

C + TeC

REVISTA

Divulgar para Transformar

AGUACATE: UN PODEROSO ALIADO PARA TU PIEL

¡Descubre los beneficios que el aguacate tiene para tu piel!

EL AGUACATE: DE LA COCINA A LA FARMACIA

Un gran aliado para la industria farmacéutica.

AGUACATE EN MICHOACÁN



INSTITUTO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA
E INNOVACIÓN DEL ESTADO DE MICHOACÁN

año 1 • número 1 • Junio-Diciembre 2023.

- LA HISTORIA DETRAS DE MI GUACAMOLE
- EL AGUACATE DE RESIDUOS A ENERGÍA
- AGUACATE HASS EN BUSCA DE LA ETERNIDAD.



**Secretaría
de Gobierno**
GOBIERNO DE MICHOACÁN

GOBIERNO DEL ESTADO DE MICHOACÁN

GOBERNADOR

Alfredo Ramírez Bedolla
Gobernador Constitucional del
Estado de Michoacán de Ocampo

GABINETE LEGAL

Eliás Ibarra Torres
Secretario de Gobierno

Luis Navarro García
Secretario de Finanzas y
Administración

Claudio Méndez Fernández
Secretario de Desarrollo Económico

José Alfredo Ortega Reyes
Secretario de Seguridad Pública

Roberto E. Monroy García
Secretario de Turismo

Alejandro Méndez López
Secretario del Medio Ambiente

Gladiz Butanda Macías
Secretaria de Desarrollo Urbano y
Movilidad

Belinda Iturbide Díaz
Secretaria de Salud

Cauhtémoc Ramírez Romero
Secretario de Agricultura y
Desarrollo Rural

Rogelio Zarazúa Sánchez
Secretario de Comunicaciones y
Obras Públicas

Gabriela Desireé Molina Aguilar
Secretaria de Educación

Tamara Sosa Alanís
Secretaria de Cultura

Giuliana Bugarini Torres
Secretaria de Bienestar

María Teresa Mora Covarrubias
Secretaria del Migrante

Sandra Carolina Rangel Gracida
Secretaria de Igualdad Sustantiva y
Desarrollo de las Mujeres Michoacanas

Azucena Marín Correa
Secretaria de Contraloría

GABINETE AMPLIADO

Dáleth Villavicencio Sánchez
Coordinación General de
Comunicación Social

EDITORIAL

Para el Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación significa una gran satisfacción presentarles la Revista de Divulgación Científica C+Tec, ahora con una versión renovada en la que hemos puesto particular énfasis en la calidad de su contenido. En esta nueva era de la revista, C+Tec cumple con el objetivo de ser un medio idóneo para divulgar el conocimiento que se genera en nuestro Estado, y al mismo tiempo se concibe como un elemento que puede acercar temas de interés y prioritarios para la sociedad a través de los números temáticos, como es el caso del que ahora les presentamos dedicado al cultivo de aguacate.

Michoacán, es la entidad número uno en exportación de aguacate, además de ser uno de los principales productores a nivel mundial, hechos por los que enfrenta grandes desafíos derivados del impacto socio ambiental generado por su cultivo. Es por ello que consideramos de gran interés compilar información relacionada con este fruto, derivada de las investigaciones que se realizan en diversas instituciones de nuestro Estado, enfocadas al estudio del aguacate desde distintas perspectivas. Es así, que para este número especial contamos con trabajos relacionados con la historia del cultivo del aguacate en Michoacán, con investigaciones sobre sus propiedades farmacéuticas, antimicrobianas o dermatológicas; trabajos que plantean darle un valor agregado a los desechos que genera el cultivo, el impacto hídrico asociado al mismo, y artículos enfocados al estudio de plagas y enfermedades de este fruto.

De manera muy especial, le agradecemos al Comité de Evaluadores por la dedicación y el apoyo para la selección y revisión de los trabajos que componen este número.

Adicionalmente, la revista C+Tec presenta ahora una sección para niñas y niños, "C+Tec Kids", la cual tiene por objeto acercar lúdicamente temas científicos al público infantil.

Esperamos que estos artículos sean de interés para el público en general, siendo una de las premisas del Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación la de acercar el conocimiento a la sociedad, agradeciendo a cada uno de los autores por el compromiso de acercarlo, para que efectivamente la ciencia llegue a formar parte de nuestra cultura.

