con una mayor altura y diámetro, menor número de raíces secundarias



y largo de la raíz por lo que podría ser una alternativa a implementar en sistemas agrícolas y ganaderos.

La utilización de diferentes compostajes, derivados de la lombricultura, son una alternativa al uso de fertilizantes sintéticos, además de hacer uso de subproductos que no son aprovechados en otra área. Por lo que es importante considerar el seguir probando el uso de lombricompostas y proporciones de éstas en el crecimiento de diferentes cultivos para valorar la importancia que tienen en una agricultura sostenible. Además, el uso de sustratos orgánicos a pequeña escala suele ser una fuente importante para el aprovechamiento en los huertos familiares aportando a la seguridad alimentaria.

La investigación de la mejora productiva de cultivos agrícolas y la innovación tecnológica son las claves para sustentar la producción alimentaria en el futuro. Por lo que es fundamental garantizar la salud y la seguridad alimentaria con un bajo impacto ambiental en el ecosistema en relación con los residuos químicos.

Agradecimientos

Al proyecto Cátedras CONAHCyT 2181 “Estrategias agroecológicas para la seguridad alimentaria en zonas rurales de Campeche” del Colegio de Postgraduados Campus Campeche.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arancon, N. Q., Edwards, C. A., Babenkoc, A., Cannon, J., Galvis, P., Metzger, J. D. (2008). Influences of vermicomposts, produced by earthworms and microorganisms from cattle manure, food waste and paper waste, on the germination, growth and flowering of petunias in the greenhouse. *Applied Soil Ecology*, 39, 91-99, Doi: 10.1016/j.apsoil.2007.11.010.
- Bautista, Z. P. K. (2015). *Comportamiento agronómico, composición química y microbiológica de Clitoria ternatea en diferentes estados de madurez*. Tesis de pregrado. Ingeniería Agropecuaria. Universidad estatal de Quevedo Los Ríos Ecuador. 53 p.

- Berrospe-Ochoa, E. A., Ordaz-Chaparro, V. M., Rodríguez-Mendoza, M. N., Quintero-Lizaola, R. (2012). Cachaza como sustrato para la producción de plántulas de tomate. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 18, 41-156.
- Carter, M. R. (2002). Organic matter and aggregation interactions that maintain soil functions. *Agronomy journal*, 94, 38-47, Doi: 10.2134/agronj2002.3800.
- Córdova, A., Peralta, A., Ramos, A. (1987). Producción estacional de la asociación Digitaria decumbens/Clitoria ternatea con tres cargas animales y dos sistemas de utilización. *Pasturas Tropicales CIAT*. 9(1), 27-31.
- Ellis, R. H., Hong, T. D. (2006). Temperature sensibility of the low-moisture-content limite to negative seed longevity-moisture content relations in hermetic storage. *Annals of Botany*, 97, 785, Doi: 10.1093/aob/mcl035.
- García, E. (2004). *Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana)*. Quinta edición. Instituto de Geografía/UNAM. México. 90 p.
- García, F. A., Montes, H. S., Rangel, L. J. A., García, M. E., Mendoza, E. M. (2010). Respuesta fisiológica de la semilla chile piquin (*Capsicum annum* var. glabriusculum (Dunal) Heiser & Pickersgill) al ácido giberélico e hidrotermia. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 1, 203-216.
- Gardi, C., Angelini, M., Barcelo, S., Comerma, J., Cruz Gaistardo, C., Encina Rojas, A., Jones, A., Krasilnikov, P., Mendonca Santos Brefin, M. L., Montanarella, L., Muniz Ugarte, O., Schad, P., Vara Rodríguez, M. I., Vargas, R. (eds.). (2014). *Atlas de suelos de América Latina y el Caribe*. Comisión Europea-Oficina de Publicaciones de la Unión Europea, L-2995 Luxembourg, 176 p.
- Gómez-Campo, C. (2006). Erosion of genetic resources within seed genebanks: the role of seed containers. *Seed Science Research*, 16, 291, Doi: 10.1017/SSR2006260.
- Hallely, S. W. M. (2012). Caracterización morfoagronómica y evaluación del contenido proteico en dos genotipos de *Clitoria ternatea* L. cultivados en un sistema de espalderas. *Pastos y Forrajes*, 35(4), 365-379.
- Hartmann, H., Kester, D. (2002). *Plant propagation. Principles and practices*. Prentice Hall. New Jersey. USA. 880 p.
- Jeyaraj, E. J., Lim, Y. Y., Choo, W. S. (2021). Effect of organic solvents and water extraction on the phytochemical profile and antioxidant activity of *Clitoria ternatea* flowers. *ACS Food Science & Technology*, 1(9), 1567-1577, Doi: 10.1021/acsfoodscitech.1c00168.
- Karlidag, H., Yildirim, E., Turan, M., Donmez, M. F. (2010) Effect of Plant Growth-Promoting Bacteria on Mineral-Organic Fertilizer Use Efficiency, Plant



Growth and Mineral Contents of Strawberry (*Fragaria x ananassa* L. Duch.). *Reviewed Papers*, 218-226.

- Kelleher, B. P., Leahy, J. J., Henihan, A. M., O'Dwyer, T. F., Sutton, D., Leahy, M. J. (2002). Advances in poultry litter disposal technology- a review. *Bio-resource Technology*, 83, 27-36, Doi: 10.1016/S0960-8524(01)00133-X.
- Moya, B., Parker, A., Sakrabani, R. (2019). Challenges to the use of fertilisers derived from human excreta: The case of vegetable exports from Kenya to Europe and influence of certification systems. *Food Policy*, 85, 72-78, Doi: 10.1016/j.foodpol.2019.05.001.
- Nelson, D. C., Riseborough, J. A., Flematti, G. R., Stevens, J., Ghisalberti, E. L., Dixon, K. W., Smith, S. M. (2009). Karrikins discovered in smoke trigger arabidopsis seed germination by a mechanism requiring gibberellic acid synthesis and ligh. *Plant Physiology*, 149(2), 863-873, Doi: 10.1104/pp.108.131516.
- Rivera, C. E. D. (2017). *Comportamiento agronómico de zapatillo de la reina (Clitoria ternatea)*. Tesis de grado en Ingeniería Agronómica. Universidad Técnica de Cotopaxi. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. Carrera de Ingeniería Agronómica. La Mana-Ecuador. 33 p.
- Statistical Analysis Software (SAS) Institute. (2012). *Statistical Analysis Software SAS/STAT®*, versión 9.0.2, Cary, North Carolina, USA: SAS Institute Inc.
- Torres-Guerrero, C. A., Etchevers, B. J. D., Fuentes-Ponce, M. H., Govaerts, B., León-González, F., Herrera, J. M. (2013). Influencia de las raíces sobre la agregación del suelo. *Terra Latinoamericana*, 31, 71-84.
- Vieira, N. S., Delgado, O. Z. M., Tronto, J., Feola, C. R., Pellegrino, C. C. E. (2018). Poultry manure and sugarcane Straw biochars modified with MgCl₂ for phosphorus adsorption. *Journal of Environmental Management*, 214(15), 36-44, Doi: 10.1016/j.jenvman.2018.02.088.
- Villanueva, A. J. F., Bonilla, C. J. A., Rubio, C. V. J., Bustamante, G. J. J. (2004). Agrotecnia y utilización de *Clitoria ternatea* en sistemas de producción de carne y leche. *Técnica Pecuaria México*, 42(1), 79-96.
- Yang, S. D. Liu, J. X., Wu, J., Tan, H. W., Li, Y. R. (2013). Effects of Vinasse and Press Mud Application on the Biological Properties of Soils and Productivity of Sugarcane. *Sugar Tech*, 15 (2), 152-158, Doi: 10.1007/s12355-012-0200-y.

CAPÍTULO V

Materia orgánica y densidad aparente del suelo en agrosistemas convencionales

Alex Ricardo Ramírez García¹
Victorio Moreno Jiménez^{1*}
Abisag Antonieta Ávalos Lázaro¹
Santa Dolores Carreño Ruíz¹
Daniel Pérez Pascual¹
Silvia Fraire Cordero²

¹ Universidad Autónoma de Chiapas. Facultad Maya de Estudios Agropecuarios. Carretera Catazajá-Palenque. Km 4, Catazajá, Chiapas. C.P. 29980.

² CONAHCyT-Colegio de Postgraduados, Campus Campeche. Champotón, Campeche, México.

Correspondencia: *victorio.moreno@unach.mx





CAPÍTULO V

Materia orgánica y densidad aparente del suelo en agrosistemas convencionales

Alex Ricardo Ramírez García, Victorio Moreno Jiménez, Abisag Antonieta Ávalos Lázaro, Santa Dolores Carreño Ruíz, Daniel Pérez Pascual y Silvia Fraire Cordero

INTRODUCCIÓN

Al recurso suelo, se le pueden dar diferentes significados. En su sentido tradicional, el suelo se puede percibir como el medio donde se desarrollan las plantas terrestres, tenga o no diferentes estructuras en sus capas (Cioruta y Coman, 2022), es considerado como un sistema complejo, dinámico y formado por materiales sólidos que involucran a los compuestos orgánicos e inorgánicos (minerales), y que en espacios porosos interactúan con la fase líquida y gaseosa (Ingaramo *et al.*, 2007). Este recurso tiene gran importancia, junto con los demás componentes como el agua y aire, indispensables para lograr la estabilidad de

la vida del planeta, cumpliendo con un papel determinante en todos los procesos fisicoquímicos y biológicos (Moraru *et al.*, 2020). A nivel mundial, el suelo proporciona alrededor del 99% de los recursos alimentarios de la tierra, siendo vital para el abastecimiento alimentario para la sociedad, es un recurso agotable, pero también renovable en condiciones de uso racional (Kopittke *et al.*, 2019).

En el suelo, la materia orgánica (MOS) es uno de los componentes principales (Julca-Otiniano *et al.*, 2006; Sadeghian, 2010) y es considerada dentro de las características químicas como la base principal para el establecimiento de la agricultura orgánica (Julca Otiniano *et al.*, 2006). Esto se debe a que la MOS proviene de residuos de origen vegetal y animal que presentan diferencias en sus propiedades químicas, y que en su proceso de descomposición proveen nutrientes para el éxito de los cultivos (Trinidad-Santos y Velasco-Velasco, 2016).

Sin embargo, la continua degradación del suelo provocada por las diferentes actividades agropecuarias ha provocado modificaciones en el contenido de la MOS. Etchevers *et al.* (2016), mencionan que, a nivel nacional, uno de los impactos que ha sufrido el campo agrícola es la pérdida de la calidad del suelo, que es equivalente a la disminución de la salud del suelo. Cotler-Avalos y Cuevas-Fernández (2017), mencionan que para mitigar esta pérdida de la calidad del suelo se deben generar estrategias agroecológicas tales como el sistema de milpa intercalado con frutales, rotación de cultivos, cultivos en terrazas, silvopastoriles y agrosilvopastoriles que permiten el aumento del contenido de la MOS, incremento en los rendimientos, en la infiltración del agua, disminución de la erosión, así como de promover la diversidad agrícola.

Esta investigación se realizó con el objetivo de conocer la influencia que tienen tres agrosistemas convencionales del sureste de México sobre las propiedades del suelo como el

porcentaje de la MOS y de la densidad aparente (DA). Asimismo, la importancia de conocer el estado de la MOS y DA permitirá generar e implementar actividades agroecológicas que ayuden a conservar y restablecer las situaciones en los que se encuentran los sistemas evaluados.

Importancia de la materia orgánica del suelo (MOS)

La mayor importancia de la MOS está en que influye fuertemente en los factores físicos, químicos y bióticos del suelo (Sadeghian, 2010; Trinidad-Santos y Velasco-Velasco, 2016). Estos autores mencionan que la adición de MOS ayuda a la multiplicación de la microfauna edáfica, tales como bacterias y hongos como protagonistas en las diferentes etapas de descomposición de la materia orgánica, oxidación-reducción de los elementos nutritivos, así como de prevenir la presencia de algunos patógenos del suelo. Sadeghian (2010), menciona que la MOS mejora las condiciones del suelo tales como el aumento del espacio poroso, contenido de humedad, la formación de agregados que soportan la erosión, mejora los niveles de nutrientes, funciona como purificador contra los elementos que presentan toxicidad y genera condiciones adecuadas para el desarrollo favorable de las raíces de las plantas y un incremento en la producción de especies cultivables. Martínez-Romero y Leyva-Galán (2014) mencionan que las prácticas agrícolas de roza, tumba y quema generan un fuerte deterioro de la vida microbiana de los suelos, disminuyendo la materia orgánica y por lo tanto trae como consecuencia el bloqueo de procesos importantes como la nitrificación y la humificación. Además, la MOS está sujeta a diferentes factores climáticos que promueven su variación entre los diversos agrosistemas y manejo de suelo (Sadeghian, 2010). En el recurso edáfico con altos niveles en MOS y con buenas prácticas de labranza del suelo, debe contribuir, como mínimo, el mismo porcentaje de MOS que se disipa por mineralización para conservar el equilibrio de la MOS (Ingaramo *et al.*, 2007).



Densidad aparente (DA)

La densidad aparente (DA) es una de las variables físicas más importantes que refleja la masa o el peso de un cierto volumen de suelo (Indoria *et al.*, 2020), mismo que funciona como un indicador de la compactación del suelo, categorizada como un parámetro importante que se toma en cuenta para los estudios de la pérdida de la estructura física del suelo. Esta propiedad está vinculada con los tipos de usos y cobertura vegetal (Bi *et al.*, 2014). Asimismo, la DA es una propiedad del suelo que se asocia con más grado en la producción de los cultivos y está interconectada con otras propiedades del suelo como la MOS (Salamanca-Jiménez y Sadeghian-Khalajabadi, 2005).

La DA señala la baja porosidad y alta compactación del suelo, esto puede causar restricciones en el desarrollo del sistema radicular, en la actividad de los microorganismos del suelo, y un movimiento aeróbico deficiente e hídrico en el suelo (Indoria *et al.*, 2020). Lo anterior provoca enraizamiento superficial de las plantas y un crecimiento deficiente, lo que afecta en la productividad de las especies cultivadas y reduce la cobertura vegetal disponible para salvaguardar el suelo de la erosión física provocada por el aire o las escorrentías que se forman por las precipitaciones (Labelle y Kammermeier, 2019).

Cid-Lazo *et al.* (2021), mencionan que a partir de la DA se pueden determinar otras propiedades del suelo (porosidad, filtración del agua, entre otras). Además, es sometida a cambios constantemente, ya sea por el manejo que sufre el suelo al ser removido para cualquier uso en común y por factores exógenos como el peso ejercido por las herramientas y maquinaria utilizada, por las láminas de riego aplicadas u otros relacionados en las labores para los agrosistemas pecuarios o agrícolas.

Agrosistemas convencionales

La agricultura convencional es un término amplio que tiene varias definiciones, pero un cultivo puede clasificarse como

convencional si se utiliza labranza con maquinaria pesada y productos químicos sintéticos para la preparación del terreno con el objetivo de mejorar la producción. Estos métodos suelen alterar el entorno natural, deteriorando la calidad del suelo (Chausali y Saxena, 2021), promoviendo riesgos para la salud humana, eliminando la biodiversidad y dañando el ambiente.

Mientras que el agrosistema de pastizal se trabaja de manera convencional como ganadería extensiva, que se caracteriza por una baja productividad por animal y por superficie, manejando pocas cantidades de insumos, recursos económicos y humanos en comparación con las superficies de suelos cultivadas, estos sistemas suelen tener una carga ganadera baja y se enfocan principalmente en el pastoreo (pastizales permanentes de origen natural o introducido) (Isaac-Márquez *et al.*, 2008).

Otro agrosistema es el “acahual”, nombrado así en el sur de México a la vegetación secundaria que surge de un sistema de selvas de la región que fue deforestado y aprovechado principalmente para la siembra de la milpa y posteriormente se dejaron en abandono por la disminución de su productividad. En este contexto, estas superficies se siguen usando en diferentes tiempos para la misma actividad, así como para la extracción de ciertas especies de árboles para diferentes usos como leña, postes, material de construcción u otro tipo de herramientas (Zamora-Crescencio *et al.*, 2018).

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área de estudio

El área de estudio se ubica en agrosistemas correspondientes a los municipios de Balancán, Emiliano Zapata y Tenosique, Tabasco, entre las coordenadas UTM: 1907911.5 y 1988414.0 N, y 713308.9 y 624082.4 E. De acuerdo con Aceves-Navarro y Rivera-Hernández (2019), el clima es cálido húmedo con lluvias abundantes en verano (Am) y todo el año (Af) y cálido subhúmedo con lluvias en verano (Aw), con una precipitación



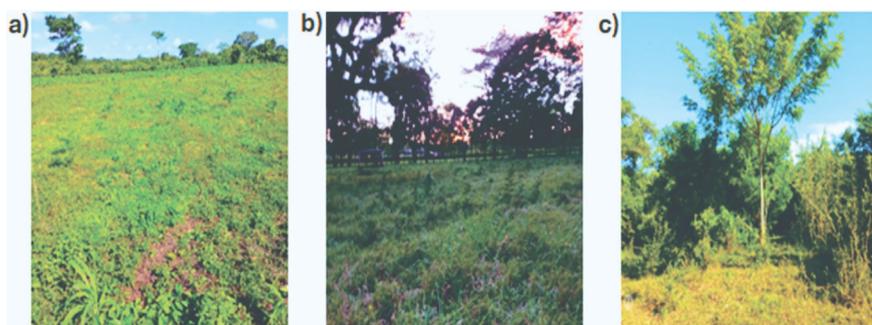
promedio entre 1 600 a 2 000 mm, el rango de temperatura promedio fluctúa entre los 26 y 28 °C. Geomorfológicamente se encuentran en planicies, lomeríos y montañas, drenados por la cuenca Usumacinta y San Pedro (Salgado-García *et al.*, 2015).

Selección de sitios y muestreo de suelos

Se seleccionaron sitios de muestreo en tres agrosistemas de la región. El primer sitio consistió en un agrosistema de cultivo de temporal de maíz (*Zea mays* L.) o frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), el segundo agrosistema fue pastizal (gramíneas nativas e introducidas con algunos árboles aislados) y un tercer sitio conformado por vegetación secundaria de sucesión temprana conocido como “acahual” (Figura 1). En cada sitio se contó con cuatro repeticiones de 2 ha cada una.

Figura 1

Agrosistemas evaluados para conocer el porcentaje de materia orgánica y densidad aparente en el suelo. a) Cultivo de maíz o frijol, b) pastizal y c) acahual o vegetación secundaria de selva.



Fuente: Elaboración propia.