Dra. Alejandra Ochoa Zarzosa
Directora General



EDITORIAL

Equipo editorial

Directora de la revista:
Alejandra Ochoa Zarzosa

Editora:

Paola Jiménez Alcántar

Comité Editorial:

Markevich Maazel Olivera Mora,
Omar Jaimes Brito,
Roberto Esquivel García,
Adriana del Carmen Téllez Anguiano,
Jennifer López Chacón,
Francisco Miguel Ayala Arias,
Marisol Báez Magaña

Maquetación y diseño:

Susann Sarai Del Rio Espinoza,
Beatriz Guadalupe Morales
Hernández,
Christian Axel Salgado Magaña

Diseño, desarrollo y administrador del sitio web:

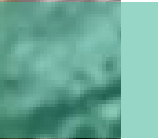
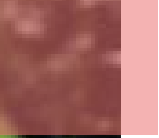
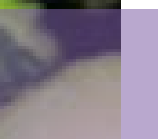




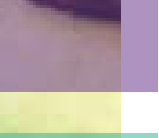


Mauricio Octavio Domínguez
González



INFORMACIÓN LEGAL

REVISTA C+TEC, DIVULGAR PARA TRANSFORMAR, año 1, No. 1, Julio - diciembre 2023, es una Publicación semestral editada por el INSTITUTO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN DEL ESTADO DE MICHOACÁN DE OCAMPO, Calzada Juárez, 1446, Col. Villa Universidad, Morelia, C.P. 58060, Tel. (443) 324-8607, <https://ctecicti.com/index.php/CTec/index>, ctec.icti@gmail.com Editor responsable: Paola Jiménez Alcántar. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2023-090415150600-102, ISSN: 2992-8737, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este Número, Departamento de Vinculación Interinstitucional, Lic. Mauricio Octavio Domínguez González, Calzada Juárez, 1446, Col. Villa Universidad, Morelia, C.P. 58060, fecha de última modificación, 14 de junio de 2024.

ÍNDICE

	1. La historia detras de mi guacamole	1
	2. El aguacate de residuos a energía	6
	3. Aguacate: Un poderoso aliado para tu piel	12
	4. Microorganismos con beneficios gigantes para los cultivos	17
	5. La cadena de valor del aguacate Michoacano	22
	6. El secreto mejor guardado de la naturaleza: descubriendo las maravillas ocultas del Aguacate.	27
	7. Aguacate Hass... En Busca de la Eternidad	31
	8. Insectos Plagas en el cultivo de Aguacate en Michoacán	36
	9. La producción científica del aguacate en México: Innovación para el éxito verde	41
	10. Avocado Sunblotch viroid, el pequeño patógeno de RNA en el cultivo de aguacate	47



11. Origen de la exportación del aguacate al mercado internacional

52

12. El aguacate: de la cocina a la farmacia

58

13. ¿Cuánta agua se requiere para producir 1Kg de aguacate?; un análisis desde la huella hídrica

65

14. La tristeza del aguacate

70

15. La semilla de aguacate: un desecho para la producción de biocombustibles

75

16. Nematodos entomopatógenos: Guacamole y Super Bowl

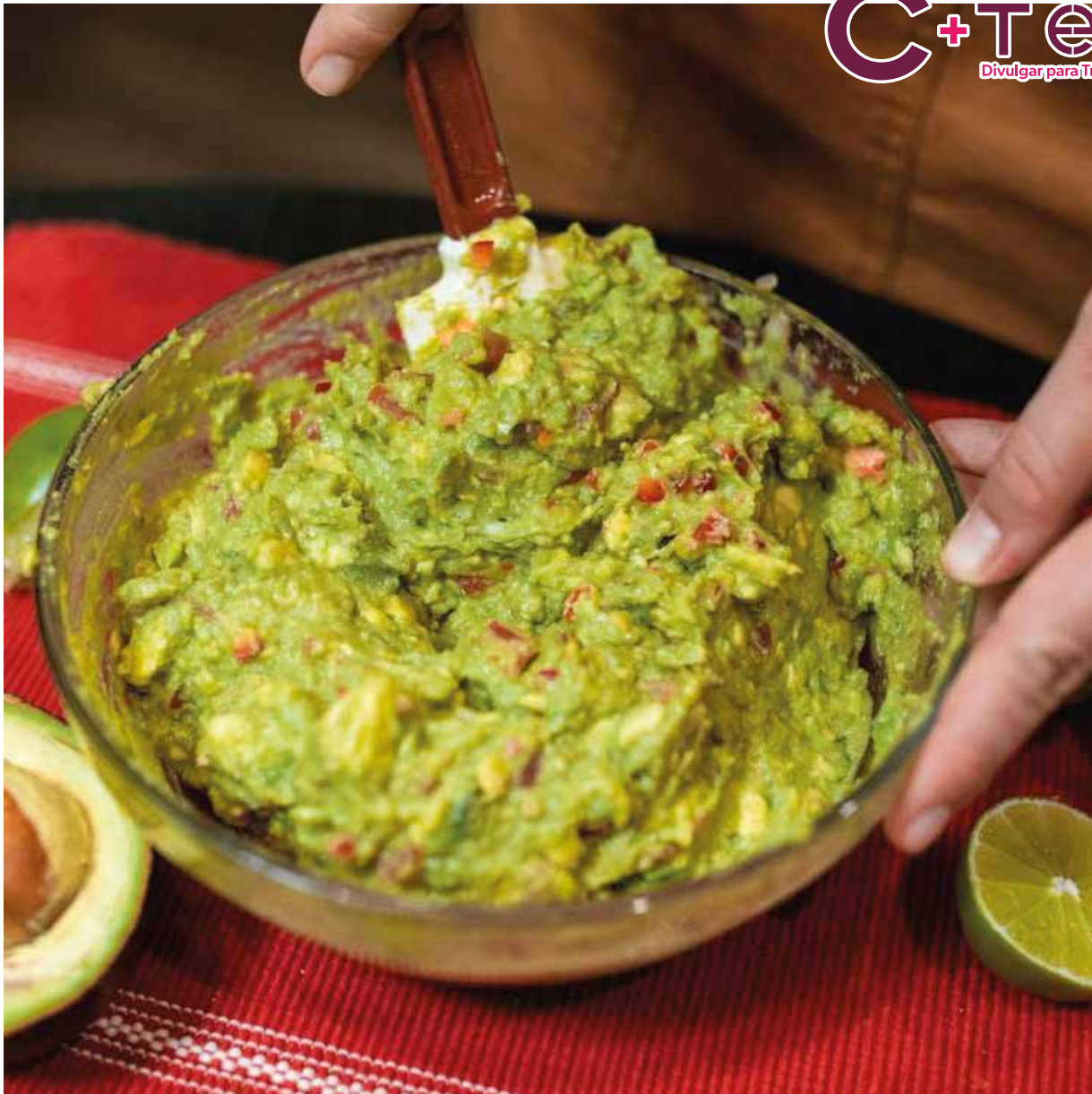
80

17. Nutrición orgánica en el Aguacatero

86

18. ¿Deben consumir aguacate los bebés?

93



LA HISTORIA DETRÁS DE MI GUACAMOLE

Karina Sánchez-Echeverría¹, Yurixhi Maldonado-López² y Pablo Cuevas-Reyes¹

¹Laboratorio de Ecología de Interacciones Bióticas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. karina.sanchez.echeverria@umich.mx, pablo.cuevas@umich.mx

²Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, yurixhimaldonado@gmail.com

la historia detrás de MI GUACAMOLE



Aguacate,
Avocado, palta
"ahuacatl=testículos"

Origen

Centro América



Consumo humano
8000-7000 años AC

POLINIZADORES

MÁS CONOCIDO
EXÓTICO



Apis mellifera

POCO CONOCIDOS
NATIVOS



Geotrigona acapulcensis
Foto: Ricardo Rojas



Krombecheria mellifica
Foto: Katherine, Wikimedia



Chrysomya mexicanophala
Foto: Fabian, Wikimedia



Eristalis tenax
Foto: Fabian, Wikimedia

Abejas sin aguijón, avispas, moscas

GUACAMOLE EN RIESGO

- Deforestación, tala de árboles
- Sequía
- Fertilizantes, insecticidas y herbicidas

PÉRDIDA DE POLINIZADORES



Figura 1. Historia detrás del guacamole.

aguijón “Colmena de tierra” (*Geotrigona acapulconis*) y avispas como “la avispa mexicana de la miel” (*Brachigastra mellifera*) (Fig. 2) evolucionaron junto con las flores de aguacate, por lo que son sus principales polinizadores (Ish-Am *et al.* 1999). Particularmente, el Laboratorio de Ecología de Interacciones Bióticas de la UMSNH, estudió la comunidad de abejas en huertos de aguacate del estado de Michoacán, uno de los principales productores de aguacate. Para nuestra sorpresa, se registraron más de 25 especies de abejas nativas asociadas a las plantas de aguacate: incluyendo especies de *Lasioglossum* (*Dialictus*), abejas nocturnas que recogen polen de pocas flores y ponen sus huevos en nidos de otras abejas, por lo que son medio-parásitos; especies del género *Ceratina* o abejas carpinteras que hacen sus nidos de madera; *Heriades* sp. que son abejas negras muy pequeñas; *Halictus ligatus* abejas de surco o abejas verdes del sudor; *Agapostemon texanus* que son abejas solitarias que hacen nidos en la tierra; *Caenaugochlora inermis*, *Augochlora smaragdina* (Fig. 3).