En la obtención de muestras de suelo se utilizó una barrena estilo holandesa. En cada sitio, en las cuatro repeticiones, se tomaron 15 submuestras a una profundidad de 30 cm para formar una muestra compuesta con la técnica de cuarteo hasta obtener un 1 kg de suelo aproximadamente. Para ello, se

realizaron recorridos en forma de zigzag. Las muestras tomadas fueron trasladadas al Laboratorio Agroindustrial, Suelos, Plantas y Aguas del Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco, en donde se realizó el análisis de MOS. Para la obtención de la DA se colectó suelo inalterado utilizando una barrena cilíndrica, por debajo de los 10 cm de la capa superficial.

Determinación de MOS y DA

Para la determinación de la MOS, las muestras de suelo se secaron y se pasaron con un tamiz de 0.5 mm (malla 60) y posteriormente se analizaron mediante el método AS-07 de Walkley-Black (SEMARNAT, 2002). Para el caso de la DA se aplicó el método de cilindro (USDA, 1999).

Análisis estadístico

Los porcentajes de la MOS y los valores de la DA de cada muestra compuesta se compararon mediante un ANOVA de un factor ($p < 0.05$), seguida de las pruebas a posteriori de Tukey. El procesamiento y análisis de datos se apoyó con el software estadístico PAST (Hammer, 2012).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Materia orgánica del suelo

Los valores promedios del porcentaje de la MOS presentaron diferencias estadísticamente significativas ($p = 0.014 < 0.05$), mostrando mayor contenido en los agrosistemas de acahual y pastizal, mientras que en el agrosistema de cultivo de temporal obtuvo el menor porcentaje (Figura 2).

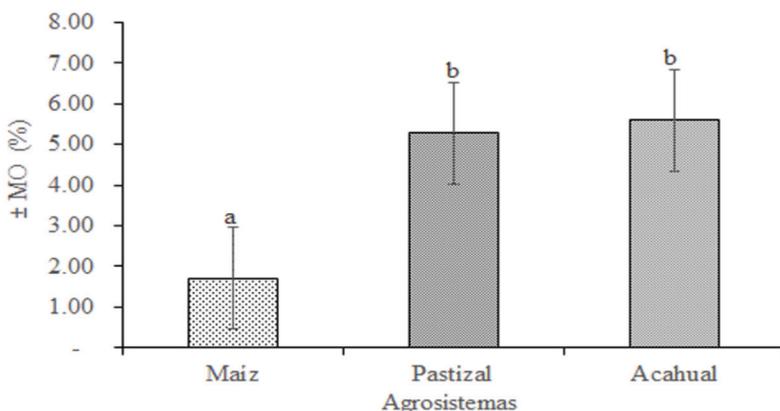
Este comportamiento se debe a que en el acahual existen aportes de la MOS por parte de la diversidad de especies que compone la vegetación secundaria con residuos de materia seca tales como raíces muertas, hojarascas, tallos y ramas secas. Además de tener un ciclo de nutrientes más dinámico dentro del



ecosistema por el mayor conjunto de elementos ambientales y edáficos como los macros, meso y microfauna edáfica, que son clave para la incorporación del material vegetal al suelo y pueda llevarse a cabo el proceso de humidificación para la formación de materia orgánica, mientras que el menor porcentaje de la MOS en los suelos cultivados de maíz se debe a la labranza convencional, es decir, la influencia de la labranza mecanizada. Este tipo de manejo ejerce presión continua sobre la MOS y produce compactación del suelo (Gómez-Calderón *et al.*, 2018). Esto coincide con el reporte de Espinoza (2010), quién menciona que la labranza convencional puede disminuir drásticamente la MOS almacenada dentro de los agregados del suelo, debido a los acelerados tiempos de recambio. Asimismo, Rodríguez-Delgado *et al.* (2020), mencionan que el comportamiento de la MOS tiende a disminuir en el cultivo de temporal, debido a que el manejo continuo e intensivo de los cultivos son actividades que condicionan los contenidos de la MOS en los cultivos básicos.

Figura 2

Valores promedio de la MOS en tres agrosistemas convencionales. Letras desiguales indican diferencia significativa con un nivel de confianza de alfa = 0.05.



Fuente: Elaboración propia.

Para el caso del pastizal, el aporte de MOS proviene principalmente de los residuos de hojarasca y raíces muertas

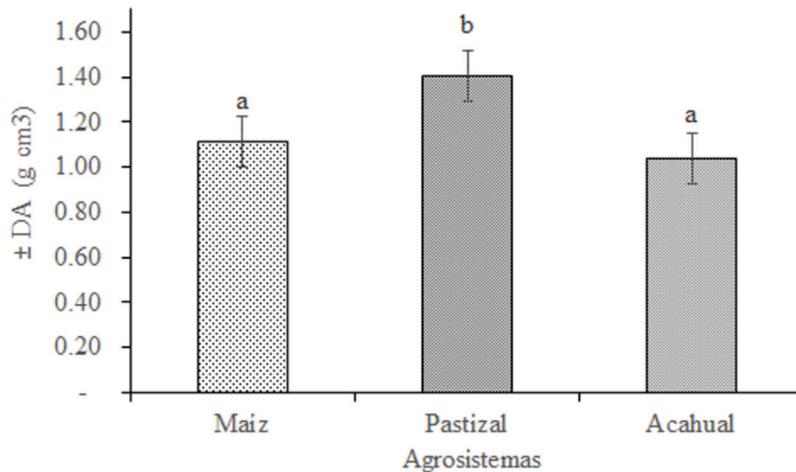
de las gramíneas, lo que concuerda con Crespo (2022), quien señala que el aporte de las hojarascas, el sistema radicular de los pastos, así como la intensidad de manejo, influyen en el aporte de la MOS en el suelo. Con este análisis se demuestra que las actividades agropecuarias modifican de manera significativa los porcentajes y las propiedades químicas de la MOS.

Densidad aparente

Los valores promedios de la DA del suelo mostraron una diferencia significativa entre el agrosistema de cultivo temporal de maíz con respecto al agrosistema de pastizal y similar ($p_{=0.004} < 0.05$) con el agrosistema de acahual, resaltando mayor DA en el pastizal y menor en acahual (Figura 3).

Figura 3

Valores promedios de la DA del suelo en tres agrosistemas convencionales. Letras desiguales indican diferencia significativa con un nivel de confianza de alfa =0.05.



Fuente: Elaboración propia.

Los valores altos en el pastizal se le atribuyen al apisonamiento del suelo generado por la ganadería extensiva. Esto coincide con Salamanca-Jiménez y Sadeghian-Khalajabadi (2005), quienes mencionan que al incrementar el tiempo de uso del pastizal,



la DA aparente aumenta, y, por lo tanto, se modifican los contenidos de humedad y limita el desarrollo radicular de las plantas. El uso de los pastizales permanentes influye en los altos resultados de la DA, principalmente en una profundidad de 0–20 cm como lo reporta Daza-Torres *et al.* (2014), y esto da como resultado la disminución en el volumen de porosidad total; lo que ocasiona baja infiltración, baja retención de humedad, paralización del desarrollo de las raíces, mayor riesgo de degradación física por la escorrentía superficial de las lluvias intensas y alta probabilidad de que se creen cárcavas (Cid-Lazo *et al.*, 2021).

Del mismo modo, Salamanca-Jiménez y Sadeghian-Khalajabadi (2005), confirman que conforme incrementa la MOS la DA disminuye. Esto se demuestra en el acahual, donde se registró mayor aporte de MOS (Figura 1) y menor DA, indicando una menor compactación, lo que ayuda a tener una mayor porosidad, mejor retención de humedad, y menor riesgo de degradación física, reflejándose en un medio propicio para la penetración radicular, como sucede con los suelos de acahual (Alejandro-Martínez *et al.*, 2019). Hossne (2008), coincide que la disminución de la DA está relacionado con el aumento del volumen de poros y humedad, así como del contenido de arcilla (Ingaramo *et al.*, 2007).

CONCLUSIÓN

La materia orgánica del suelo presentó valores estadísticamente significativos, bajos en el agrosistema de cultivo de temporal y la densidad aparente, que mostraron diferencias estadísticamente significativas en el agrosistema de pastizal, en contraste con la vegetación secundaria que presentó los mejores resultados en ambas propiedades evaluadas. Esto demuestra que estas propiedades fisicoquímicas son modificadas por las presiones originadas por el tipo de agrosistema que se esté trabajando.

Es importante conocer el estado de las características fisicoquímicas del suelo, entre ellas la materia orgánica del suelo y la

densidad aparente para, con ello, se puedan generar estrategias de restauración del recurso suelo con actividades agroecológicas de la región sureste de México.

Se recomienda implementar acciones de restauración de suelo para recuperar el contenido de la materia orgánica del suelo, mediante cultivos intercalados con árboles frutales y rotación de cultivos en los cultivos temporales, para el caso del pastizal se debe considerar la implementación de sistemas silvopastoriles y agrosilvopastoriles y para la vegetación secundaria se recomienda un manejo adecuado para la liberación de especies de interés maderable e incorporación de cultivos en forma de barbecho o especies de sombra.

Agradecimientos

A la Facultad Maya de Estudios Agropecuarios de la Universidad Autónoma de Chiapas por el espacio brindado para generar la investigación científica en el ámbito agropecuario, al Campus Tabasco del Colegio de Postgraduados por el apoyo logístico durante el trabajo de campo y laboratorios. Al Laboratorio Agroindustrial, Suelos, Plantas y Aguas (LASPA) por el apoyo durante la realización de los análisis de materia orgánica y densidad aparente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aceves-Navarro, L. A., Rivera-Hernández, B. (2019). *La biodiversidad en Tabasco. Estudio de estado* (vol. 1). México: CONABIO. Recuperado de <https://bioteca.biodiversidad.gob.mx/janium/Documentos/14868.pdf>
- Alejandro-Martínez, P., De La Cruz-Morales, M., Palma-López, D. J., Megía-Vera, H. J., Palma-Cancino, D. J. (2019). Efecto del cambio de uso de suelo sobre las propiedades edáficas en La Sabana, Huimanguillo, Tabasco, México. *Agro productividad*, 12(7), 95-100. <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/1476>
- Bi, Y., Zou, H., Zhu, C. (2014). Dynamic monitoring of soil bulk density and infiltration rate during coal mining in sandy land with different vegetation. *International Journal of Coal Science & Technology*, 1, 198-206. <https://doi.org/10.1007/s40789-014-0025-2>



- Chausali, N., Saxena, J. (2021). Conventional versus organic farming: Nutrient status. En V. Singh-Meena, S. Kumari-Meena, A. Rakshit, J. Stanley & C. Srinivasarao (Eds.), *Advances in Organic Farming* (pp. 241-254). Woodhead Publishing. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822358-1.*00003-1
- Cid-Lazo, G., López-Seijas, T., Herrera-Puebla, J., González-Robaina, F. (2021). Variación de la densidad aparente para diferentes contenidos de agua en suelos cubanos. *Revista Ingeniería Agrícola*, 11(2), e01. <https://www.redalyc.org/journal/5862/586266250001/html/>
- Cioruta, B. V., Coman, M. (2022). Definition, role, and functions of soil related to the knowledge society and the Somes, -tisa hydrographic area (Romania). *Sustainability*, 14, 8688. <https://doi.org/10.3390/su14148688>
- Cotler-Ávalos, H., Cuevas-Fernández, M. L. (2017). *Estrategias de conservación de suelos en agrosistemas de México*. Río Arrote. Espacios naturales y desarrollo sustentable, México. https://www.centrogeo.org.mx/stories/archivos/users/hcotler/Cotler_y_Cuevas-_Estrategias-de-conservacion-de-suelos-en-agroecosistemas-de-mexico.pdf
- Crespo, G. (2011). Comportamiento de la materia orgánica del suelo en pastizales. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 45(4), 343-347. <https://www.redalyc.org/pdf/1930/193022260001.pdf>
- Daza-Torres, M. C., Hernández-Flores, F., Alba-Triana, F. (2014). Efecto del uso del suelo en la capacidad de almacenamiento hídrico en el Páramo de Sumapaz - Colombia. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 67(1), 7189-7200. <https://doi.org/10.15446/rfnam.v67n1.42642>
- Espinoza, Y. (2010). Efecto de la labranza sobre la materia orgánica y tamaño de agregados en un suelo cultivado con maíz en condiciones tropicales. *Bioagro*, 22(3), 177-184. https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612010000300002
- Etchevers, J. D., Saynes, V., Sánchez, M. (2016). Manejo sustentable del suelo para la producción agrícola. En D. M. Martínez-Carrera & J. Ramírez Juárez (Eds.), *El Sistema Agroalimentario de México* (pp. 63-79). Editorial del Colegio de Postgraduados, AMC, Conacyt-UPAEP-IMINAP. San Luis Huexotla, Texcoco, Edo. de México. https://www.researchgate.net/publication/304581117_Capitulo_4_Manejo_sustentable_del_suelo_para_la_produccion_agricola_A_nation_that_destroys_its_soil_destroys_itself
- Gómez-Calderón, N., Villagra-Mendoza, K., Solorzano-Quintana, M. (2018). La labranza mecanizada y su impacto en la conservación del suelo (revisión literaria). *Revista Tecnología en Marcha*, 31(1), 167-177. <https://dx.doi.org/10.18845/tm.v31i1.3506>
- Hammer, O. (2012). *Paleontological statistics. Reference manual*. University of Oslo. http://priede.bf.lu.lv/ftp/pub/TIS/datu_analiize/PAST/2.17c/past_part1.pdf

- Hossne, G. A. J. (2008). La densidad aparente y sus implicaciones agrícolas en el proceso expansión/contracción del suelo. *Terra Latinoamericana*, 26(3), 195-202. <https://www.redalyc.org/pdf/573/57313050001.pdf>
- Indoria, A. K., Sharma, K. L., Reddy, K. S. (2020). Hydraulic properties of soil under warming climate. En M. N. Vara-Prasad & M. Pietrzykowski (Eds.), *Climate Change and Soil Interactions* (pp. 473-508). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818032-7.00018-7>
- Ingaramo, O. E., Paz-Ferreiro, J. Mirás-Avalos, J. M., Vidal-Vázquez, E. (2007). Caracterización de las propiedades generales del suelo en una parcela experimental con distintos sistemas de laboreo. *Cuadernos Laboratorio Xeolóxico de Laxe*, 32, 127-137. <https://core.ac.uk/download/pdf/61899162.pdf>
- Isaac-Márquez, R., Bernardus, J., Amarella, E., Ochoa-Gaona, S., Hernández, S., Sandoval, J. L. (2008). Programas gubernamentales y respuestas campesinas en el uso del suelo: el caso de la zona oriente de Tabasco, México. *Región y Sociedad*, 20(43), 99-129. <https://regionysociedad.colson.edu.mx/index.php/rys/article/view/497/540>
- Julca-Otiniano, A., Meneses-Florián, L., Blas-Sevillano, R., Bello-Amez, S. (2006). La materia orgánica, importancia y experiencias de su uso en la agricultura. *IDESIA*, 24(1) 49-61. <https://www.scielo.cl/pdf/idesia/v24n1/art09.pdf>
- Kopittke, P. M., Menzies, N. W., Wang, P., McKenna, B. A., Lombi, E. (2019). Soil and the intensification of agriculture for global food security. *Environment International*, 132, 105078. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105078>
- Labelle, E. R., Kammermeier, M. (2019). Above-and belowground growth response of *Picea abies* seedlings exposed to varying levels of soil relative bulk density. *European Journal of Forest Research*, 138, 705-722. <https://doi.org/10.1007/s10342-019-01201-6>
- Martínez-Romero, A., Leyva-Galán, A. (2014). La biomasa de los cultivos en el agroecosistema. Sus beneficios agroecológicos. *Cultivos tropicales*, 35(1), 11-20. <https://www.redalyc.org/pdf/1932/193230069002.pdf>
- Moraru, S. S., Ene, A., Badila, A. (2020). Physical and hydro-physical characteristics of soil in the context of climate change. A Case Study in Danube River Basin, SE Romania. *Sustainability*, 12, 9174. <https://doi.org/10.3390/su12219174>
- Rodríguez-Delgado, I., Pérez-Iglesias, H. I., García-Batista, R. M., Quezada-Mosquera, A. J. (2020). Efecto del manejo agrícola en propiedades físicas y químicas del suelo en diferentes agroecosistemas. *Revista Universidad y Sociedad*, 12(5), 389-398. <http://scielo.sld.cu/pdf/rus/v12n5/2218-3620-rus-12-05-389.pdf>



- Salamanca-Jiménez, A., Sadeghian-Khalajabadi, S. (2005). La densidad aparente y su relación con otras propiedades en suelos de la zona cafetera Colombia. *Cenicafé*, 56(4), 381-397. <https://www.cenicafe.org/es/publications/arc056%2804%29381-397.pdf>
- Salgado-García, S., Palma-López, D. J., Zavala-Cruz, J., Lagunes-Espinoza, L. C., Córdova-Sánchez, S., Castelán-Estrada M., Martínez-Becerra, A. (2015). *Recomendaciones de fertilizantes en palma de aceite en la Región de los Ríos de Tabasco*. Colegio de postgraduados. H. Cárdenas, Tabasco, México.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2002). *Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000, que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis*. Diario Oficial de la Federación. México. Disponible en: <http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/3335/1/nom-021-semarnat-2000.pdf>
- Shadeghian, K. S. (2010). *La materia orgánica: componente esencial en la sostenibilidad de los agroecosistemas cafeteros*. Chinchiná: Cenicafé. <https://biblioteca.cenicafe.org/jspui/bitstream/10778/1113/3/libroMO.pdf>
- Suárez, M. G., Campos, C. A., Cruz, H. L. (2015). Dinámica del carbono y nitrógeno del suelo en ecosistemas de la costa tropical seca, en La Mancha (Cicolma), Veracruz, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 18(3), 347-361. <https://www.redalyc.org/pdf/939/93944043009.pdf>
- Trinidad-Santos, A., Velasco Velasco, J. (2016). Importancia de la materia orgánica en el suelo. *Agroproductividad*, 9(8), 52-58. <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/802>
- United States Department of Agriculture (USDA). (1999). *Guía para la evaluación de la calidad y salud del suelo*. 1-88 pp. Disponible en: https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_051913.pdf
- Zamora-Crescencio, P., Rico-Gray, V., Ramírez-Medina, L. N. G., Barrientos-Medina, R. C., Plasencia-Vázquez, A. H., Villegas, P., Domínguez-Carrasco, M. del R., Gutiérrez-Báez, C. (2018). Composición y estructura de la vegetación secundaria en Bethania, Campeche, México. *Polibotánica*, 45, 57-74. <https://doi.org/10.18387/polibotanica.45.5>

CAPÍTULO VI

Potencial de *coturnix coturnix japónica* y plantas locales como estrategia alimentaria en zonas rurales

Carolina Flota Bañuelos¹
Verónica Rosales Martínez¹
Silvia Fraire Cordero¹
Azalia Zavala Hernández²
Jaime Bautista Ortega³
Froylan Rosales Martinez⁴

¹ CONAHCYT-Colegio de Postgraduados, Campus Campeche. Carretera Haltunchen-Ezdná, km 17.5, Sihochac, Champotón, Campeche, México

² Instituto Tecnológico Superior de Escárcega. Calle 85. Col. Unidad, Esfuerzo y Trabajo No.1 C.P. 24350.