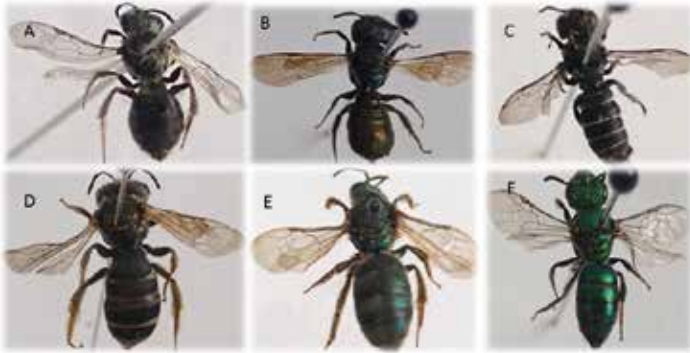


Figura 3. Especies de abejas asociadas a huertos de aguacate en Michoacán: A) *Lasioglossum* (*Dialictus*) spp., B) *Ceratina* (*Zadontomerus*) spp., C) *Heriades* (*Neotrypetes*) spp., D) *Halictus ligatus*, E) *Caenaugochlora inermis*, F) *Augochlora smaragdina*. Tomadas por Karina Sánchez.

Esta gran diversidad de abejas nativas de bosques templados presentes en las huertas de aguacate, son de gran importancia ya que prestan servicios ecosistémicos a los huertos como a los bosques aledaños. Pero no solamente las abejas transportan el polen de aguacate, también se ha reportado la presencia de moscas verdes o también llamadas moscas de la carne (*Phaenicia mexicana* y *Chrysomya megacephala*) y las moscas de las flores (*Palpada mexicana* y *Eristalis tenax*)

(Castañeda-Vildózola *et al.* 1999; Dymond *et al.* 2021).

A pesar de la gran variedad de polinizadores silvestres del aguacate que se han registrado, los productores de aguacate usan y aumentan la cantidad de colmenas de abejas de la miel con el fin obtener rendimientos óptimos en la producción del fruto. Sin embargo, el uso de polinizadores silvestres como las abejas sin aguijón, potencialmente puede favorecer una producción más sostenible, promoviendo prácticas que protejan y susciten la conservación de los bosques templados (Dymond *et al.* 2021) y eviten el desplazamiento de las abejas e insectos silvestres por las abejas europea/africana de la miel ocasionado por la limitada disponibilidad de alimento que dejan a su paso (Aizen & Feinsinger, 2003).

GUACAMOLE EN RIESGO

¿Pero porque estaría en riesgo el guacamole? Las abejas silvestres, abejas melíferas y una gran variedad de polinizadores silvestres están expuestos a múltiples factores antropogénicos que están llevando al declive sus poblaciones. Específicamente, el cultivo de aguacate es una actividad social y económicamente importante al generar una considerable cantidad de empleos (Franco-Sánchez *et al.* 2018) e ingresos que van desde los 3,085 millones de dólares en 2021 tan solo para el estado de Michoacán y una enorme actividad agroempresarial en la zona donde se cultiva.

Sin embargo, esta derrama económica es resultado del aumento en la demanda del aguacate en varios países del mundo. Actualmente más de 60 países producen aguacate a nivel mundial, donde México resalta por ser el principal productor y exportador, como resultado, durante los últimos 60 años ha incrementado exponencialmente la plan-

tación, producción y exportación del aguacate en el país (Díaz-Castellanos 2021).

Esto ha ocasionado un crecimiento exponencial de la deforestación y tasas alarmantes de tala ilegal en zonas forestales con el fin de introducir mayores plantaciones de aguacate, así como mayor demanda de agua y contaminación por el uso excesivo de fertilizantes, insecticidas y herbicidas, por lo que la riqueza y abundancia de las abejas nativas y demás insectos se ha reducido considerablemente dentro de las plantaciones a causa de estos factores (Perez-Balam *et al.* 2012). Específicamente, las abejas en su mayoría son organismos que anidan en el suelo o en cavidades de los árboles, por lo que el remplazo de bosques nativos por arboles de aguacate puede disminuir la cantidad y calidad de los sitios para anidar, debido a la falta de recursos maderables o suelos compactados de difícil acceso por el aumento de la temperatura y falta de agua (Aizen & Feinsinger, 2003).

Mientras que el uso fertilizantes e insecticidas pueden matar directamente a las abejas o afectar sus capacidades cognitivas, por ejemplo, su habilidad para orientarse y buscar alimento, mientras que el uso de herbicidas afecta de manera indirecta al reducir la diversidad de recursos alimenticios afectando la supervivencia y reproducción de las abejas (Sánchez-Bayo *et al.* 2016). Por lo tanto, es necesaria la investigación de las comunidades de abejas nativas en los agroecosistemas de aguacate en Michoacán, para aportar información ecológica sobre los servicios y funciones que este grupo de insectos que pueden dar a los agroecosistemas y a los bosques nativos, manteniendo una producción de aguacate con niveles apropiados de biodiversidad.

CONCLUSIÓN

Las abejas detrás del guacamole son el eslabón clave para la polinización y producción del aguacate. Sin embargo, la producción y manejo intensivo del aguacate está ocasionando

la disminución de las abejas e insectos nativos dentro y en las inmediaciones de las huertas de aguacate, por lo que es necesario generar estrategias para conservar a las abejas y poder seguir comiendo un delicioso guacamole.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aizen M.A. & Feinsinger P. (2003). Bees not to be? Responses of insect pollinator faunas and flower pollination to habitat fragmentation. In *How landscapes change: human disturbance and ecosystem fragmentation in the Americas*. 162:111-129. https://doi.org/10.1007/978-3-662-05238-9_7.
- Castañeda-Vildózola A., Equihua-Martínez A., Valdés-Carrasco J., Barrientos-Priego A.F., Ish-Am G., & Gazit S. (1999). Insectos polinizadores del aguacatero en los estados de México y Michoacán. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 5:129-136.
- Chen H., Morrell P.L., Ashworth V.E., De La Cruz M., & Clegg M. T. (2009). Tracing the geographic origins of major avocado cultivars. *Journal of Heredity*, 100(1), 56-65. <https://doi.org/10.1093/jhered/esn068>.
- Davenport, T. L., Parnitzki, P., Fricke, S., & Hughes, M. S. (1994). Evidence and significance of self-pollination of avocados in Florida. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 119(6), 1200-1207.
- Díaz-Castellanos, R. (2021). El mercado mundial de aguacate: 60 años del liderazgo de México y su impacto en la próxima década. *The Anáhuac Journal*, 21(2), 12-49. <https://doi.org/10.36105/theanahuac-jour.2021v21n2.01>.
- Dymond, K., Celis-Diez, J. L., Potts, S. G., Howlett, B. G., Willcox, B. K., & Garratt, M. P. (2021). The role of insect pollinators in avocado production: A global review. *Journal*

of Applied Entomology, 145(5), 369-383. <https://doi.org/10.1111/jen.12869>.

- Franco Sánchez, M. A., Leos Rodríguez, J. A., Salas González, J. M., Acosta Ramos, M., & García Munguía, A. (2018). Análisis de costos y competitividad en la producción de aguacate en Michoacán, México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 9(2), 391-403. <https://doi.org/10.29312/remexca.v9i2.1080>.
- Hurtado-Fernández, E., Fernández-Gutiérrez, A. & Carrasco-Pancorbo, A. (2018). Avocado fruit—*Persea americana*. *Exotic fruits*. 37-48. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803138-4.00001-0>.
- Ish-Am, G., Barrientos-Priego, F., Castañeda-Vildozola, A., & Gazit, S. (1999). Avocado (*Persea americana* Mill.) pollinators in its region of origin. *Revista Chapingo Serie Horticultura*. 5:137-143.
- Perez-Balam, J., Quezada-Euan, J. J., Alfaro-Bates, R., Medina, S., McKendrick, L., Soro, A., & Paxton, R. J. (2012). The contribution of honeybees, flies and wasps to avocado (*Persea americana*) pollination in southern Mexico. *Journal of Pollination Ecology*. 8:42-47. [https://doi.org/10.26786/1920-7603\(2012\)6](https://doi.org/10.26786/1920-7603(2012)6).
- Sánchez-Bayo, F., Goulson, D., Pennacchio, F., Nazzi, F., Goka, K., & Desneux, N. (2016). Are bee diseases linked to pesticides? A brief review. *Environment international*. 89-90:7-11. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2016.01.009>.



EL AGUACATE, DE RESIDUOS A ENERGÍA

Janik Yunuen Ayungua Gutiérrez ¹ y Víctor Manuel Ruiz García ¹

¹Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), janikgtz@gmail.com

El aguacate es un alimento típico en los platillos mexicanos, y Michoacán es un referente a nivel nacional, incluso produce el 50% del aguacate a nivel mundial, y es considerado el Estado que más exportaciones realiza en el mundo, no solo de aguacate, sino de productos como guacamole y pulpa. Lo anterior nos lleva a generar residuos de pulpa, cáscara y semilla de aguacate, por lo que existe un potencial para transformarlos en energía. Específicamente, se pueden producir biocombustibles gaseosos como el biogás, mediante procesos de digestión anaerobia en ecotecnologías llamadas biodigestores. El biogás puede utilizarse para generar calor, y utilizarlo principalmente en nuestros hogares y comercios, pero también existe un subproducto llamado biol, el cuál es un fertilizante orgánico rico en nutrientes para utilizarse en huertos de traspatio o invernaderos. Mediante este tipo de ecotecnologías es posible aprovechar residuos orgánicos, satisfacer las necesidades energéticas de la población y cuidar el medio ambiente.