³ Colegio de Postgraduados, Campus Campeche. Carretera Haltunchen-Ezdná, km 17.5, Sihochac, Champotón, Campeche, México

⁴ Universidad Autónoma de Chiapas. Facultad Maya de Estudios Agropecuarios.





CAPÍTULO VI

Potencial de *coturnix coturnix* japónica y plantas locales como estrategia alimentaria en zonas rurales

Carolina Flota Bañuelos, Verónica Rosales Martínez, Silvia Fraire Cordero, Azalia Zavala Hernández, Jaime Bautista Ortega y Froylan Rosales Martínez

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el número de personas que padecen de privación de los alimentos va en aumento, del 2016 al 2017 se reportó un crecimiento de 804 hasta millones personas sin acceso a alimento (FAO, 2017). Existen vías alternas que ofrecen una prospectiva de un desarrollo de los sistemas alimentarios, esto, a su vez, dependerá de las tendencias a largo plazo en la oferta y demanda que seguirá dando forma a la alimentación y la agricultura mundial. Sin embargo, la preocupación general es sobre el futuro de la alimentación, principalmente en como los sistemas globales podrían alimentar de forma sostenible a la humanidad hasta el año 2050. Esto surge debido a la situación económica, sostenibilidad social, ambiental y los sistemas alimentarios

agropecuarios (FAO, 2019). Por ende, se prevé que para el 2024 exista un aumento de entre 15 y 20 %, en los costos de los cereales utilizados como forraje en la alimentación de animales de producción. Por otro lado, con relación a la producción de carne de aves, se tendrá un incremento del 30%, más alto que en las próximas décadas. Estos costos serán el reflejo de los ajustes a los altos precios de la fabricación de materias primas, con ello, un crecimiento más lento en los rendimientos de los cultivos, esto debido al alto valor de los insumos y la limitada tierra arable adicional (FAO, 2011). Por lo tanto, el uso de plantas forrajeras locales empleadas para la alimentación de especies menores en traspatios resulta una opción viable en esta época.

Manejo agroecológico en los sistemas de producción animal

Los sistemas de producción animal se han venido utilizando de forma extensiva e intensiva, desde rumiantes hasta no rumiantes, en la agricultura moderna (FAO, 2011). Sin embargo, hoy en día se está generando mayor producción al menor costo mediante el uso eficiente de espacio y economías de escala, en particular la producción de carne de aves de corral involucra edificios cerrados y espacios reducidos para estos animales, lo que conlleva ventajas e inconvenientes, estos sistemas de producción ganadera están muy extendidos en países desarrollados (EE.UU. y Canadá) y en algunos en desarrollo (China y México). El sector avícola europeo ha logrado coordinar esfuerzos para adoptar prácticas que reducen la contaminación local, disminuyendo los impactos globales, como las emisiones de efecto invernadero y que ofrecen altos estándares de bienestar animal, (Jez *et al.*, 2011). Esto se ha logrado a través de prácticas o manejo agroecológico que consiste en mantener una mejora en los procesos ecológicos y biológicos en la producción pecuaria, con la finalidad de minimizar el uso de insumos que incluyen el uso de productos agroquímicos y de generar agroecosistemas

más productivos. La agroecología se centra en la importancia del mantenimiento del suelo y de los animales, incluyendo las interacciones entre componentes y la diversificación económica, (FAO, 2019). Es evidente entonces que los sistemas de producción animal requieren de una comprensión profunda de procesos de los cuales los agroecosistemas pueden producir alimentos, de manera más sostenibles y la utilización de menos insumos externos. La elección de animales de fácil adaptación, así como ambientes hostiles, favorecen un conjunto de prácticas de reproducción a climas tropicales (Trujillo, 1996). Por otro lado, la adaptación a ambientes hostiles también requiere que los productores adopten prácticas de manejo que hagan el mejor uso posible de las adaptaciones de los animales. En relación con este último, parte de las estrategias agroecológicas engloban la nutrición animal, esto con el fin de reducir insumos y evitar un desequilibrio en la producción de materias primas para la alimentación de la población humana y los sistemas avícolas (Jez *et al.*, 2011).

Los sistemas agrícolas a pequeña escala se enfrentan a desafíos anuales, como son las enfermedades, las plagas, efectos ocasionados por el cambio climático y el escaso mercado para colocar los productos agroecológicos, sobre todo, que den valor agregado o diferenciado, a pesar de que México es uno de los principales proveedores de productos agrícolas a nivel internacional (Gliessman, 2013).

Panorama mundial de la coturnicultura

A nivel mundial los estudios de varias especies de aves han sido particularmente utilizados para diversas investigaciones. Por ejemplo, la codorniz (*Coturnix coturnix japonica*) tiene gran influencia entre el tamaño del cuerpo, esto se dio a conocer a través de algunas pruebas que demostraron un desarrollo en la descendencia, debido al crecimiento y el fenotipo de las razas



de esta especie (Nasaka *et al.*, 2018). Actualmente, es una de las especies de mayor uso en el mundo, debido a la selección genética por el alto peso corporal en estas aves y por las nuevas líneas genéticas con una tasa de crecimiento considerablemente mayor, en comparación con la población original de codornices (Hussain *et al.*, 2013). La codorniz se ha utilizado en una amplia gama de estudios, esto con el fin de probar distintas dietas e inclusión con alto contenido de proteína, necesaria para un crecimiento óptimo y para aprovechar al máximo el potencial genético de crecimiento (Sharifi *et al.*, 2011). Además, la crianza y producción de la codorniz se ha extendido en muchos países a nivel mundial, debido al alto valor nutricional de huevo y carne, por ello, hoy en día la inclusión de alimentos comerciales en las dietas se ha convertido en una práctica común. Los objetivos que se desarrollan en la actualidad son aumentar la digestibilidad, así como lograr formulaciones de alimentos de menor costo y reducir la contaminación ambiental (Ismail *et al.*, 2015). En Costa Rica existe una alta demanda de huevo en los supermercados; la demanda de carne es menor y se produce para restaurantes y hoteles de alta gama.

En otros países del mundo, la cotornicultura es una actividad operada a pequeña escala, por lo tanto, son mínimas las empresas que producen volúmenes elevados. La carne de ave es considerada por innumerables características nutricionales deseables, tales como bajo contenido de lípidos y concentraciones relativamente altas de ácidos grasos poliinsaturados. Los objetivos en las estrategias modernas de reproducción, particularmente en cerdos y pollos, han sido lograr, de manera rentable, el máximo tejido muscular magro. Sin embargo, el genotipo de las aves influye fuertemente en las propiedades funcionales de la carne y en las características nutricionales (Sirri *et al.*, 2011). Actualmente, existe una tendencia creciente hacia el reemplazo de grasas saturadas por grasas insaturadas en los productos

avícolas, lo que genera preocupación sobre la estabilidad a largo plazo de la calidad de la carne. Un punto importante ha sido la percepción de un producto saludable que contenga menos grasa y buenas cantidades de proteína. En diversos países las aves resultan rentables, como base para la alimentación, debido a que contribuyen a cubrir las necesidades de proteína de origen animal para la población. Es una actividad importante que actualmente es muy relevante en el sector agrícola brasileño, pero, a pesar del aumento de la producción, aún se desconoce mucho sobre la nutrición de la codorniz. Para hacer viable la producción racional, son necesarias investigaciones destinadas a implementar programas de alimentación durante las etapas inicial y de producción, donde existe poca investigación sobre el tema. Entre los estudios disponibles, los que se refieren a los niveles de proteína son notables, ya que su inclusión en exceso en los alimentos es costosa, además de aumentar la excreción de nitrógeno y la contaminación ambiental (Dos Santos *et al.*, 2016). En la actualidad, la escasez de ingesta de proteína de origen animal entre el crecimiento de la población humana en los países en desarrollo y en vías de desarrollo, es un tema de gran aprensión. En los países en desarrollo, el suministro de proteínas es muy escaso, donde la disponibilidad de carne per cápita es de 5.5 kg y el consumo de huevos es de 55 huevos por año, casi cinco veces menos que los países avanzados, mientras que, frente al requerimiento diario per cápita de proteína animal de aproximadamente 27 gramos solamente. Una forma de mejorar el suministro de proteínas es expandir la producción avícola junto con la creciente producción de aves de corral como la codorniz japonesa (*C. coturnix japonica*) que tiene bajo costo de mantenimiento, cortos intervalos de generación, madurez sexual temprana y mayor resistencia a las enfermedades, por lo que esta especie resulta factible para cubrir las necesidades de proteína de la población (Abbas *et al.*, 2015).



Características de codorniz (*C. coturnix japonica*)

La codorniz japonesa (*C. coturnix japonica*) es una especie que se ha convertido en una fuente conocida entre los consumidores, debido a que la producción de codornices es una vía rentable y su volumen aumenta significativamente. Además de poseer características de gran resistencia a enfermedades, corto intervalo de generación y su alta producción de huevo y carne (Tarhyel *et al.*, 2012). En diversos países la propagación de esta especie se ha vuelto reconocida en el sector avícola, especialmente por la resistencia del ave a la mayoría de las enfermedades avícolas, así, como su pequeño espacio requerido, bajo consumo (20-25 g por día), gestación corta de 6 semanas, una alta producción de huevos por año, que es alcanzada a los 50 días y un periodo de vida de 2 a 2.5 años (Olaide-Saka *et al.*, 2018). La codorniz alcanza 160-170 g de peso, a la edad de cuatro semanas está lista para consumirse y su carne es rica en proteínas de alta calidad que tienen un alto valor biológico con bajo contenido calórico. En estudios de rentabilidad y productividad de codorniz (*C. coturnix japonica*), realizados en el municipio de Temascaltepec, al sur del Estado de México, basado en estudios de producción de ciclo completo que abarcó crianza, incubación, sacrificio y venta de la canal, incluyendo análisis de mercado y técnico financiero, obtuvieron resultados aceptables con relación a fuentes de inversión, por lo que se recomienda como una buena oportunidad de inversión para generar fuentes de empleo en el país y consumir carne de buena calidad (Cardozo-Jiménez *et al.*, 2008).

Composición proximal y calidad de la canal de codorniz

Hoy en día, la calidad de la carne está a la vanguardia y se requieren características de calidad para la salud humana. Estos requisitos ofrecen un punto de vista distinto a los aditivos alimentarios utilizados para la alimentación de los animales, por ende, el utilizar plantas y alimentos de origen animal, incluyendo

omegas, pueden resultar un factor importante para la limitación de la oxidación de la carne, lo que permite mejorar el estado antioxidante de los tejidos naturales y reduce la oxidación tanto en la carne existente, así como la carne después del sacrificio (Valenzuela y Pérez, 2016). La codorniz japonesa se ha estado utilizando como un animal modelo para la producción de huevos y carne. Generalmente esta especie ofrece más ventajas que la carne de pollo, como su resistencia a enfermedades y sus características físicas; Además de tener un alto rendimiento con un 76% de carne, 14% de piel y un 10% de hueso (Desoky y Abdulhamid, 2016). Aunque se ha generado alguna información con relación a la calidad de carne y el uso de especies forrajeras en la alimentación de aves, con relación a la producción de huevo en codorniz los estudios han sido mínimos (Akram *et al.*, 2013; Dahouda *et al.*, 2013; Abbas *et al.*, 2015). En ese mismo sentido, se han implementado diversos tipos de especies de plantas en dietas de codornices, tal es el caso de un estudio realizado con harina de hojas de hierbabuena (*Mentha spicata*) en la dieta sobre rendimiento y la calidad de la canal de codorniz, (Ghazaghi *et al.*, 2014). Por otro lado, se han implementado dietas con esta especie adicionando polen de abeja en la alimentación, lo que mostró efectos positivos sobre el rendimiento y la salud de los animales, además de que disminuyó la proporción de grasa en la carne y aumentó la proporción de proteínas.

Plantas forrajeras locales para la alimentación en aves

Los forrajes como alimento para no rumiantes, incluidas las aves de corral, contribuyen a una mejora en la sostenibilidad de la producción animal dentro de los sistemas agrícolas, debido a que parte de sus propiedades son una alta producción de biomasa en entornos donde otros cultivos no pueden competir, además de altos niveles de proteína y con un perfil de aminoácidos deseables (Lüscher *et al.*, 2014).



A lo largo de los años se han buscado diversas alternativas que sean ricas en proteína de calidad y que resulten económicas. En este sentido, se han utilizado hojas de papaya (*Carica papaya*) en harina incorporada al 2% en la dieta de los pollos de engorde, mejorando el rendimiento en un 14% el rendimiento del crecimiento en comparación con las aves en la dieta de control (alimento comercial). En México, existen arbóreas y arbustivas con potencial para ser incorporadas en la dieta de aves, por poseer y mantener el follaje por largo tiempo, así como tener un alto contenido de proteína cruda (Tufarelli *et al.*, 2018). En gallinas de postura, se observó que aquellas que tienen acceso a forrajes dieron como resultado una reducción del 20% en consumo de alimento y una mayor producción de huevos en comparación con gallinas alimentadas con alimento convencionales (Spencer *et al.*, 2017). Además, se descubrió que las gallinas criadas con forrajes, como la alfalfa o trébol, necesitan menos proteína en su alimentación que las gallinas confinadas (Moritz *et al.*, 2005).

En el sureste de México, las familias de localidades rurales aseguran el forraje mediante el conocimiento local y saberes tradicionales, debido a que seleccionan especies locales de la zona y no introducidas, estas especies arbóreas se manejan bajo un esquema que se caracteriza por cortar el forraje de los árboles y arbustos, llevándolos a los lugares donde se encuentran los animales. Una de las especies arbóreas que se ha implementado, como suplemento al 5 % en codornices, es el neem (*Azadirachta indica*), que demostró no tener efectos adversos graves en los tejidos hepáticos renales (Abdullahi-Mahmud *et al.*, 2016).

Características de *Moringa oleifera* como planta forrajera

La *M. oleifera* es un árbol proveniente de la india y en México se introdujo a mediados de los años 50 y desde entonces ha sido una planta utilizada como ornato y de reforestación. En la actualidad

se ha venido utilizando como una planta forrajera. Esta especie crece mejor en zonas tropicales por debajo de los 500 msnm; sin embargo, puede adaptarse a condiciones edafoclimáticas por arriba de los 1500 msnm. Esta planta es muy versátil puesto que pueden aprovecharse todas sus partes. Por ejemplo, se ha utilizado desde las semillas, vainas, hojas como alimento, y como fertilizante. Las hojas han sido utilizadas tanto para el consumo humano y animal por su alto contenido de propiedades nutricionales. En diversos experimentos se ha demostrado un aumento en el rendimiento de carne, además de que se ha demostrado un efecto antiparasitario y curativo en animales. *M. oleifera* se puede cultivar en cualquier región tropical a nivel mundial, contiene gran cantidad de minerales que son esenciales para el crecimiento y desarrollo de los animales. Además, es un árbol que crece de manera rápida, por lo tanto, puede ser adecuada para realizar su primer corte a los 6 meses de la siembra, aunque diversos autores recomiendan el podarla de 20 a 45 días, de acuerdo con las épocas de lluvia, debido a su rápida capacidad de crecimiento (Castillo *et al.*, 2013). Se menciona que la moringa es de gran importancia para las dietas de las aves, debido a que poseen altos contenidos de vitaminas y proteína (Méndez *et al.*, 2018). En diversos estudios realizados en animales, se encontraron que moringa tiene efectos benéficos en el sistema nervioso, debido a que contiene aminoácidos esenciales y vitamina B1, B2 y B3, calcio, cobre, potasio, proteínas y zinc.

Leucaena leucocephala como fuente de proteína

La *L. leucocephala* o guaje es una leguminosa de la familia de las fabáceas y se encuentra en las zonas tropicales desde Chiapas hasta la península de Yucatán. Debido a las propiedades que posee, ha demostrado ser una leguminosa con alto contenido de nitrógeno, además de que ha tenido un gran éxito en el sistema para reforestar zonas erosionadas (Ramírez- Avilés *et al.*, 2019). *Leucaena* contiene un gran valor nutritivo, desde



la composición química de las vainas hasta las hojas, las cuales tienen un contenido proteico de 19 y 21 %, contenido de fibra detergente ácido de 24 y 38 %, fibra detergente neutro de 46 y 53 % respectivamente. Es un forraje lento emergiendo las plántulas de 60 a 90 días después de la siembra con semilla. Es una planta que se disemina en gran variedad de sitios y que se ha naturalizado en muchas áreas, requiriendo temperaturas cálidas, entre los 25 y 30 °C, para un crecimiento óptimo.

Constituye una de las leguminosas mayormente estudiadas, utilizada como fuente alternativa de alimentación animal. Sin embargo, existen otras especies con características similares que no han sido evaluadas actualmente. El guaje es originario del estado de Yucatán, es una planta arbustiva y en ocasiones se puede encontrar en la vegetación natural como árbol, en algunas regiones de México se utiliza como verdura o como alimento para los animales (Solorio y Solorio, 2011). La *L. leucocephala* ha sido objeto de numerosas investigaciones al igual que ha sido la especie más plantada en los sistemas agroforestales, además de ser una de las leguminosas forrajeras con una de las mejores características para la ganadería. Existen muchas razones por las cuales se ha estudiado ampliamente, resaltando así su alta producción de biomasa y lo más importante su aceptabilidad por diferentes especies animales y la capacidad de rebrote o ramoneo. Algo que encontramos en esta arbórea es su alto valor nutritivo, por lo que en distintas partes del mundo se ha venido utilizando y se ha demostrado un gran interés en el estudio de su manejo agronómico y las formas de utilización en los sistemas de producción animal. El uso de esta leguminosa tiene un alto potencial en la alimentación animal, en estudio realizados en la península de Yucatán la han utilizado como suplemento para la alimentación de aves de corral y ha demostrado tener óptimos resultados en cuanto al valor nutricional, la coloración, la calidad y producción de huevos en las aves (Abouelezz *et al.*, 2011).

REFLEXIÓN FINAL

El uso de las especies *M. oleifera* y *L. leucocephala* posibilita la producción de carne y huevo de codornices a corto plazo, los que se presentan como alimentos fundamentales para el aporte proteico a los integrantes de las familias en zonas rurales.

Agradecimientos

Al proyecto Cátedras-CONAHCYT 2181 “Estrategias agroecológicas para la seguridad alimentaria en zonas rurales de Campeche”

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abbas, Y., Sahota, W., Akram, M., Mehmood, S., Hussain, J., Younus, M., Awais, M., A., Sial, R. (2015). Effect of Different Feed Restriction Regimes on Growth Performance and Economic Efficiency of Japanese Quails. *The Journal of Animal and Plant Sciences*, 4:966-970.
- Abdullahi-Mahmud, M., Shaba, P., James, G., Ndagimba, R., Wosilat, A., Musa, M., Alhaji-Abubakar, M. (2016). Growth Performance and Gastrointestinal Tract Morphometry in Growing Japanese Quails Fed with Moringa oleifera Leaf Meal as Partial Replacement of Dietary Soya Beans Meal. *Journal of World's Poultry Research*, 2: 92-98.
- Abouelezz, F.M.K, Sarmiento-Franco, L., Santos-Ricalde, R.H., Solorio-Sanchez, F.J. (2011). Nutritional effects of dietary inclusion of *Leucaena leucocephala* and *Moringa oleifera* leaf meal on Rhode Island Red hens' performance. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 45:163-169.
- Akram, M., Hussain, J., Ahmad, S., Mehmood, S., Rehman, A., Iqbal, A., Usman, M. (2013). Study of body Measurements and Slaughter Characteristics in Japanese quail as Influenced by Age. *Scientific Journal of Zoology*, 3:23-26.
- Altieri M.A., Toledo V.M. (2011). La revolución agroecológica en América Latina: rescatar la naturaleza, garantizar la soberanía alimentaria y empoderar a los campesinos. *The Journal of Peasant Studies*, 38:587-612.
- Cardozo-Jiménez D, Rebollar-Rebollar S, Rojo-Rubio R. Productivity and profitability of quail (*Coturnix coturnix japonica*) production in the south of Mexico State. *Rev Mex Agroneg*. 2008;22:517-25.
- Castillo, L., Portillo, L., León, F., Gutiérrez, D., Angulo, E., Muy-Rangel, M., Heredia, J. (2018). Inclusion of Moringa Leaf Powder (*Moringa oleifera*) in Fodder for Feeding Japanese Quail (*Coturnix coturnix japonica*). *Brazilian Journal of Poultry Science*, 1: 15-18.



- Dahouda, M., Adjolohoun, S., E.H. Montchowui, E.H., M. Senou, M., Hounsou, M.D., Amoussa, S., Vidjannagni, D.S., Abou, M., y Toleba, S.S. (2013). Growth Performance of Quails (*Coturnix coturnix*) Fed on Diets Containing Either Animal or Vegetable Protein Sources. *International Journal of Poultry Science*, 12: 396-400.
- Desoky, W. M., Abdulhamid, A. B. (2016). Effects of ginger and bee propolis on the performance, carcass characteristics and blood constituents of growing Japanese quail. *Egyptian Poultry Science Journal*, 36(1), 143-159.
- Dos Santos G.C., García, E.A., Filho, J.A.V., Molino A.D.B., Pelicia, K., Berto, D.A. (2016). Rendimiento de las codornices japonesas alimentadas con dietas bajas en proteínas e isoleucina. *Acta Scientiarum, Animal Sciences*, 38: 219-225.
- Fayomi, A., Ahmed, A., Musa, U., Salami-Shinaba, J.O., Ogedegbe, S.A., Akanni, K. (2014). Moringa multi-nutrient blocks: formulation, production, and feeding trial under a tropical environment. *International Journal of Science, Environment*, 1:67-84.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO]. (2011). *World livestock*. Livestock in food security. Rome. 150.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO]. (2017). *El Estado Mundial de la Agricultura y la Alimentación*. Roma.143.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO]. (2019). *The State of Food Insecurity in the World*. Roma. 71-85. [Http://www.fao.org/3/a-i4646e.pdf](http://www.fao.org/3/a-i4646e.pdf)
- Ghazaghi, M., Mehri, M., Bagherzadeh-Kasmani, F. (2014). Effects of dietary *Mentha spicata* on performance, blood metabolites, meat quality and microbial ecosystem of small intestine in growing Japanese quail. *Animal Feed Science and Technology*, 1:89-98.
- Gliessman S.R. (2013). Agroecology: Growing the roots of resistance. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 37:19-31.
- Hussain, J., Akram, M., Sahota, A.W., Javed, K., Ahmad, H.A., Mehmood, S., Ahmad, S., R. Sulaman, R., Rabbaniand, I., Jatoi, A.S. (2013). Selection for higher three-week body weight in Japanese Quail: Effect on Growth Performance. *The Journal of Animal and Plant Sciences*, 6:1496-1500.
- Ismail, F.S.A., Hayam M.A. Abo El-Maaty, Rabie, M.H., Aswad, A.Q. (2015). Productive Performance of Bovans White Laying Hens Fed High Nutrient Density Diets Under Egyptian Summer Conditions. *Asian Journal of Animal and Veterinary Advances*, 10:865-874.
- Jez, C., Beaumont, C., Magdeleine, P., Komai, T. (2011). Poultry production in 2025: Learning from future scenarios. *World's Poultry Science*, 67:25-27.
- Méndez, Y., F.O. Suárez, F.O., Verdecia, D.M., Herrera, R.S., Labrada, J.A., Muriillo, B., Ramírez, J.L. (2018). Caracterización bromatológica del follaje de Moringa oleifera en diferentes estadios de desarrollo. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 3: 1-10.

- Moritz, J.S., Parsons, A.S., Buchanan, N.P., Baker, N.J., Jaczynski, J., Gekara, O.J., Bryan, W.B. (2005). Synthetic methionine and feed restriction effects on performance and meat quality of organically reared broiler chickens. *Journal of Applied Poultry Research*, 4:521–535.
- Nasaka, J., Nizeji, J.B., Okello, S., Kantongole, C.B. (2018). Nutritional Quality Quail Feeds Used in Urban and Peri-Urban Areas of Uganda: Chemical and Energy Composition. *Poultry Science Journal*, 1:63-70.
- Olaide-Saka, J., Oyegbamilsaiah, A., Okere, A., Adeboye, J., Omole, J., Oyegoke, F. (2018). Production systems of Japanese quail (*Coturnix japonica*) in the urban communities of southwestern Nigeria. *Tropical Animal Health and Production*, 6:1295-1303.
- Olugbemi, T., Mutayoba, S., Lekule, F. (2010). Effect of Moringa (*Moringa oleifera*) Inclusion in Cassava Based Diets Fed to Broiler Chickens. *International Journal of Poultry Science*, 4: 363-367.
- Vera, J. (2019). *Leucaena leucocephala* feeding systems for cattle production in Mexico. *Tropical Grasslands*, 4:375–380.
- Sharifi M.R., Shams-Shargh M., Behrouz Dastar, B., Hassani, S. (2011). The effect of dietary protein levels and synbiotic on performance parameters, blood characteristics and carcass yield of Japanese quail (*Coturnix Japonica*). *Italian Journal of Animal Science*, 10:17-20.
- Sirri, F., C. Castellini, C., Bianchi M., Petracci, M., Meluzzi, A., Franchini, A. (2011). Effect of fast-, medium- and slow-growing strains on meat quality of chickens reared under the organic farming method. *Animal*, 5:312-318.
- Solorio-Sánchez, F.J., Solorio-Sánchez, B. (2011). *Manual de manejo agronómico Leucaena Leucocephala*. Fundación produce, 14-16.
- Spencer, T. (2013). Pastured Poultry Nutrition and Forages; *ATTRA*: Melbourne, Australia. <https://attra.ncat.org/atrapub/summaries/summary.php?pub=452>.
- Tarhyel, R., Tunde, I., Sunday-Akau, H. (2012). Effect of Sex, Colour and Weight Group on Carcass Characteristics of Japanese Quail. *Scientific Journal of Animal Science*, 1:22-27.
- Trujillo-García, R. (1996). *Los animales en los sistemas agroecológicos*. Asociación Cubana de Agricultura Ecológica y Pan para el Mundo, 1-95.
- Tufarelli, V., Casalino, E., D'Alessandro, A.G., Laudadio, V. (2017). *Dietary Phenolic Compounds: Biochemistry, Metabolism and Significance in Animal and Human Health*, 18:905–913.
- Valenzuela V., C., Pérez M., P. (2016). Actualización en el uso de antioxidantes naturales derivados de frutas y verduras para prolongar la vida útil de la carne y productos cárneos. *Revista chilena de nutrición*, 43(2), 188-195. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182016000200012>.





CAPÍTULO VII

Relevo generacional como estrategia para la sustentabilidad social de agroecosistemas cafetaleros en Chiapas, México: estudio de caso

Casanova Pérez H.¹
García Rodríguez R.¹
Rosales Martínez, V.²
Casanova Pérez L.*³

¹ Programas Sustentables para Certificación SC, Las Nubes No. 6, Fraccionamiento Puerta del Sol, La quinta San Martín, San Cristóbal de las Casas, Chiapas. CP 29247.

² Investigadora por México-CONAHCYT, Colegio de Postgraduados, Campus Campeche, Carretera Haltunchén-Edzná Km 17.5, Sihochac, Champotón, Campeche, México, CP 24450

³ Universidad Tecnológica de la Huasteca Hidalguense, Carr. Huejutla-Chalahuiyapa SN, Col. Tepoxteco, CP 43000

Correspondencia: *lorena.casanova@uthh.edu.mx



CAPÍTULO VII

Relevo generacional como estrategia para la sustentabilidad social de agroecosistemas cafetaleros en Chiapas, México: estudio de caso

Casanova Pérez H., García Rodríguez R.,
Rosales Martínez, V. y Casanova Pérez L.

INTRODUCCIÓN

En México, la cafecultura es una actividad productiva estratégica que ha permitido la integración de cadenas productivas, como la generación de divisas y empleos, y representa el modo de subsistencia de muchos pequeños productores, parte de ellos pertenecientes a los diversos grupos originarios existentes en el país (Montoya y Toledo, 2020). Estadísticas nacionales destacan que existen más de 500 mil productores involucrados, con una producción de café cereza con un promedio de 899 mil toneladas en el periodo 2017-2021(SAGARPA, 2022). Los ingresos históricos generados por esta actividad han formado parte destacable del PIB nacional y de la derrama económica en las diferentes regiones donde el café se produce (SAGARPA, 2020).

Sin embargo, la importancia del cultivo del café va más allá de lo meramente económico; otra dimensión a considerar, sobre todo en los últimos años, es su enorme relevancia ecológica, pues más del 90% de la superficie cultivada con café se encuentra bajo sombra diversificada, que contribuye a conservar biodiversidad y a proveedor de vitales servicios ambientales a la sociedad (Ruiz-García *et al.*, 2020). Así, los cafetales se destacan por su valor en la conservación de la diversidad biológica, su papel moderador de escurrimientos e infiltración del agua de lluvia, almacenamiento de bióxido de carbono y conservación y mejoramiento de la fertilidad del suelo; haciéndose manifiesto que conservar este tipo de agroecosistemas, es una prioridad (Morales-Reyes y Adame-Martínez, 2021).

En los últimos años, aunque este cultivo tiene una gran importancia económica, social y ambiental, está en medio de una crisis mayor, debido a varios factores como: el precio fluctuante del grano en los mercados internacionales, el aumento en el costo de los agroquímicos, la presencia de la roya en variedades viejas, mal nutridas y con susceptibilidad a la enfermedad, la carencia de capacitación y asistencia técnica, por último, el desinterés de los infantes /jóvenes que no ven en la cafecultura un modo de vida en el cual puedan desarrollarse en su adultez, por lo cual el proceso de envejecimiento de los productores ya existente se ahondará y se fortalecerá la potencial falta del relevo generacional en dicha actividad (Sandoval *et al.*, 2022).

En Chiapas, es el principal estado productor de café certificado en México, esta situación también está presente al igual que en Oaxaca, donde la producción se realiza en tierras ejidales y comunales, la inexistencia de este relevo generacional es un factor determinante para que el cultivo del café siga existiendo. Desafortunadamente, desde esta dimensión, las investigaciones son escasas (Vázquez-Palacios, 2003), sobre todo en café. Esta situación también es similar cuando se trata

de información sobre los infantes y adolescentes pertenecientes al grupo familiar involucrados en la actividad cafetalera. Los estudios sobre infantes/adolescentes y cafés encontrados (en motores de búsqueda de acceso libre) han sido enfocados a los temas de trabajo infantil de niños/jóvenes migrantes. En consecuencia, esta investigación analiza la percepción sobre el futuro de adolescentes de familias dedicadas a la cafecultura en localidades pertenecientes a la zona de amortiguamiento de la Reserva de la Biósfera El Triunfo, en el municipio de La Concordia, Chiapas, México. Adolescentes cuyos padres trabajan como socios de la organización *Comon Yaj Noptic*.

METODOLOGÍA

Esta investigación de carácter exploratorio y descriptivo involucró una encuesta, en la que participaron 25 adolescentes que habitan en localidades de La Concordia, municipio del estado de Chiapas, México. Se trata de hijos e hijas de productores de café pertenecientes a la organización *Comon Yaj Noptic*. Una organización fundada en mayo de 1995 por pequeños productores de café y que actualmente cuenta con 162 socios, con una superficie cultivada de 450 hectáreas de café orgánico.

A los participantes de la encuesta se les aplicó un cuestionario estructurado en tres apartados principales: 1. Aspiraciones/deseos de los adolescentes; 2. Participación de los adolescentes en el cultivo, cosecha y manejo postcosecha del café y su opinión y 3. *Comon Yaj Nop Tic* – membresía. Las preguntas fueron cerradas y abiertas. Dicho cuestionario fue aplicado a través de entrevistas, cuya información fue sistematizada para su posterior análisis a través de estadística descriptiva y análisis temático. En cuanto al marco muestral, fue conformado por la lista de los socios productores de la *Common Yaj Noptic* que tuvieran hijos infantes, sin embargo, la muestra fue finalmente de carácter intencional (Otzen y Manterola, 2017), debido a que se en-



travistó a quienes aceptaron participar y otorgaron su permiso para usar la información obtenida.

Por último, es importante mencionar que la Organización Mundial de la Salud define a la adolescencia como el período de crecimiento que se produce después de la niñez y antes de la edad adulta, entre los 10 y 19 años. Independientemente de la dificultad para establecer un rango exacto de edad, es importante el valor adaptativo, funcional y decisivo que tiene esta etapa en los seres humanos (OMS, 2024).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características generales de los participantes

Se entrevistó a un total de 25 adolescentes, los cuales viven con ambos padres, en la localidad cafetalera del municipio de La Concordia del estado de Chiapas. Sus padres son socio-productores de la Organización *Comon Yaj Noptic*. La media de edad de los entrevistados es de 13 años, mientras que la media de escolaridad fue de 11 años de estudios (tres años de preescolar, seis años de primaria, dos años de secundaria). El 69% de los entrevistados fueron hombres y 30% mujeres. La media de número de hermanos en la familia de los participantes fue de 4, sin embargo, el mínimo de hermanos fue 2 y el máximo fue 14.

Es cuanto a la posición que ocupan los entrevistados respecto al número de hermanos fue la siguiente: el 30% de los entrevistados provienen de familias donde ellos son los hijos primogénitos. La proporción de los entrevistados que ocupan el segundo, el tercero o el cuarto lugar dentro del total de hermanos fue de 47%, mientras que, únicamente el 4% son hijos ultimogénitos.

La posición que ocupa el participante entre sus hermanos influye en su acceso potencial a la tierra, principal recurso para el desarrollo de la actividad agrícola (Deere y León, 2005), ya que debido al cambio en el patrón de herencia como parte de la

transformación derivada de la aprobación de la Ley Agraria en México en 1992 (implementada a través del Programa de Certificación de Derechos Ejidales y Titulación de Solares), se promueve una posesión individual de la tierra de quien la hereda, beneficio que recae en la mayoría de los casos en el hijo varón primogénito o el ultimogénito, siendo también, una cuestión de género (Almedia, 2012; Guillén, 2021).

Aspiraciones y deseos a futuro **Profesión y oficio en su adultez**

El 22% de los adolescentes participantes en la presente investigación manifestó su deseo de ser productor de café en su adultez. Sin embargo, al establecer la proporción de quienes desean trabajar en asuntos relacionados con la agricultura/medio ambiente este fue del 48%, tal como lo muestra la siguiente tabla.

Tabla 1

Profesiones indicadas como aspiración por parte de los y las adolescentes participantes en la investigación.

Profesión	(%)
Productor de café	22
Ingeniero Agrónomo	17
Ingeniero en Desarrollo Sustentable	4
Ingeniero Ambiental	4
Comerciante	4
Licenciatura en Enfermería	4
Médico	9
Chef	4
Licenciatura en Trabajo Social	9
Docente	9
Licenciatura en Derecho	9
Licenciatura sin definir	4

Fuente: Elaboración con base en los datos recopilados en la encuesta.



Al realizar una división en cuanto a género, se observa que, en el caso de las adolescentes, 85% de ellas desea estudiar licenciaturas relacionadas con el servicio social, medicina y enfermería. Es decir, son los varones los que muestran una mayor disposición a una profesión u oficio futuro relacionado con la producción de café y cuidado del medio ambiente, lo cual debería ser capitalizado en estrategias de relevo generacional en tan importante sector.

Lugar de residencia en su adultez y profesión que les gustaría estudiar

Respecto a la relación que existe entre el lugar donde estos adolescentes desean vivir cuando sean adultos y la profesión que desean estudiar: 52% de los participantes en la encuesta dijeron que preferían vivir en su comunidad. Esta proporción incluye a aquellos que desean ser productores de café, estudiar agronomía, ingeniería en desarrollo sustentable, docencia y licenciatura en derecho. El 35% de los encuestados mencionó que les gustaría vivir tanto en la comunidad como en la ciudad. Esta proporción involucra a aquellos que desean ser: ingeniero agrónomo, médico, licenciados en derecho, comerciante, licenciada en enfermería e ingeniería ambiental. Mientras que el 13% restante opinó que desea vivir en la ciudad. Esta proporción está conformada por aquellos que desean ser: médicos, chef y solo un adolescente no tiene definido lo que desea estudiar. Las razones por las cuales los entrevistados desean vivir en el campo son que les agrada la cercanía con sus padres, la cafecultura, la pertenencia a la organización y el clima/la naturaleza. Mientras que quienes prefirieron a la ciudad manejan como sus razones el poder obtener mejores condiciones de trabajo, estudios y atención a la salud, particularmente para sus hijos.

Si bien, podría tomarse como alentador que tan solo el 13% se visualice en el futuro viviendo en la ciudad, es importante

reflexionar sobre la pobreza rural, asociada a la actividad agrícola y la ciudad, vista como un lugar de oportunidades para una mejor calidad de vida, una visión que cada vez se deconstruye con base en diversos estudios que indican las implicaciones y diferencias de vivir la pobreza en el ámbito rural versus la pobreza urbana, entre ellas, la salud mental (Castillo *et al.*, 2019).