Palabras clave: biodigestor, biofertilizante, biogás y bioenergía.

México es bien conocido a nivel mundial por dos grandes cosas: el tequila «se escucha de fondo un grito de mariachi», y el aguacate « ¡qué sabroso! ». Es un poco complicado dimensionar las grandes cantidades de aguacate que se consumen todos los días en todo el mundo, pero echemos un vistazo al famoso “contexto”. El aguacate ha estado presente en nuestras vidas desde hace más de 10 mil años, ha pasado de la cocina a rutinas de belleza e incluso a ser el invitado estrella en distintas actividades deportivas, un ejemplo de esto es que no hay final de Super Bowl sin acompañar los nachos con “wuacamollee”, como dirían nuestros vecinos de EE. UU., y en México, tampoco se arma la carnita asada sin su “guacamolito” que lo acompañe, ¿o no?

En los últimos años, el estado de Michoacán ha sido el productor #1 a nivel nacional, y a continuación te dejamos varios datos importantes sobre la situación actual del aguacate en el país (SIAP, 2022):

Michoacán es el estado que más produce aguacate hasta el día de hoy y también es el estado que más exporta, o sea, que muchos de los aguacates que se producen en nuestro estado terminan en las mesas y bocas de otras personas del mundo, se estima que el 50% del aguacate mundial se produce en Mi-

-choacán. México envía sus aguacates a más de 30 países, pero cerca del 95% de ese total lo adquieren 6 países: Estados Unidos, Canadá, Japón, El Salvador, Honduras y Francia. Algunos otros países que disfrutan de nuestro oro verde son: China, Corea del Sur, Chile, España, Reino Unido, Australia, Países Bajos, etc., solo por mencionar algunos (SIAP, 2023).

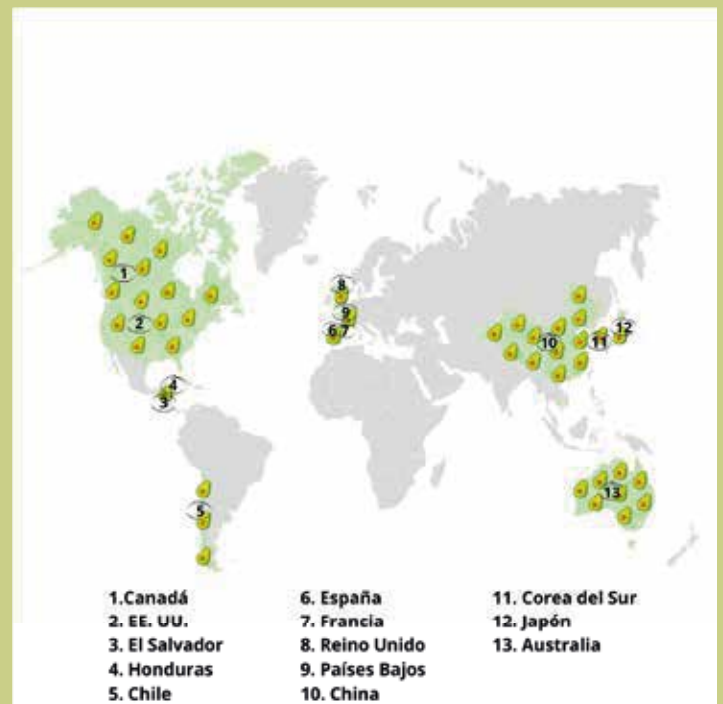


Figura 2. Países principales a donde llega el aguacate mexicano en 2023. Fuente: Elaboración propia con información del (SIAP, 2023).

Datos que no sabías de la producción de aguacate

EN MÉXICO

De los **32** estados que conforman al país, **29** tienen cultivos de aguacate.



MICHOACÁN, PRINCIPAL PRODUCTOR

Michoacán cuenta con 176,179 hectáreas sembradas, es como tener 7 lagos de Pátzcuaro llenos de árboles de aguacate.



De febrero del 2022 a febrero 2023...

Esto es el aporte de los estados productores de aguacate del total de la producción del país.



Hectáreas (ha) de cultivo de aguacate

El área de cultivo de Michoacán supera por 6 veces al área de Jalisco y por 6,776 veces a Tamaulipas.

En el 2022

Michoacán tuvo una producción anual de **1.8 millones de toneladas** de aguacate, esto es aproximadamente el peso de **36 barcos** como "El Titanic", que pesaba 52 toneladas.



México también exporta...



Guacamole y pulpa de aguacate, de hecho, como país, cubrimos el **97%** del aguacate (en sus diferentes presentaciones) que se consume en EE. UU.