Experiencias de los adolescentes fuera de su hogar

El 48% de los adolescentes encuestados dijeron haber permanecido por un tiempo fuera de su localidad, de estos 8% argumentaron que fue por la necesidad de estudiar, el 4% por trabajo y 34% tuvieron como motivo ir de paseo con sus familiares (de un par de días a una semana). Los lugares a donde fueron de paseo fueron San Cristóbal de las Casas, Tuxtla Gutiérrez, Comitán, La Concordia. Ante estos datos, se puede inferir que su migración ha sido por corto tiempo, esto tiene que ver con su edad y su dependencia económica y emocional de su núcleo familiar.

Tiempo libre entre los adolescentes

Del total de adolescentes encuestados, mencionaron las actividades que les gusta realizar en su tiempo libre, especialmente cuando no están ayudando a sus papás en el cafetal/milpa o en los quehaceres domésticos. El 78% de los encuestados tienen más de un pasatiempo; ver la televisión y jugar son las actividades más señaladas, le siguen leer (43%), escuchar música (22%), escribir (22%), ir al cafetal (9%), tocar un instrumento (4%) y bordar (4%). Un aspecto importante es la mención de su gusto por escribir y leer, sobre todo en localidades donde existe un limitado acceso a libros y revistas que pudieran coadyuvar de manera lúdica a su formación académica y cultural, pudiendo aprovechar experiencias como las descritas como Escamilla-Prado *et al.* (2018), quienes mencionan como los cursos vivenciales en adolescente en zonas cafetales de Veracruz, es



una estrategia de arraigo al territorio, valoración de su cultura y su ambiente, lo cual, sin duda, es importante para coadyuvar al relevo generacional en la cafeticultura.

Prospectiva de los adolescentes para continuar desarrollando la cafeticultura

La opinión de los adolescentes respecto a si continuarán con la actividad cafeticultora que realizan sus padres revela que, al menos 61% demuestran cierto interés por dicha actividad, en contraste con la idea de que nunca han pensado dedicarse a la cafeticultura (13%).

A la pregunta de por qué quieren seguir siendo cafeticultores o no, el 48% de los adolescentes encuestados argumentaron que desean serlo debido a que *“ya nadie quiere ser cafeticultor”*, lo anterior quizás se deba a una fuerte influencia familiar encaminada al apego a su tierra y a su modo de vida fomentado por el trabajo de sus padres como socios productores de la *Comon Yaj Noptic*. En contraste el 22% de los encuestados manifestaron su deseo de no continuar con dicha actividad, mientras que el 13% percibe a la cafeticultura como un trabajo pesado y desagradable.

Participación de los adolescentes en el cultivo del café

La media de horas por infante/joven en las labores inherentes al cultivo de café fue de 75 horas, las actividades en las que más participan son la siembra, limpieza de cafetal, fertilización y podas (Tabla 2).

Tabla 2
Actividades realizadas por los adolescentes en el cultivo del café.

Balizado (%)	Cargar pilones (%)	Siembra (%)	Fertilización (%)	Podas (%)	limpieza cafetal (%)	Llevar el lonche (%)	Fumigar (%)	No participa (%)
13	13	61	35	35	57	22	9	13

*El porcentaje no suma 100% porque de los encuestados que afirmaron participar en las actividades que involucra el cultivo del café realizan más de una actividad.

Fuente: Elaborado con base en los datos recopilados en la encuesta.

Los adolescentes que participan con el número mayor de horas en el cultivo del café tienen como principal interés desarrollarse en un oficio o profesión ligada a la producción del grano, como se observa a continuación (Tabla 3).

Tabla 3

Relación entre horas dedicadas por los adolescentes al cultivo de café versus su prospectiva sobre su profesión u oficio.

Horas	Edad (años)	Sexo	Oficio/profesión en su adultez
262	13	Masculino	Ingeniero Agrónomo
240	11	Masculino	Productor
350	11	Masculino	Ingeniero Agrónomo
485	18	Masculino	Ingeniero Agrónomo
2	14	Femenino	Docente
0	15	Femenino	Licenciatura en Trabajo Social
0	12	Femenino	Médico
0	10	Masculino	Chef

Fuente: Elaborado con base en los datos recopilados en la encuesta.

En contraste, los adolescentes que participan con un número menor de horas ayudando a sus padres en el cultivo de café, tienen como principal interés desarrollarse en su adultez en un oficio o profesión distinta a la producción del grano y con un marcado interés en vivir en su adultez en la ciudad. En cuanto a las actividades preferidas por los adolescentes, fue la limpieza de cafetal, las razones de su elección son porque su realización requiere menor trabajo físico y a que les gusta observar “limpio” el cafetal”, siendo este un motivo de satisfacción (Tabla 4).



Tabla 4

Actividad preferida realizada por los adolescentes encuestados.

Actividad preferida	(%)	Razones
Poda	4	Mejorar la producción de café
Preparar alimentos	4	Forma par de las actividades
Balizar	9	Trabajo fácil, se ordena el cultivo
Ninguna	17	No aplica
Siembra	22	Trabajo fácil
Limpieza del cafetal	44	Trabajo fácil, el cafetal se ve limpio

Fuente: Elaborado con base en los datos recopilados en la encuesta.

Participación de los adolescentes en la cosecha y el manejo postcosecha del café

La participación de la mano de obra familiar es fundamental para la actividad cafetalera de las familias de los socios productores de la *Comon Yaj Noptic*. Esta mano de obra familiar está conformada principalmente por los hijos de los productores, quienes participan principalmente en las actividades de corte del grano y secado. Las actividades realizadas son las siguientes: corte (78%), secado (70%), despulpado (57%), selección de café cezeza (43%), limpieza de las despulpadoras (30%), preparación de alimentos (36%), transporte del café (17%) y lavado (9%).

La media de horas dedicadas por los adolescentes encuestados tanto en las actividades de cosecha, como en la postcosecha fue de 63 horas. Las actividades en las que participan con frecuencia son el corte del grano y el secado del grano, es decir, en el periodo de mayor necesidad de mano obra en la cafeticultura (López-Reyes *et al.*, 2018) (Tabla 5).

Las actividades que más les desagrada realizar a los adolescentes encuestados son: cortar, transportar y secar el café. El desagrado por las dos primeras actividades deriva del gran esfuerzo físico que les conlleva su realización. En el caso

del secado, la razón es que, al realizar dicha actividad durante las horas de mayor radiación, se exponen a una temperatura mayor (Tabla 6).

Tabla 5

Actividad preferida por los adolescentes encuestados cuando trabajan en la cafeticultura.

Actividad preferida	(%)	Razones
Ninguna	4	No aplica
Todas	4	Calidad del café
Lavado	4	Trabajo agradable
Limpiar despulpadora	4	Trabajo fácil
Selección	13	Trabajo fácil, se trabaja en la sombra
Despulpar	13	Hace ejercicio
Preparar alimentos	9	Trabajo fácil, para ayudar a sus papás
Secado	22	Trabajo fácil, para ayudar a sus papás
Corte	27	Trabajar en la sombra

Fuente: Elaborado con base en los datos recopilados en la encuesta.

Tabla 6

Actividad más desagradable realizada por los adolescentes encuestados cuando trabajan en la cafeticultura.

Actividad que más le desagrada	(%)	Razones
No contestó	4	No aplica
Seleccionar	9	Trabajo aburrido
Despulpar	9	Lentitud
Preparar alimentos	9	Trabajo aburrido
Lavado	9	Porque se mojan
Transportar	12	Trabajo cansado
Secar	22	Por el calor
Cortar	26	Trabajo cansado

Fuente: Elaborado con base en los datos recopilados en la encuesta.



Comon Yaj Noptic – interés por la membresía de adolescentes en su adultez

Los encuestados manifestaron varias ideas sobre el por qué sus padres forman parte de la *Comon Yaj Noptic*. El factor económico se puso de manifiesto cuando se argumentó la oportunidad que tenían sus padres de obtener un mejor ingreso por el café vendido a la organización, por los apoyos económicos para seguir cultivando el grano (préstamos, plántulas). Otros factores mencionados fueron la posibilidad de ser parte de proyectos implementados a través de la organización, el cuidado del medio ambiente (suelo, agua y biodiversidad), asistencia técnica y por el apoyo moral recibido para continuar con su quehacer en la cafecultura. En este sentido, los adolescentes encuestados respondieron a la pregunta de si piensan en la posibilidad de ser socio-productores de la *Comon Yaj Noptic* en un futuro de la siguiente manera: siempre (22%), algunas veces (17%), la mayoría de las veces (17%), pocas veces (17%) y nunca (22%).

Respecto a las razones por las cuales los adolescentes piensan en ser miembros de la *Common Yaj Noptic*, estas fueron asociadas al factor económico, ya que consideran que a través de la organización pueden ser susceptibles de apoyo y de mejorar sus ingresos al producir más y con mayor calidad. Asimismo, resulta interesante saber qué parte de los adolescentes están interesados en ser miembros potenciales de la organización por razones meramente ambientales, entre los motivos destacan los apoyos brindados (36%), el disfrute de la naturaleza (17%) y la idea de producir mejor (8%).

REFLEXIÓN FINAL

Los adolescentes, aunque en diferente grado de participación en el trabajo que realizan con sus padres durante el cultivo y cosecha del café, son una fuente importante de mano de obra, cuyo costo no es erogado monetariamente por el productor. Si la migración

definitiva de adolescentes en su adultez no es revertida y los productores siguen envejeciendo, no habrá relevo generacional en el quehacer que implica la cafeticultura, siendo este un factor social que puede limitar su reproducción en el futuro.

La producción del grano, la pertenencia de sus padres a la *Comon Yaj Noptic*, así como la posibilidad de ser ellos miembros en el futuro, está ligada principalmente al factor económico: obtención de créditos, apoyos, asistencia técnica.

El apoyo moral como factor de pertenencia a la *Comon Yaj Noptic*, aunque mencionado solo por un encuestado, expresa un área de oportunidad de la organización que puede fortalecer el sentido de pertenencia de los productores a la organización, a su territorio, a su comunidad y provocar sinergias para el mejoramiento de modo de vida incluido, por supuesto, su forma de producir.

Las mujeres tienen motivos más débiles para permanecer en sus comunidades y continuar ligadas al cultivo, la cosecha del café y el cuidado de sus padres. Aunque la mayoría desea vivir en el campo y la ciudad, en esta decisión influye el factor del género, al argumentar que el lugar donde vivirán dependerá de con quien se casen y las actividades a desarrollar dentro de una nueva familia. Sin embargo, detrás de esta percepción está el limitado acceso a la tierra y a la toma de decisiones productivas.

El interés de los adolescentes por la escritura y lectura es un factor que induce a reflexionar sobre las potencialidades que no están siendo utilizadas para el desarrollo de sus capacidades, entre ellas su interés por su entorno, fortalecimiento de su identidad, reconocimiento de su valía como agentes de cambio o su papel en las estrategias ante acciones en contra de fenómenos globales con efectos locales.

Si no se fomenta el relevo generacional en la cafeticultura, el proceso de envejecimiento se convertirá en una limitante para continuar con dicha actividad. Los productores, al quedarse solos



cuando sus hijos se van a la ciudad, anhelando oportunidades de estudio y mejor empleo que lo encontrado en su lugar de origen, pierden una mano de obra fundamental, sobre todo, cuando rebasan los 65-70 años, cuando sus capacidades físicas se ven disminuidas, situación que les impide continuar con su quehacer agrícola. Estas condiciones hacen que los productores más viejos y pobres opten por rentar o prestar sus terrenos, siendo su opción final la venta de su principal medio de producción.

En consecuencia, atender el relevo generacional es fundamental para que los agroecosistemas cafetaleros sigan reproduciéndose, siendo esto parte de la sustentabilidad social requerida, que permite conservar la cultura agrícola, el arraigo por el territorio y la conservación intergeneracional del conocimiento, recursos sociales que son importantes para el desarrollo agrícola sustentable.

Agradecimientos

Se agradece a las familias de los socios productores de la *Comon Yaj Noptic* del municipio de La Concordia, Chiapas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almedia E.Y. (2012). Herencia y donación. Prácticas intrafamiliares de transmisión de la tierra. El caso de un ejido veracruzano. *Cuicuilco*, 19(54): 55-79 https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_isoref&pid=S0185-16592012000200004&lng=es&tlng=es
- Deere, C. D., León, M. (2005). La brecha de género en la propiedad de la tierra en América Latina. *Estudios Sociológicos*, 23(68), 397-439. <http://www.jstor.org/stable/40420879>
- Castillo León, M. T., Carrillo Trujillo, C. D., Campo Marín, T. C., Barrera Flores, M. J. (2019). Salud Mental en contextos de pobreza en el sureste mexicano. *Revista Interamericana De Psicología/Interamerican Journal of Psychology*, 53(2):263-280. <https://doi.org/10.30849/rip/ijp.v53i2.1058>
- Escamilla-Prado E., Díaz-Cárdenas S. Nava-Tablada M. E., Cantú-Peña F. (2018). El relevo generacional en el sector cafetalero: la experiencia de los cursos de café para niños en Chocaman, Veracruz, México. *Agroproductividad*, 11(4): 48-54 <https://core.ac.uk/download/pdf/249320112.pdf>

- Guillén, B. G. (2021). *Entre la ley y la costumbre. La exclusión de las mujeres de la tenencia de la tierra en el ejido Bella Vista del Norte, municipio de Frontera Comalapa, Chiapas*. Tesis de doctorado en Ciencias Sociales y Humanísticas, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, 331 p. <https://repositorio.cesmecha.mx/bitstream/handle/11595/1115/tesis%20con%20carta%20de%20autorizacion.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- López-Reyes, Yasmína A. (2018). El trabajo infantil: de la discusión teórica a la realidad etnográfica. Motivaciones de la infancia guatemalteca para trabajar en Tapachula, Chiapas *Entre Diversidades. Revista de ciencias sociales y humanidades*, 11:137-165 <https://doi.org/10.31644/ED.11.2018.a05>
- Montoya D., Toledo V.M. (2020). Historia de la caficultura en Chiapas (1880-2010). Apuntes de una evolución social y ambiental. *Sociedad y Ambiente*, 23:1-25 <https://doi.org/10.31840/sya.vi23.2187>
- Morales-Reyes E. I., Adame-Martínez S. (2021). Caracterización de los agroecosistemas de producción de café orgánico en cuatro municipios de Chiapas. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 18: 197-223 <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/112513/768-Texto%20del%20art%-C3%ADculo-6863-2-10-20211222.pdf?sequence=1>
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2024). *Salud del adolescente*. Documento en línea, consultado el 10 de febrero de (2024). https://www.who.int/es/health-topics/adolescent-health#tab=tab_1
- Otzen T., Manterola C. (2017). Técnicas de muestreo sobre una población a estudio. *Internacional Journal of Morpholog*, 35(1):227-232 <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022017000100037>
- Ruiz-García P., Gómez-Díaz J. D., Valdés-Velarde E., Monterroso-Rivas A.I. (2020). Sistemas agroforestales de café como alternativa de producción sustentable para pequeños productores de México. *Ra Ximhai*, 16(4):137-142 <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8522375>
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SAGARPA). (2020.) *Café, la bebida que despierta a México*. Documento en línea. Consultado el 22 de febrero de 2024 <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/cafe-la-bebida-que-despierta-a-mexico?idiom=es>
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SAGARPA). (2022). *Cultivo de café en México*. Documento en línea. Consultado el 22 de febrero de 2024 <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/cultivo-de-cafe-en-mexico?idiom=es>
- Sandoval D., Moctezuma S., Herrera F. y Espinoza A. 2022. Juventudes rurales: una perspectiva del trabajo agrícola desde sus actores. *Convergencia*, 29:e16508 <https://doi.org/10.29101/crcs.v29i0.16508>
- Vázquez-Palacios F. 2003. *Envejecer entre los cultivos del campo*. Ponencia presentada en el Simposio Viejos y viejas: participación, ciudadanía e inclusión social. Santiago de Chile, 14 al 18 de julio.





CAPÍTULO VIII

Lentejas de agua para la producción de alimento alternativo

Silvia Guadalupe Cahuich Cabrera¹

Luis Alberto Uicab Brito^{1*}

Emy Guadalupe Huchin Poot¹

Daniel Alberto Pantí González¹

Ángel Virgilio Domínguez-May²

Carolina Flota Bañuelos³

¹ Instituto Tecnológico Superior de Hopelchén.

² Instituto Tecnológico Superior del Sur de Yucatán.

³ CONAHCyT-Colegio de Postgraduados, Campus Campeche. Champotón, Campeche, México.



CAPÍTULO VIII

Lentejas de agua para la producción de alimento alternativo

Silvia Guadalupe Cahuich Cabrera, Luis Alberto Uicab Brito, Emy Guadalupe Huchin Poot, Daniel Alberto Pantí González, Ángel Virgilio Domínguez May y Carolina Flota Bañuelos

INTRODUCCIÓN

Las lentejas de agua (*Lemnáceas*) son plantas macrófitas, en forma de roseta, con hojas aéreas y flotantes. La mayoría de estas especies de roseta son perennes (Ledesma, *et al.*, 2005). Las lentejas de agua comprenden un grupo de plantas acuáticas de rápido crecimiento, que se caracterizan por formar extensos mantos sobre cuerpos de agua con movimiento lento; su reproducción generalmente es vegetativa. Tiene la capacidad de crecer rápidamente y producir biomasa rica en proteínas, alcanzando niveles entre 38 y 43% de Proteína Cruda (PC) con base en la materia seca, así como cualidades minerales, esto permite a la planta ser promisorio para fines alimenticios (Leng *et al.*, 1995; El-Shafai *et al.*, 2004).

Según Aquafeed (2020), las lentejas de agua cuentan con beneficios en comparación con la soja, pueden producir hasta cuatro o cinco veces más proteína, así mismo, algunos estudios han demostrado que el concentrado de proteína es comparable con el de la soja para su uso en cerdos, otra de las ventajas es que no es un organismo genéticamente modificado y no requiere el uso de suelos, siendo un alimento fresco, además de ser de rápida propagación.

Por otro lado, una de las principales problemáticas en la región maya de los chenes, donde se desarrolló el proyecto, es la escasez y la falta de nutrición en el área pecuaria, así como la poca cantidad de áreas forrajeras para alimentar a los animales en el período poco lluvioso del año, ya que se reduce la disponibilidad de pastos (Díaz *et al.*, 2014), es por ello que a través de la producción de las plantas acuáticas se pretende producir materia seca para ser utilizada como alternativa en la alimentación animal e inclusive humana.

La importancia de este estudio está basado en la posibilidad de adaptación de las lentejas de agua en zonas tropicales, ya que permitirá obtener mayor porcentaje de materia viva con opciones de ser utilizadas como alimento animal y/o humano, además, traerá beneficios como no ocupar grandes extensiones de suelos para la producción, el agua que se deja como residuo se podrá utilizar como fertilizante para otras áreas productivas, la comercialización de la materia seca podrá generar empleo para emprendedores de la región, propiciando ahorro, ya que la materia seca tendrá un menor costo en comparación con los alimentos convencionales, finalmente, se desarrollarán procesos para el aprovechamiento de alimentos alternativos, disponibles en épocas de sequía.