Referencias: SIAP. (2022). Producción Agrícola. Recuperado el 28 de junio de 2023, de Producción Anual Agrícola: <https://rubes:siap.gob.mx/cierreagricola/>

Y te preguntarán, **¿qué tienen que ver conmigo tantos numeritos de la producción y exportación de aguacate, si yo no soy aguacatero?** Bueno, pues porque el aguacate que se exporta en forma de guacamole o solamente la pulpa, deja residuos. Aproximadamente, por cada tonelada de aguacate cosechada, el 45% son cáscaras y semillas (Hernández, 2018) que terminan siendo materia sin uso que se destina a un relleno sanitario o que son tirados a cielo abierto, generando problemas ambientales, como la contaminación de ríos, lagos, mantos acuíferos y la degradación de suelos. Todos estos problemas, terminan por afectar a la población.

Ahora, suenan muy atractivas todas las cifras mencionadas anteriormente, donde mencionamos la importancia y la capacidad que tiene Michoacán para seguir siendo el exportador de aguacate #1 a nivel mundial, pero, *¿te imaginas no solo destacar por ser grandes exportadores, sino que además de eso, destacar porque también nos hacemos responsables de los residuos que generamos para ayudar a reducir las emisiones contaminantes que nos afectan a todos?*

Esto puede ser posible a partir de una **revalorización de los residuos**, es decir, encontrarle un uso que le pueda dar una utilidad a los residuos de aguacate, generando un valor que puede ser económico o energético. Existen muchas maneras de hacerlo, y una de esas es un proceso biológico llamado **"digestión anaerobia"**.

La *digestión anaerobia* es un proceso similar a la digestión que tenemos los seres humanos, los alimentos que ingerimos se procesan, aprovechan los nutrientes para nuestro cuerpo y el resto sale en forma de heces y gases. De esta misma manera funciona la digestión anaerobia, pero en lugar de heces, se genera **biol** y en vez de gases, se genera **biogás**.

El biogás generado, se puede combustionar en una parrilla y generar calor para cocinar alimentos o calentar agua, y en grandes can-

Figura 1. Infografía de datos importantes sobre la producción de aguacate en nuestro país. Fuente: Elaboración propia con información del (SIAP, 2022).

tidades, el biogás también se puede utilizar para la generación de energía eléctrica. Por otra parte, el biol es un fertilizante natural y líquido de color oscuro, rico en nutrientes que puede ayudar a la restauración de suelos y se puede añadir al riego diario de las plantas de cultivo y a las de nuestro hogar. Este proceso se realiza en un dispositivo llamado biodigestor, que es un contenedor sellado completamente para evitar que entre oxígeno y es alimentado por los residuos orgánicos.

Otro beneficio importante de la digestión anaerobia, es que además de poder procesar todo el volumen de residuos generados, el biogás que se produce puede ayudar a aquellas personas que se ven afectadas por la falta de combustibles para generar y satisfacer tareas básicas, por ejemplo: calentar agua, cocinar sus alimentos o calentar los espacios de la vivienda en las temporadas invernales.

En Michoacán, cerca de un millón de personas usan la leña como combustible principal en fuegos abiertos para cocinar o para calentar sus hogares, esto provoca enfermedades respiratorias y en algunos casos, las muertes prematuras de los usuarios (Valenzuela,

2022). El uso de biogás a partir de residuos de aguacate, es una alternativa para diversificar los combustibles que pueden ser utilizados por la población. El biogás no debe entenderse como una solución única, simplemente es un complemento al uso de combustibles usados actualmente. El biogás con fines de generación de calor, tiene la ventaja de contribuir a reducir las emisiones contaminantes, aprovechar residuos orgánicos y debe entenderse como una generación de energía descentralizada con enfoque en las zonas energéticamente más vulnerables del estado, incluyendo los sectores residencial, comercial e industrial de pequeña escala.

Respecto a las tecnologías que realizan los procesos de digestión de los residuos de aguacate, debe existir un impulso para que sean fabricadas nacionalmente, lo que permitirá generar mercados locales y regionales que contribuyan al aprovechamiento de los residuos de aguacate con fines energéticos.

En el estado, ya existen proyectos piloto del uso de biodigestores en comunidades de la región Pátzcuaro-Zirahuén, también existen biodigestores prefabricados que se pueden



Figura 3. Biodigestor tipo bolsa. Fuente: Elaboración propia

encontrar en el mercado para uso particular, en general, los biodigestores son ecotecnologías con grandes beneficios para el usuario y son relativamente fáciles de operar y adquirirlos.