Bajo este contexto el presente estudio evaluó la adaptación de lentejas de agua en zonas tropicales para la producción de materia seca como alimento alternativo para la producción animal en el Instituto Tecnológico Superior de Hopelchén.

Características de las lentejas de agua

Las plantas macrófitas son altamente productivas, se caracterizan por tener un crecimiento acelerado, es conocida en muchos países, por lo cual se cuenta con experiencia en su manejo, por otro lado, cuenta con beneficios como alimento para animales de granja, por su elevada productividad que genera excelentes cosechas a bajos costos, además de que no requiere extensiones grandes de terreno ni tareas agrícolas, ni compra de semillas, debido a que su propagación es rápida (Ponce, *et al.* 2005).

Las *Lemnáceas* son vegetales acuáticos (macrófitas) que se encuentran presentes en forma abundante en ambientes de agua dulce (4 g/L de salinidad) pero ausentes en regiones frías (Figura 1). Una de sus características es que son muy eficientes en la absorción de nutrientes (compuestos nitrogenados y fosfatados), además que reduce los sólidos en suspensión, estas son plantas diminutas, perteneciente al grupo de las angiospermas. La familia *lemnácea* agrupa a estos vegetales, los cuales pueden cubrir en su totalidad ambientes de corriente lenta, ejemplo de ello son las lagunas, cunetas, canales donde flotan libremente en la superficie y se propagan rápidamente (Luchini y Panné Huidobro, 2008).

Figura 1

Especies de lentejas de agua *Lemna gibba* (a), *Lemna minor* (b), *Spirodella polyrhiza* (c) y *Wolffia arrhiza* (d).



Fuente: Cahuich-Cabrera, S.G.



Taxonomía

Las lentejas de agua son conocidas también como chichiclastle o duckweed, estas plantas pertenecen a la familia *lemnácea*, familia que incluye a las fanerógamas más pequeñas del reino *Plantae*, su crecimiento es sobre la superficie del agua, está formada por dos partes: fronda y raíz (Figura 2), su reproducción vegetativa es rápida, normalmente crece en aguas dulces, templadas y cálidas, las frondas tienen un tamaño máximo de 2.4 mm (Miranda y Quiroz, 2013).

Figura 2

Características morfológicas de las *Lemnaceas* raíz y frondas.



Fuente: Cahuich-Cabrera, S.G.

Fenología

Según Ponce *et al.*, (2005) las lentejas de agua se propagan comúnmente de forma vegetativa, con crecimiento rápido en aguas frescas, tranquilas o de poco movimiento, excepto en regiones frías. Tienen una distribución cosmopolita y subcosmopolita. Florece principalmente en abril, mayo y junio. Sus formas

vitales son en forma de Hidrófito, en donde su principal hábitat son aguas estancadas ricas en nutrientes y en estanques. Raramente florece y normalmente se reproduce de forma vegetativa (Rita, *et al.*, 2019).

Usos

Las lentejas de agua son útiles en la remoción de contaminantes que se acumulan en el agua (Sánchez, *et al.*, 2012). También se han utilizado en la alimentación de peces para suplementar las dietas, ya que proporcionan proteína de alto valor biológico (Leng, *et al.*, 1995). Así mismo, con la intención de encontrar fuentes proteicas para la alimentación porcina, se ha utilizado a *Lemna gibba*, obteniendo un elevado valor nutricional, además, comparte características nutritivas de fuentes proteicas tradicionales (Gutiérrez, *et al.*, 2001). Por otro lado, Arroyave (2004) menciona que, además de utilizarse como alimento animal, también ha sido útil en el tratamiento de aguas residuales (Figura 3) y fitorremediación.

Figura 3

Tratamiento de aguas residuales con lentejas de agua en el Instituto Tecnológico Superior de Hopelchén (ITSH).



Fuente: Cahuich-Cabrera, S.G.



Rendimientos de materia seca

Según Leng, *et al.*, (1995), las lentejas pueden duplicar su masa entre 16 horas y 2 días, si se cuenta con las condiciones óptimas de nutrientes, luz solar y temperatura del agua (Figura 4). En cuanto a su rendimiento, el más cercano es de 10-20 ton de MS/ha/año en condiciones reales.

Figura 4

Adecuación de un espacio para la adaptación y producción de lentejas de agua en el Instituto Tecnológico Superior de Hopelchén.



Fuente: Cahuich-Cabrera, S.G.

Por otro lado, Canales-Gutiérrez (2010), en sus investigaciones menciona que existe un promedio de 7.0 kg/m² de biomasa, la cual puede variar de acuerdo con los meses o épocas, de igual manera se han registrado valores de 2.8 y 15 kg/m², los cuales pueden estar influenciados por la presencia de precipitaciones pluviales y los vientos que pueden trasladar a la lenteja de agua, también en Puno, Perú se ha encontrado rendimiento de biomasa entre 5 a 9 kg/m².

Composición química de la materia seca

Según Ponce, *et al.*, (2005), la composición química en las especies *Lemnáceas*, presentan un buen balance de aminoácidos, destacando en su composición la metionina, lisina, treonina, triptófano y la leucina. La composición química general se presente en la Tabla 1.

Tabla 1

Porcentajes de nutrientes en relación con la harina de *Lemna gibba*.

Proteína	Fibra cruda	Ceniza
6.8 – 45.0	5.7 – 16.2	12.0 – 27.6

Fuente: Ponce, *et al.*, (2005).

La harina de *Lemna* contiene aproximadamente un 40% de proteína, en comparación con la soya, haciéndola una valiosa fuente de proteína (Ponce, *et al.*, 2005).

Nutrición de las lentejas de agua

Las lentejas de agua absorben los nutrientes tanto a través de la raíz, como de la superficie inferior del talo (Sculthorpe, 1967). Es de esta manera que *Lemna gibba*, con un aporte de nutrientes óptimo y condiciones de luz y temperatura (18 a 29 °C) adecuadas, puede duplicar su biomasa en 0.7 días (Wang, 1991). Por otro lado, Canales-Gutiérrez (2010), en estudios realizados en laboratorio en agua residual, evaluó las diferentes concentraciones de amonio, pH y concentración de nitratos encontrando los siguientes resultados: concentración de amonio 10 -3000 mg N^{l-1}, pH de 6-8 a 8-7, bajo estas características la tasa de crecimiento de *Lemna gibba* varía de 0 a 0.3g por día, existiendo una producción de 55 kg por ha⁻¹ por día (Figura 5).

Figura 5

Adaptación de especies de lentejas de agua en el ITSH.



Fuente: Cahuich-Cabrera, S.G.

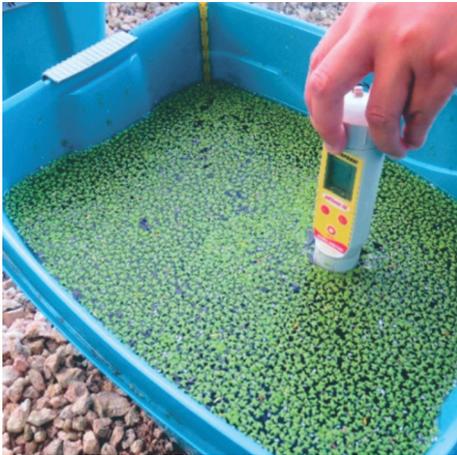


Adaptación

Las lentejas de agua se encuentran presentes en forma abundante en ambientes acuáticos de agua dulce (4 g/L de salinidad), pero ausentes en regiones frías (Luchini y Panné Huidobro, 2008). Crecen a temperaturas del agua entre 6 y 33 °C, y un pH de 5 a 9, pero crece mejor en el rango de 6.5 a 7.5 (Leng, *et al.*, 1995; Ponce. *et al.*, 2005).

Figura 6

Monitoreo de pH y Temperatura en el proceso de adaptación de lentejas de agua en el ITSH.



Fuente: Cahuich-Cabrera, S.G.

Experiencias en el ITSH sobre el cultivo de Lentejas de agua

Una de las primeras experiencias en el cultivo de lentejas de agua en el ITSH, fue el proceso de adaptación de estas plantas en zonas tropicales, para esto se adquirieron tres especies de estas plantas (*Lemna gibba*, *Lemna minor* y *Spirodella polyrhiza*), y se inició el proceso de reproducción, para lo cual se construyó un área de alojamiento de las especies de lentejas (Figura 7).

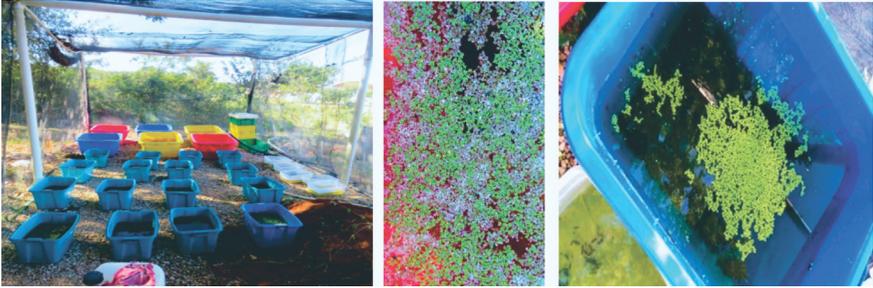
Después de un periodo de adaptación de tres días en condiciones de laboratorio, en donde las lentejas de agua se

encontraban sumergidas en contenedores de 60 litros con 40 litros de agua, se eliminó el material muerto, para iniciar el proceso de establecimiento del cultivo de lentejas en el área al aire libre.

Durante el proceso de aclimatación al aire libre los principales parámetros monitoreados fueron el pH y la temperatura del agua.

Figura 7

Área de reproducción de las especies de lentejas de agua.

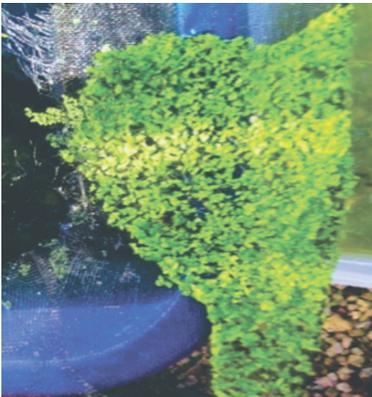


Fuente: Cahuich-Cabrera, S.G.

De las tres especies obtenidas solamente una resultó con posibilidades de adaptarse en la región del trópico (*Lemna gibba*), misma que se ha ido reproduciendo para obtener materia seca con posibilidades de utilizarse como alimento alternativo (Figura 8).

Figura 8

Harinas de *Lemna gibba*.



Fuente: Cahuich-Cabrera, S.G.



Posterior al proceso de adaptación de las lentejas de agua, se hicieron algunas pruebas para la obtención de una mayor producción de material vivo o materia seca para su utilización como alimento alternativo. Uno de los experimentos fue evaluar el efecto de la fertilización orgánica en los rendimientos de *Lemna gibba* (fig. 9).

Figura 9

Producción de *Lemna gibba* con fertilización orgánica.



Fuente: Cahuich-Cabrera, S.G.

Principales resultados de las experiencias de producción de *Lemna gibba* en el ITSH

Temperatura

Figura 10

Datos promedio de Temperatura en el proceso de producción de *Lemna gibba*.



Fuente: Elaboración propia.

En la figura 10, se observa que la temperatura promedio por semana se situó en un rango de 20.49°C y 27.82 °C (mínima y máxima, respectivamente). La temperatura promedio mínima se presentó en S9 y la temperatura máxima en S12 en todos los tratamientos. Estos resultados concuerdan con estudios de Leng *et al.* (1995), donde menciona que el rango de temperatura para la producción de *Lemna* puede situarse entre 18°C y 29°C, lo cual favoreció la adaptación de la planta en los tratamientos.

En la Tabla 2 se presentan los tratamientos utilizados para evaluar el rendimiento de *Lemna* utilizando fertilización orgánica.

Tabla 2

Tratamientos utilizados para la evaluación de la fertilización orgánica en el rendimiento de producción de *Lemna gibba*.

Tratamiento	Cantidad de agua lluvia (L)	Lixiviado de lombricomposta (L)
T1 (control)	11	0
T2	10.45	0.55
T3	9.90	1.10
T4	8.80	2.20

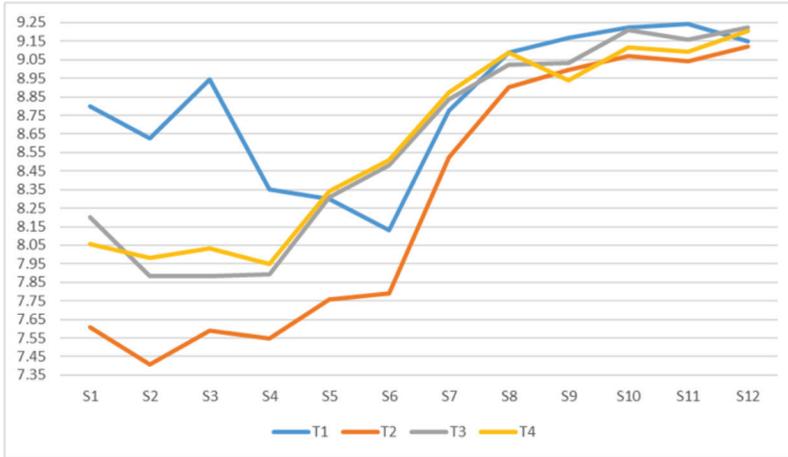
Fuente: Elaboración propia.

Monitoreo de pH

En la figura 11, el pH promedio por semana se situó en un rango entre 7.41 y 9.24 (mínimo y máximo, respectivamente). Estos resultados concuerdan con Leng *et al.*, (1995) que menciona que el rango de pH para la producción de *Lemna* es de 5 a 9, sin embargo, Ponce *et al.*, (2005) menciona que el pH óptimo es de 6.5 a 7.5 en donde el T2 fue el más cercano a esta afirmación, sobre todo en la S2. Por su parte González (2011), menciona que la vermicomposta ayuda a la regularización del pH y fomenta la actividad microbiana.



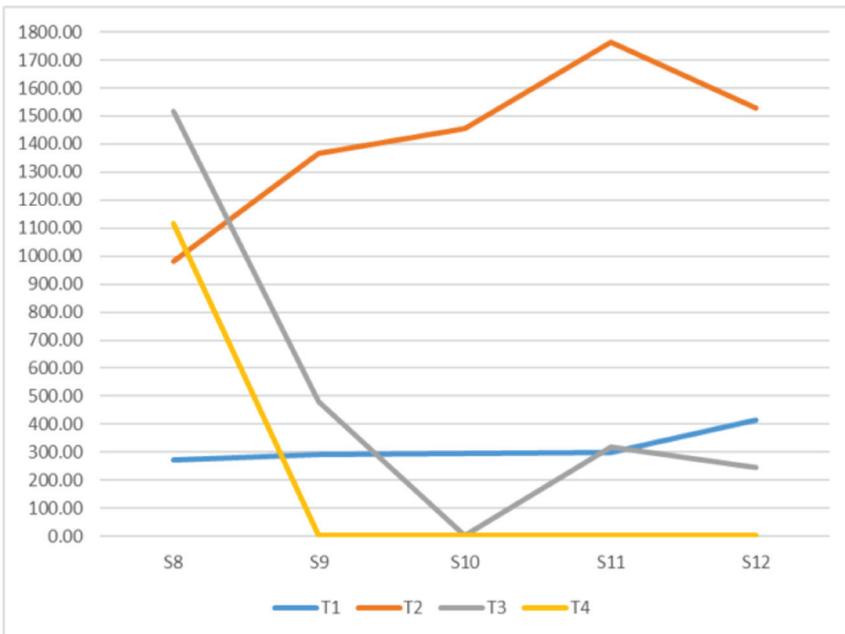
Figura 11
pH promedio medido en las semanas de evaluación.



Fuente: Elaboración propia.

Conductividad eléctrica (Ce).

Figura 12
Datos promedio de Ce medidos en el proceso de producción de *Lemna gibba*.



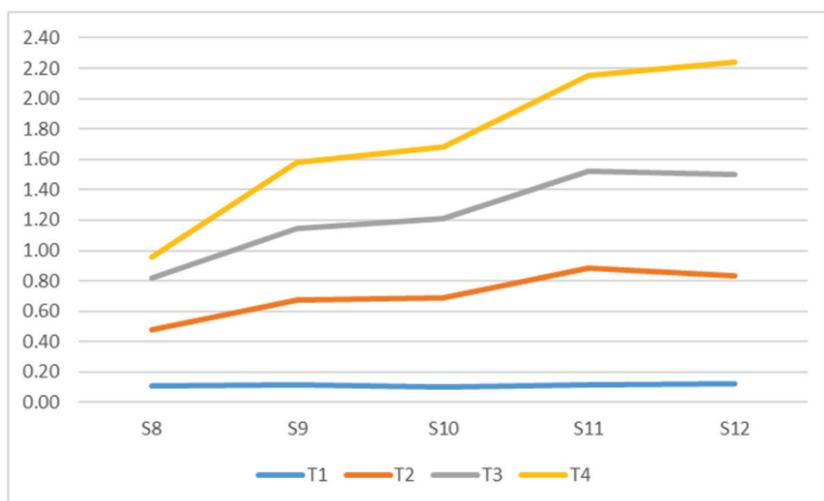
Fuente: Elaboración propia.

En la figura 12, se observa que la conductividad eléctrica promedio por semana se situó en un rango de 2.38 mínima en la S10 en T3 y la máxima de 1763.83 en la S11 en T2. Los resultados concuerdan con Solís *et al.*, (2018) que mencionan que los rangos de conductividad eléctrica pueden variar de acuerdo con el cambio de la temperatura del agua, de esta forma se observó que la conductividad eléctrica fue mayor ($P < 0.05$) en los tratamientos con mayor temperatura.

Determinación de Salinidad

Figura 13

Datos promedio de Salinidad medidos en el proceso de producción.



Fuente: Elaboración propia.

En la figura 13, se observan datos promedio de salinidad de la S8 a la S12. Los datos promedio mínimos se registraron en T1 (0.11) en la semana 8 y el dato promedio máxima fue en T4 (2.24) en la semana 12. En la figura se observa que hay una tendencia general de los tratamientos a incrementar de forma lineal conforme transcurrían las semanas. Estos resultados concuerdan con Pares *et al.*, (2008), ya que mencionan que un incremento en

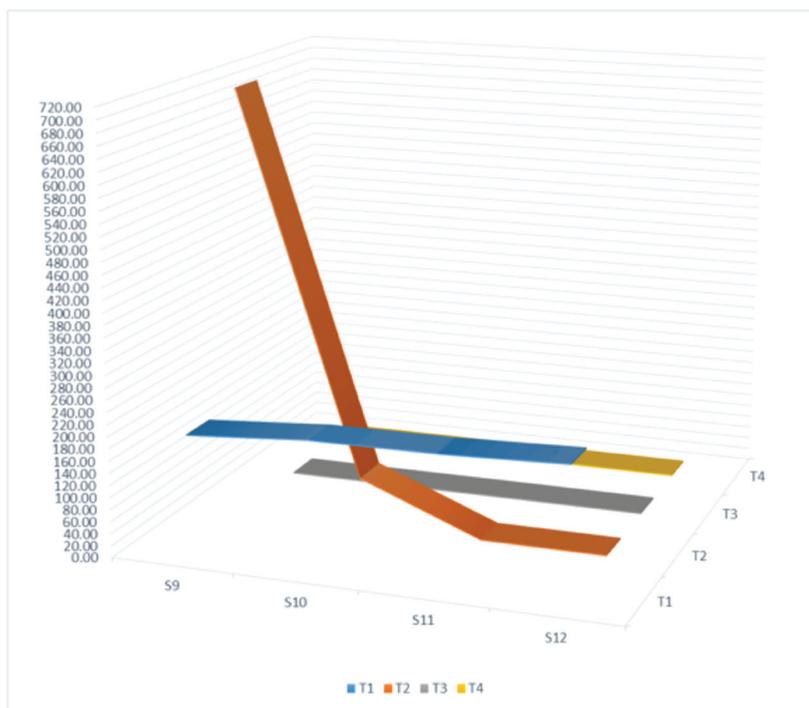


la concentración de sales en el medio de cultivo puede influir en el crecimiento y desarrollo de las plantas, situación que estuvo presente en los tratamientos que se fertilizaron y sobre todo en T4 que presentó un incremento mayor de salinidad.

Determinación de Sólidos disueltos totales (SDT)

Figura 14

Datos promedio de SDT medidos en el proceso de producción de *Lemna gibba*.



Fuente: Elaboración propia.

En la figura 14, se muestran los datos de sólidos disueltos totales promedio medidos en la prueba. En la gráfica observamos que el dato promedio menor fue en S12 en T2 (1.19) y el dato promedio mayor en el mismo tratamiento (714.76) pero en la S9. En la figura se observan dos tendencias, la de T2 que disminuyó conforme transcurrían los días de prueba y por otro lado,

T1, T3 y T4, incrementaron los niveles de SDT con el transcurso de la prueba. Los resultados concuerdan con Moguel *et al.* (2018), ya que en ninguno de los tratamientos se presentaron valores mayores a 2000 unidades de SDT, lo que de alguna forma contribuyó al crecimiento de las plantas y principalmente en T2, ya que se observa una disminución de los datos conforme transcurrieron los días de prueba, tal como sucedió en los estudios realizados por Clostre y Suni (2007).

Biomasa fresca

En la Tabla 3, se presentan los datos promedio por tratamiento de Biomasa obtenida al final del experimento. El promedio mínimo se obtuvo en T1 (-1g) reflejando de esta manera pérdida de biomasa, mientras que en T2 se registró el dato promedio mayor de biomasa (20.50g). Los resultados concuerdan con Clostre y Suni (2007), ya que muestran una relación entre el crecimiento de la planta en relación con la concentración de SDT, ya que a mayor concentración de SDT sugiere una mayor disponibilidad de nutrientes y esto se traduce en un mayor crecimiento de las plantas.

Tabla 3
Biomasa promedio por tratamiento.

Tratamiento	Biomasa (g)
T1	-1.00
T2	20.50
T3	9.25
T4	11.00

Fuente: Elaboración propia.

El diseño empleado para la medición de Biomasa fue completamente al azar, con cuatro tratamientos y 4 repeticiones por tratamiento, para la comparación de las diferencias entre las medias se utilizó la prueba de Tukey con un α del 5%.



Rendimientos de biomasa

En el Tabla 4, se presentan los resultados de rendimientos de biomasa, el análisis de varianza no presentó diferencias significativas ($p > 0.05$) para ninguno de los tratamientos, sin embargo, T2 presentó los mayores rendimientos en el proceso de producción. Los resultados concuerdan con Rodríguez-Fernández (2017), ya que demostraron que un incremento de nutrientes en el uso de lixiviados en cultivos hortícolas contribuyó al crecimiento y producción de las plantas.

Tabla 4
Rendimiento de biomasa en gramos de Lemna gibba.

Variable	Días de medición	Tratamientos				Anova	
		T1	T2	T3	T4	EE	P
Rendimiento de Biomasa	PI	1.00 ^a	1.00 ^a	1.00 ^a	1.00 ^a	0.00	1.000
	PF	0.00 ^a	21.50 ^a	10.25 ^a	12.00 ^a	3.16	0.105
	Rendimiento	-1.00 ^a	20.50 ^a	9.25 ^a	11.00 ^a	12.63	0.105

^a. Promedios con diferente literal en la fila presentan diferencias significativas ($p \leq 0.05$).

Fuente: Elaboración propia.

Materia seca

Tabla 5
Porcentaje (%) de materia seca en Lemna gibba.

Tratamiento	% MS
T1	0
T2	32.86
T3	14.42
T4	20.73

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 5, se presentan los porcentajes de materia seca obtenidos en el proceso de producción en donde T2 presentó los resultados más altos con un 32.86%, lo cual pudo estar asociado a la cantidad de nutrientes que estuvieron disponibles para el crecimiento de la planta, tal como lo menciona Rodríguez-Fernández (2017), en el uso del lixiviado para la fertilización de hortalizas.

Rendimientos de materia seca

En la Tabla 6, se observa el rendimiento de materia seca, en donde el análisis de varianza no presentó diferencias significativas ($P > 0.05$), sin embargo, el dato promedio mayor se presentó en T2 (2.50g).

Tabla 6
Rendimiento de materia seca promedio en Lemna gibba.

Variable	Días de medición	Tratamientos				Anova	
		T1	T2	T3	T4	EE	P
Rendimiento de materia seca	PI	0.00 ^a	21.50 ^a	10.25 ^a	12.00 ^a	3.16	0.105
	PF	0.00 ^a	2.50 ^a	1.75 ^a	2.00 ^a	.37604	0.080

^a. Promedios con diferente literal en la fila presentan diferencias significativas ($p \leq 0.05$).

Fuente: Elaboración propia.

Recomendaciones

Se recomienda tener el área de producción en un espacio amplio, colocando cortinas rompevientos para evitar pérdidas de lenteja o en alguno de los casos en contenedores más grandes, realizar bases para cada uno de los contenedores y no tenerlos en el suelo de forma directa ya que se le pueden introducir insectos o algún animal que se alimente de ellas y reducir la producción, además se dificulta el monitoreo de los parámetros.



Con respecto al lixiviado, no dejarlo más de 15 días en reposo y sin protección, ya que pierde su calidad.

Por otro lado, materia seca se está utilizando para balancear dietas en pollos y peces para evaluar la calidad del alimento alternativo, así mismo, se sugiera evaluar el uso de estas plantas en fresco sobre la alimentación de estos animales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aquafeed. (2020). *Lenteja de agua: Proteína sustentable para el futuro*. <https://aquafeed.co/entrada/lenteja-de-agua--prote-na-sustentable-para-el-futuro-20101/>
- Arroyave M. D. P. (2004). La lenteja de agua (*Lemna minor* L.): una planta acuática promisoriosa. *Revista EIA*. (1). 33-38.
- Canales-Gutiérrez Á. (2010). Evaluación de la biomasa y manejo de *Lemna gibba* (Lenteja de agua) en la bahía interior del lago Titicaca, Puno. *Ecología Aplicada*. 9(2). 91-99.
- Carrasco G., Ramírez P., Vogel H. (2007). Efecto de la conductividad eléctrica de la solución nutritiva sobre el rendimiento y contenido de aceite esencial en albahaca cultivar en NFT. *Idesia (Arica)*. 25(2). 59-62.
- Claudio G. O. G. (2018). *Desalinización de agua para aplicaciones de potabilización mediante el desarrollo de tecnología solar sustentable*. Tesis para obtener el grado de maestro en optomecatrónica. Centro de investigaciones en óptica A.C. Aguascalientes, Ags, México. 89 pp.
- Chaves Montes W. M. (2011). *Tratamiento de lixiviados generados en el relleño sanitario de la Cd. de Chihuahua, Méx.* Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencia y Tecnología Ambiental. Centro de investigación en materiales avanzados. Chihuahua, Chih. Mex. 111 pp.
- Clostre G., Suni M. (2007). Efecto del nitrógeno, fósforo y potasio del medio de cultivo en el rendimiento y valor nutritivo de *Lemna gibba* L. (*Lemnaceae*). *Revista peruana de biología*. 13(3). 231-236.
- Bermúdez-Lizárraga J., Nieves-Soto M., Medina-Jasso A., Piña-Valdez P. (2017). Efecto de temperatura y salinidad sobre la supervivencia y desarrollo larval de *Litopenaeus vannamei*. *Rev. MVZ Córdoba*. 22(2). 5844-5853. ISSN: 0122-0268 DOI:doi.org/10.21897/rmvz.1022
- Díaz-Castillo A., Sardiñas-López Y., Castillo-Corría E., Padilla-Corrales C., Jordán-Vázquez H., Martínez-Zubiaur R. A., Ruiz-Vázquez T. E., Díaz-Sánchez M. F., Moo-Cruz A. F., Gómez-Cruz O., Alpide-Tovar D., Arjona-Ruiz M. R.,

- Ortega-García G. (2014). *Caracterización de ranchos ganaderos de Campeche, México. Resultados de proyectos de transferencia de tecnologías, avances de la investigación agropecuaria*. 18(2). Pág. 41-61 ISSN 0188789-0
- El-Shafai S., El-Gohary F., Johan A., Verte J., Schrama J., Huub G. (2004). "Apparent digestibility coefficient of duckweed (*Lemna minor*), fresh and dry for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.)". *Aquaculture Research*. 35(6). 574.
- Gómez-Rosales S., Ángeles M. D. L., Méndez-Romero J. J. A., Reséndiz-Castillo M. G., Sánchez-Barragán R. (2013). *Guía de buenas prácticas de reciclaje de excretas: Uso de lixiviados de humus de lombriz para la producción de forraje verde*.
- González-Jiménez M. A. (2011). *Combinación de sustratos y solución nutritiva en chile manzano (*Capsicum pubescens* R & P)/por Miguel Ángel González Jiménez (No. Tesis CD-78.)*.
- Gutiérrez K., Sanginés L., Pérez F., Martínez L. (2001). Estudios del potencial de la planta acuática *Lemna gibba* en la alimentación de cerdos. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 35(4). 367-372.
- Lendesma L., Parker N., Fedler C., Konikoff, M. (2005). Modeling duckweed growth in wastewater treatment systems. *Livestock Research for Rural Development*, 17(6). 1-8.
- Losada-Bermeo J. D. (2009). *Caracterización de los lixiviados generados en el proceso de compostaje provenientes de residuos orgánicos de plaza de mercado y su uso como complemento nutricional para cultivos hidropónicos*.
- Luchini L., Panné-Huidobro S. (2008). *Perspectivas en acuicultura: nivel mundial, regional y local*. Dirección de Acuicultura, Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, SAGPyA, Buenos Aires.
- Maraña-Santacruz J. A., Castellanos-Pérez E., Vázquez-Vázquez C., Martínez-Ríos J. J., Trejo-Escareño H. I., Gallegos-Robles M. A., Orona-Castillo I. (2018). Rendimiento de chile jalapeño con lixiviado de lombriz con dos métodos de riego. *Terra latinoamericana* Vol.36(4).
- Moguel-Ordoñez Y., Ramírez-Jaramillo G., Tepal-Chale J. (2018). Efecto de la calidad del agua y sustratos en la producción de plántulas de stevia (*Stevia rebaudiana* Berton). *Revista Mexicana de ciencias agrícolas*. Vol. especial(21).
- Navarro J. M., Martínez, V., Botella, M. A. (2000). Respuesta del melón a la salinidad. *Alquibla*. 6. 477-486
- Leng, R., Stambolie, J., Bell, R. (1995). Duckweed-a potential high-protein feed resource for domestic animals and fish. *Livestock Research for Rural Development*. 7(1).
- Parés J., Arizaleta M., Sanabria M. E., García, G. (2008). Efecto de los niveles de salinidad sobre la densidad estomática, índice estomático y el grosor foliar



en plantas de *Carica papaya* L./Effect of salinity levels on the stomatal density, stomatal index and leaf thickness of *Carica papaya* L. *Acta Botánica Venezuelica*. 27-34.

Ponce P. J. T., Febrero T. I., González S. R., Romero C. O., Estrada C. O. (2005). Perspectivas de la *Lemna* sp. Para la alimentación de peces. *Revista electrónica de veterinaria*. Vol VI. N°3. <http://www.veterinaria.org/redvelved/n030305.html>

Rita J., Font X., Mateo G. (2019). Herbari Virtual del Mediterrani Occidental. Área de Botánica, Departamento de Biología, Universidad de las Islas Baleares. Universidad de Barcelona. Universidad de Valencia. [Http://herbarivirtual.uib.es/ca/general/1477/especie/lemna-gibba-l-](http://herbarivirtual.uib.es/ca/general/1477/especie/lemna-gibba-l-)

Rodríguez-Fernández, P. A. (2017). Impacto del lixiviado de humus de lombriz sobre el crecimiento y productividad del cultivo de habichuela (*Vigna unguiculata* L. Walp). *Ciencia en su PC*. (2). 44-58.

Sánchez-Villavicencio M., González-Márquez H., Miranda-Arce M. G. (2012). Proteínas de estrés en *Lemna gibba* (*Lemnaceae*) expuesta al boro. *Hidrobiológica*. 22(3). 282-289.

Solís-Castro Y., Zúñiga-Zúñiga L. & Mora-Alvarado D. (2018). La conductividad como parámetro predictivo de la dureza del agua en pozos y nacientes de Costa Rica. *Revista Tecnológica en Marcha*. 31(1). 35-46.

Velázquez-Jaime J. (2018). *Efecto del lixiviado de humus de lombriz y fertilizante químico en el desarrollo de Liliun 'conca d'or' con bulbos infectados con Erwinia sp.* Tesis para obtener el título de ingeniero agrónomo fitotecnista. Universidad autónoma del estado de México. Facultad de ciencias agrícolas. 60 pp.

CAPÍTULO IX

Estudio de caso: estado actual del agroecosistema acuícola en el estado de Campeche

Zulema Guadalupe Huicab Pech^{1-3*}

Jaime Bautista Ortega²

Verónica Rosales Martínez²

Alberto Santillán Fernández²

Juan Carlos Cuevas Bernardino³

Neith Aracely Pacheco López³

David Julián Palma Cancino¹⁻²

Luis Alberto Uicab Brito⁴

¹ Programas Posdoctorales. Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías CONAHCYT.

² Colegio de Postgraduados Campus Campeche, CP. 24450, Carretera Federal Haltunchen-Edzna Campeche, km. 17.5.

³ Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A.C. CIATEJ. Subsele SURESTE.

⁴ Instituto Tecnológico Superior de Hopelchén.

Correspondencia: *pechzulema@gmail.com



CAPÍTULO IX

Estudio de caso: estado actual del agroecosistema acuícola en el estado de Campeche

Zulema Guadalupe Huicab Pech, Jaime Bautista Ortega, Verónica Rosales Martínez, Alberto Santillán Fernández, Juan Carlos Cuevas Bernardino, Neith Aracely Pacheco López, David Julián Palma Cancino y Luis Alberto Uicab Brito

INTRODUCCIÓN

En México, la tilapia fue introducida en 1964. Los ejemplares de la especie *Tilapia rendalli*, *Oreochromis mossambicus* y *Oreochromis aureus* fueron depositados en la estación piscícola de Temazcal, Oaxaca. Posteriormente, los organismos fueron distribuidos en embalses naturales y artificiales de agua. México presentó un volumen de producción de 5000 t en 1990 (Official Journal of the Federation, 2008).

El cultivo de tilapia se realiza de acuerdo con el manual de buenas prácticas de cultivo publicado por SAGARPA, procesos que actualmente son aplicados por Rueda Gómez (2019) y Espinoza-Pomares & Valverde-Velásquez (2022) desde la etapa de siembra hasta la cosecha.

La acuicultura es una actividad con amplio crecimiento a nivel nacional e internacional. Esta actividad tiene el propósito de producir proteína para el consumo humano, a través del cultivo de especies como peces, crustáceos, moluscos y algas. Asimismo, tiene la capacidad de generar empleos y rendimientos económicos a nivel familiar y empresarial (FAO, 2020), a partir del manejo de diversos elementos y componentes que permiten transformar la materia prima en proteína para consumo humano, basados en un enfoque de sistemas (Huicab-Pech, 2016), el cual incluye el capital humano, insumos, energía, factores bióticos y abióticos.

La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, de la Organización de las Naciones Unidas, establece 17 objetivos que garantizan la seguridad alimentaria a nivel mundial. Entre los 17 objetivos de Desarrollo Sostenible, para el sector acuícola se condiciona el *objetivo 1*: poner fin a la pobreza en todas sus formas y en todo el mundo, *objetivo 2*: poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición y promover la agricultura sostenible, *objetivo 8*: promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todos y *objetivo 14*: conservar y utilizar sosteniblemente los océanos, los mares y los recursos marinos para el desarrollo sostenible (Naciones Unidas, 2018).

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2020) menciona que la acuicultura contribuye con el 50% de los peces y mariscos para consumo, ya que su aporte de proteína a nivel mundial es 17%, lo que le permite competir con la producción avícola y bovina, debido a que su conversión alimenticia lo ubica por encima de la cría de ganado vacuno. El consumo *Per cápita* por región es de 9 kg y el consumo *Per cápita* anual global es de 20.5 kg (FAO, 2022).

Esta agroindustria, de acuerdo con los datos reportados por la FAO (2020), se coloca como una oportunidad de producción en países en vías de desarrollo y como una alternativa para la

sobreexplotación pesquera que actualmente existe a nivel mundial (Martínez-Córdova *et al.*, 2020), a través de la diversificación y cultivo de especies marinas y dulceacuícolas otorgan la respuesta ante la demanda de alimentos en el 2030 (FAO, 2020).

Para alcanzar la seguridad alimentaria de la población, se requiere de estrategias para reducir los costos de producción. Las granjas empresariales se enfrentan al uso máximo de insumos como luz, agua y alimento, siendo esta última lo que representa cerca del 60% de los costos de producción de la actividad acuícola a nivel nacional e internacional.

Durante los últimos años, la FAO (2022) estableció el concepto de acuicultura de recursos limitados (AREL), actividad que se relaciona con el sector rural “campesino” considerado de bajo recurso económico y con mínimo acceso a la proteína animal. En México, existen alrededor de 9,230 granjas acuícolas que se distribuyen en los estados de Sinaloa, Sonora, Jalisco, Veracruz y Chiapas. Los principales cultivos son tilapia, trucha, camarón y pejelagarto.

En Campeche existen pocas granjas de producción acuícola, principalmente de tilapia y camarón. Sin embargo, su producción ha sido afectada por aspectos técnicos, productivos, biológicos y comerciales debido a la nula aplicación de BPM (*Buenas prácticas de manejo*), desconocimiento de la triada ecológica y cadenas de valor. Lo anterior, es resultado de pérdidas económicas y, por ende, el abandono de los sistemas de producción acuícola actualmente presentes en el Estado de Campeche.

Una de las especies mayormente cultivadas es tilapia *Oreochromis niloticus* considerada una especie resistente a condiciones de calidad de agua y enfermedades. La Tilapia es la segunda especie que más se cultiva, y a nivel internacional se puede encontrar en 85 países (FAO, 2016). De acuerdo con la FAO (2010) el 99% de la especie es cultivada fuera de su hábitat original y se



posiciona como la segunda especie que se cultiva a nivel mundial en países de Filipinas, Indonesia, Tailandia, Malasia, China, Chile, México, Ecuador, Brasil y Colombia, con producciones que superan el cultivo de salmónidos y carpas (FAO, 2010).

El género tilapia se considera un grupo de peces de importancia económica, comercial y nutritiva. Entre las especies comerciales se encuentra *Oreochromis niloticus*, *Oreochromis mossambicus*, *Oreochromis aureus*, *Oreochromis hornorum*, *Tilapia rendalli* y *Tilapia zilli* (FAO, 2008). El éxito de la producción de tilapia se debe a que presentan un rápido crecimiento, facilidad de propagación, tolerancia a condiciones ambientales, fácil aceptación de los alimentos naturales y suplementos alimenticios, resistencia a enfermedades y mala calidad de agua.

Por su parte, un agroecosistema acuícola es un modelo conceptual modificado por el hombre, en su mínimo control para satisfacer la demanda de la sociedad, integrando las dimensiones ecológicas, sociales, políticas y culturales en cada nivel jerárquico. El agroecosistema acuícola integra la producción de alimentos, materia prima y la sustentabilidad de este, a partir de la transformación de insumos internos, a fin de obtener proteína de excelente calidad, sanidad e inocuidad. En el agroecosistema acuícola existe la interacción e interrelación de especies, microorganismos y factores bióticos y abióticos. Sin embargo, el enfoque de sistemas permite conocer ampliamente los procesos de producción, considerando que la acuicultura contribuye a una mejor cohesión social y económica, principalmente por que funciona como amortiguador del desempleo. Los agroecosistemas acuícolas, como unidad estudio, requieren de un análisis preliminar para la solución de problemas (presencia de enfermedades bacterianas), es por ello por lo que es necesario estudiar e investigar desde un enfoque sistémico complejo (modelo conceptual o de simulación) a partir de la aplicación epistemológica por grupos de trabajo multidisciplinario e interdisciplinario regidos por una política institucional.

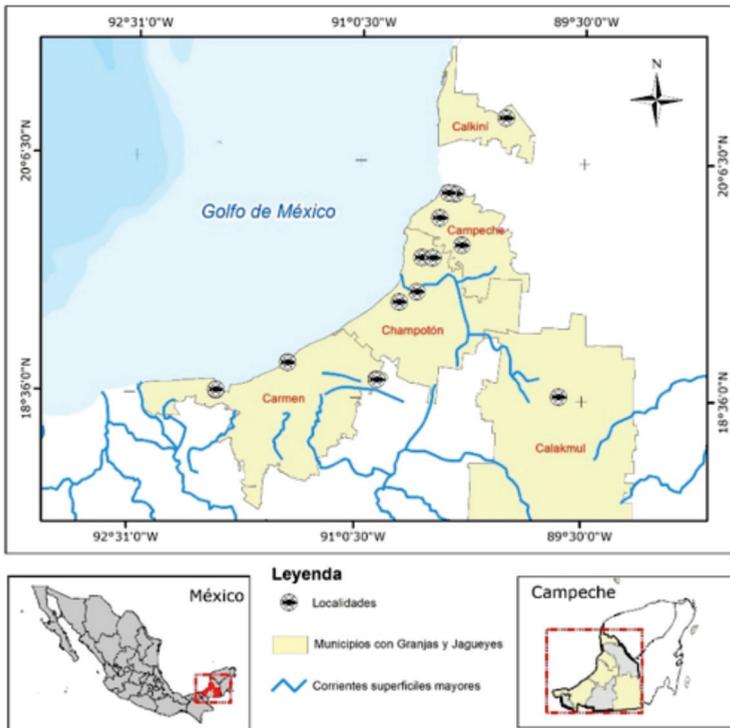
Aunado a la anterior, el objetivo del presente estudio fue identificar las principales problemáticas que enfrentan las granjas de tilapia en la zona norte y sur del Estado de Campeche y las estrategias para su desarrollo en el trópico, como una alternativa para la seguridad alimentaria.

MATERIALES Y MÉTODOS

Durante el 2022 y 2023 se encuestaron un total de 15 granjas acuícolas, ubicadas en los municipios de Champotón, Calkiní, Cd. Carmen y Campeche. Las granjas fueron seleccionadas considerando su ubicación geográfica, volumen de producción y sistema de producción (Figura 1).

Figura 1

El área de estudio incluye las principales granjas acuícolas de los municipios de Champotón, Calkiní, Cd. Carmen y Campeche.



Fuente: Elaboración propia.



Se aplicó una encuesta estructurada de la siguiente manera: la primera fase proporcionó información general sobre los entrevistados, mientras que la segunda fase se enfocó en obtener información del sistema de producción, aplicación de buenas prácticas de manejo (BPM), sanidad, alimentación, enfermedades y, finalmente, la comercialización del producto. Los datos fueron analizados mediante estadística cualitativa con el paquete Excel 2022.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de los datos indicó que el cultivo de tilapia se realiza por productores con una edad promedio de 52 ± 15 años, con una mínima de 31 años y una máxima de 72 años, lo anterior coincide con la FAO (2015) donde señala que en países como Perú la edad promedio de hombres y mujeres que se dedican a la actividad acuícola oscila entre los 40 años. En México, de acuerdo con SADER (2023) un total de 14,311 mujeres realizan acuicultura y pesca, pero solo el 15% se dedica a la acuicultura y el 85% a la actividad pesquera. Cabe señalar que la FAO (2016) establece entre sus estrategias el diseño e implementación de políticas y programas para la participación de nuevas generaciones de mujeres jóvenes que puedan involucrarse en la actividad acuícola. La principal razón se orienta a que las mujeres tienen la capacidad de adaptarse y trabajar con otras personas y, con su participación, fortalecer el núcleo familiar, la economía comunitaria y el desarrollo local y nacional donde la actividad acuícola se fomente.

La actividad acuícola en Campeche se integra en su mayoría por mujeres y hombres, los cuales cuentan con estudios de primaria y licenciatura, lo que coincide con FAO (2015 y 2016) donde reportan que las mujeres representan cerca del 50% de las personas que trabajan en el sector acuícola y pesquero, aportando su fuerza de trabajo en diversas actividades a lo largo de la cadena de valor. Es importante destacar, que una de las granjas de Campeche es liderado por un grupo de mujeres

mayas, quienes se ocupan de la alimentación de organismos (peces), preparación de alimentos (valor agregado) para restaurante y venta de artesanías/bordados para la compra de alimento acuícola y en algunos casos crías de tilapia.

El consumo *Per cápita* de productores que se dedican a la actividad oscila entre 4.7 kg de pescado por semana, cabe señalar que el consumo de pescado está influenciado por región, factores económicos, sociales, culturales y religiosos, sin embargo, en México, el consumo de pescado y mariscos es bajo en comparación con los países asiáticos. Actualmente el consumo *Per cápita* se encuentra entre 12 y 13 kg al año, valor por debajo del consumo de carne de res, pollo y puerco de acuerdo con Bmeditores (2024). Marín Martínez (2023), destacó que la producción de animales por acuicultura en el 2020 mantuvo un crecimiento del 60%, por lo que se consume alrededor de 20.2 kg de pescado por persona al año.

De las granjas acuícolas muestreadas, el 73.3% operan desde hace más de 12 años y en su momento recibieron apoyo gubernamental y privado de SAGARPA ahora AGRICULTURA, SEPESCA, FIFOPESCA, CONAPESCA y PEMEX, respectivamente. Es importante mencionar que los encargados y/o trabajadores de las granjas acuícolas reciben apoyo federal y estatal de los programas del Gobierno como PROCAMPO y BIENESTAR, lo anterior debido a que también realizan agricultura (60%), ganadería (13.3%) y de servicio (panadería y albañilería). La actividad agrícola se orienta en cultivos de maíz, plantas ornamentales, hortalizas, frutales, entre otros cultivos de subsistencia y generación de ingreso económico.

De acuerdo con el grado de tecnificación, los sistemas de producción acuícola se consideran intensivo, extensivo, semi-intensivo e hiper-intensivo, sin embargo, de las granjas muestreadas del estado de Campeche se clasifican como intensivo (40%), extensivo (20%) y semi-intensivo (40%). Los sistemas



de producción acuícola se denominan de esta forma de acuerdo con el uso de alimento comercial, tipo de material y dimensión de estanquería, así como el empleo de equipos para la medición de la calidad del agua y parámetros fisicoquímicos, uso y aplicación de bitácoras, áreas de cuarentena y áreas de bodega para el resguardo de materiales tal y como lo establece la OIRSA (2017).

Por otro lado, el 40% de las granjas entrevistadas no realizan la medición de parámetros fisicoquímicos (PFQ) del agua, es importante destacar que las condiciones del agua intervienen en el crecimiento y desarrollo de la especie que se cultivan, como lo reportan Castro Frías *et al.* (2021), quienes concluyen que los PFQ influyen como indicadores bioproductivos en sistemas intensivos de tilapia. Cabe señalar, que la calidad del agua depende de los efectos del clima, densidad de peces en el sistema (peces/m³), interacción de procesos químicos y biológicos de bacterias en el agua (EMBRAP, 2013) y ración óptima de alimento a partir de biometrías y uso de bitácoras quincenales o mensuales. En Campeche, menos del 40% no cuenta con almacén para el alimento en sus granjas acuícolas, lo que puede originar la presencia de hongos o bacterias y, finalmente la pérdida de inversión económica por la compra del alimento. Es importante destacar que las granjas de tilapia utilizan alimento de la marca malta cleyton, silver cup pedregal, campi, purina y vimifos, lo anterior dependerá del acceso de alimento disponible en la entidad y de los precios, este último depende de los compuestos modernos y diseño de ingredientes, propiedades nutricionales y características físicas del alimento, así como lo indican Turchini *et al.* (2019). Es importante mencionar que independientemente del tipo de alimento empleado en granjas de tilapia, los periodos de alimentación son diferentes, en algunas granjas se realiza tres veces al día, lo anterior de acuerdo con la etapa de producción (alevín, cría, pre-engorda y engorda), con la finalidad de generar el máximo aprovechamiento eficiente de nutrientes como lo establecen Martínez *et al.* (2022).

Por otra parte, los acuicultores mencionaron que una alternativa para disminuir los costos por la compra de alimentos comerciales era la reutilización de recursos pesqueros o alimentos no convencionales locales, que funcionen como ingrediente para el diseño de dietas para la especie que actualmente cultivan, sobre todo porque *tilapia nilotica* es un organismo que fácilmente se adapta a las condiciones donde habite, como lo mencionan Tacon y Metian, (2015), quienes argumentan que es necesario la adquisición de alimentos alternativos como fuente de proteína para el sector agropecuario y disminuir el porcentaje de harina de pescado como ingrediente en el alimento comercial de acuerdo con Méndez-Martínez *et al.* (2018), quienes determinan el potencial de las plantas acuáticas (*Azolla sp*) como alternativa de alimento acuícola.

Entre las principales problemáticas del sector se relaciona una mínima o nula capacitación a los productores, adquisición de crías con menos del 70% de reversión sexual, costos elevados de energía eléctrica, falta de una planta de procesamiento acuícola, mínima tecnología aplicada en los sistemas de producción como biofloc, sistemas acuapónicos y/o flopponics, como lo demuestra Martínez *et al.* (2022). Por lo anterior, es necesario que las instituciones aborden estas problemáticas para el desarrollo de la acuicultura en el estado, con un enfoque de agroecosistemas y sustentabilidad para la producción de alimentos para la sociedad y que beneficie al productor como el principal actor de la cadena de producción acuícola en el estado.

CONCLUSIONES

La información recaudada indica que el sector acuícola aún se encuentra en proceso de desarrollo tecnológico y económico, debido a que solo se cultiva una sola especie por sus características de resistencia sin aprovechar los recursos disponibles, como aquellas especies nativas con potencial



acuícola. Este trabajo permitió conocer los actores clave, quienes consideran que esta actividad es una oportunidad para las zonas rurales, establecidos como modelos de cultivos de traspatio familiar, utilizando los insumos más simples y rústicos, a partir del enfoque AREL (Acuicultura de Recursos Limitados) y considerarse una estrategia de soberanía alimentaria en el estado de Campeche. Cabe señalar que se requiere el apoyo gubernamental en el sector, así como, el seguimiento de la actividad con capacitaciones continuas que fortalezcan la operación del sector acuícola.

Agradecimientos

Al Programa de Estancias Posdoctorales Por México Convocatoria 2023 (1) y al proyecto PRONACES denominado “Desarrollo e implementación de metodologías sustentables para el aprovechamiento de biomasa de algas, residuos pesqueros y acuícolas de la península de Yucatán, para su valorización como ingredientes alimenticios nutritivos y productos funcionales”, con número 321295 y aprobado por el CONACYT en el año 2022.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Bmeditores. (2024). URL. <https://bmeditores.mx/avicultura/la-carne-de-pollo-la-proteina-animal-de-mayor-demanda-en-mexico/> [Consultado en 20 febrero 2024].
- Castro Frías F., Estrada Labrada G., Castillo Basterrechea M., Sánchez Simoneu Y. (2021). Parámetros físico-químicos del agua y su influencia sobre los indicadores bioprodutivos de la tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Vet. Arg.* – Vol. XXXVIII – N° 397 – mayo 2021.
- EMBRAP (2013). *Aquicultura: manejo e aproveitamento de efluentes*. Disponible en: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/972692/1/Doc95.pdf>
- Espinoza-Pomares, V. D., Valverde- Velásquez, H. J. (2022). Factores de factibilidad de mercado y ambientales para establecer una granja acuícola semi-tecnificada dedicada a la producción de *Oreochromis niloticus*. *Rev. iberoam. bioecon. cambio clim.*, 8(16), 1992-2006. <https://doi.org/10.5377/ribcc.v8i16.15148>

- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2008). *World Review of Fisheries and Aquaculture*. In: *The State of the World Fisheries and Aquaculture-2008 (SOFIA)*. Roma, 2009. pp. 3-84: 58-65. URL: <http://www.fao.org/docrep/011/i0250e/i0250e00.htm>.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2010). *World Review of Fisheries and Aquaculture*. In: *The State of the World Fisheries and Aquaculture* de la FAO. Roma. Pp. 197: 18-30. URL: <http://www.fao.org/docrep/013/i1820e/i1820e00.htm>.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2015). *Consultoría sobre el análisis del rol de la mujer en los sectores de la pesca y la acuicultura en Colombia*. Informe final, by Mojica, H. Bogotá, Colombia.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2016). Basado en estudios realizados en Chile, Colombia, Paraguay y Perú: *El rol de la mujer en la pesca y la acuicultura* (fao.org) [Consultado 31 de enero 2024].
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2020). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. Sustainability in action*. Rome. <https://doi.org/10.4060/ca9229>.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2022). *Consumption of aquatic foods* URL: <https://www.fao.org/3/cc0461es/online/sofia/2022/consumption-of-aquatic-foods.html>. [Consultado 31 de enero 2024].
- Huicab-Pech Z. G. (2017). *Uso de extractos vegetales en la alimentación en crías de tilapia Oreochromis niloticus en agroecosistemas acuícolas*. Tesis de Doctorado. Colegio de Postgraduados, pp. 106.
- Huicab-Pech, Z. G., Landeros-Sánchez, C., Castañeda-Chávez, M. R., Lango-Reynoso, F., López-Collado, C. J., Platas Rosado, D. E. (2016). Current state of bacteria pathogenicity and their relationship with host and environment in tilapia *Oreochromis niloticus*. *Journal of aquaculture research and development*, 7(5), 1-10.
- Marín Martínez, N. (2023). *Manual de medición de parámetros de calidad de agua con fotómetro multiparamétrico*. Universidad Cooperativa de Colombia, Facultad de Ciencias de la Salud, Medicina Veterinaria y Zootecnia, Bucaramanga.
- Martínez, L. R., Porchas, M. M. P. M., Porchas, G. R. R., Valdez, E. G. (2022). Alternativas de acuicultura sostenible: Aspectos nutricionales. *Avances en Nutrición Acuícola*, 1(1), 245-262.
- Martinez-Cordova, L. R., López-Elías, J., Martinez-Porchas, M. (2020). A preliminary evaluation of an integrated aquaculture-agriculture systems (tilapia and peppers) at mesocosm scale. *J Aquac Mar Biol*, 9(1), 19-22.



- Méndez-Martínez, Y., Pérez-Tamames, Y., Reyes Pérez, J. J., Puente Jiménez, V. D. (2018). *Azolla sp.*, un alimento de alto valor nutricional para la acuicultura. *Biotecnia*, 20(1),32-40.
- Official Journal of the Federation (2008). *Statistical Yearbook of Fisheries and Aquaculture*. Official Journal of the Federation of Mexico.
- Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria (OIRSA). (2017). *Manual de Buenas Prácticas*. Dirección Regional de Inocuidad de Alimentos -2017. 51 pág.
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2018). *La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe* (LC/G.2681-P/Rev.3),
- Santiago Rueda Gómez, C. (2019). *Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) en el Procesamiento de Alimentos*.
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). (2023). *Fortalecen mujeres la actividad pesquera y acuícola de México: Agricultura*. gob.mx (www.gob.mx). [Consultado 31 de enero 2024].
- Tacon A. G. J., Metian, M. (2015) Feed Matters: Satisfying the feed demand of aquaculture. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture* 23: 1–10.
- Turchini, G. M., Trushenski, J. T., Glencross, B. D. (2019). Thoughts for the future of aquaculture nutrition: realigning perspectives to reflect contemporary issues related to judicious use of marine resources in aquafeeds. *North American Journal of Aquaculture*, 81(1), 13-39.





**ESTRATEGIAS AGROECOLÓGICAS
EN LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN
AGROPECUARIOS DEL SURESTE DE MÉXICO**

Se terminó de imprimir en los Talleres Gráficos
de la Universidad Autónoma de Chiapas en el mes
de octubre de 2024, con un tiraje de 200 ejemplares.

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, octubre de 2024.





ANIVERSARIO
15
Facultad Maya de
Estudios Agropecuarios