Así que la próxima vez que estés disfrutando de un guacamole, recordarás que existen beneficios que se pueden obtener de la cáscara, la semilla y los residuos de pulpa del aguacate. Incluso, los biodigestores funcionan con la mayoría de los residuos orgánicos, por lo que resulta atractivo tener uno en casa para producir biogás que puedes utilizar para cocinar o calentar el hogar, y al mismo tiempo utilizar el biol para tus plantas ornamentales o tu huerto de traspatio. Si queremos ser una sociedad que se ocupa por el cuidado del ambiente y transitar a energías renovables debemos empezar de inmediato.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos por las facilidades para la elaboración de este documento, al Laboratorio de Innovación y Evaluación en Bioenergía (LINEB), así como al Laboratorio Nacional de Innovación Ecotecnológica para la Sustentabilidad (LANIES) proyecto 321202, ambos del Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad (IIES) de la UNAM, Campus Morelia.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Hernández, A. (2018). Residuos de aguacate podrían convertirse en biocombustible gracias a científicos mexicanos. *El Dictamen*.
- SIAP. (2022). Aguacate Mexicano: Otro protagonista del Super Bowl. *Secretaría de agricultura y desarrollo rural*. Recuperado el 27 de junio de 2023, de <https://www.gob.mx/siap/documentos/aguaca->

te-mexicano-otro-protagonista-del-super-bowl-293847

- SIAP. (2022). Producción Agrícola. *Secretaría de agricultura y desarrollo rural*. Recuperado el 28 de junio de 2023, de Producción Anual Agrícola: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
- SIAP. (2023). Escenario mensual de productos agroalimentarios: Dirección de Análisis Estratégico. *Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural*. Recuperado el 28 de junio de 2023, de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/839202/Aguacate_Junio.pdf
- Valenzuela, F. (2022). UNAM-Morelia analizará niveles de contaminación de estufas de leña. *El Sol de Morelia*.

La historia detrás de mi guacamole busca dar a conocer y resaltar la importancia que tienen las abejas y otros insectos para el desarrollo y producción del llamado oro verde. Así como de las repercusiones negativas que tiene el incremento de las plantaciones de aguacate para sus polinizadores.

Palabras clave: Aguacate, agrosistemas, antropización, polinización, abejas.

Llega el fin de semana y en nuestro patio ya se percibe el aroma a carne asada y no puede faltar su complemento perfecto: “el guacamole”. El aguacate es un fruto amado por muchos, gracias a su aporte nutricional tanto de grasas insaturadas como vitaminas benéficas para la salud humana y por su textura suave y sabor inigualable (Hurtado-Fernández *et al.* 2018). Pero... ¿te has puesto a pensar en la historia que hay detrás de cada aguacate? La formación de cada aguacate depende de la polinización, pero ¿Quién o quienes son los responsables de su polinización?, ¿Acaso será el viento?; lo averiguaremos en seguida.

¿QUIÉN ESTÁ DETRÁS DE MI AGUACATE?

Su nombre “aguacate” deriva de la palabra náhuatl “ahuacatl” que significa testículo, haciendo referencia a la forma del fruto y que era considerado como el fruto de la fertilidad por los aztecas. El aguacate (*Persea americana Mill*) es nativo de Centro América y fue cultivado y domesticado por culturas mesoamericanas en la región de Tehuacán, Puebla, quienes transmitieron esta práctica a otras culturas como los Mayas y Olmecas. Por lo que el ser humano comenzó a disfrutar de este manjar desde 8000-7000 A.C. (Chen *et al.* 2009). Existe un poco de controversia de quien poliniza al aguacate. En algunos casos se ha reportado que las flores del aguacate se autopolinizan, es decir, los granos de po-

len llegan al estigma de la misma flor por acción del viento o la gravedad y no necesitan ningún insecto como intermediario (Davenport *et al.* 1994). Sin embargo, la intervención de los insectos para la polinización y producción del aguacate es esencial en la mayoría de los huertos de aguacate (Ish-Am, 2005) (Fig. 1).

En diferentes partes del mundo, incluido México y Centro América, la abeja de la miel *Apis mellifera* que es una especie exótica originaria de Europa es considerada el principal y más eficiente polinizador del aguacate (Dymond *et al.* 2021). Las colmenas de la abeja de la miel se introducen comercialmente durante la temporada de floración en la mayoría de los huertos de aguacate con fines de polinización (Ish-Am *et al.* 1999; Pérez-Balam *et al.* 2012). Sin embargo, existen diversos polinizadores silvestres que habitan en el bosque que pueden ser más abundantes en las flores de los aguacates que inclusive las abejas de la miel, pero su presencia y/o eficacia es poco conocida. Por ejemplo, en México, algunos insectos nativos como las abejas sin



Figura 2. Polinizadores silvestres del aguacate. A) Abeja: *Geotrigona acapulconis*, B) Avispa: *Brachygastra mellifica*



AGUACATE: UN PODEROSO ALIADO PARA TU PIEL

Miguel Avalos Viveros¹, Martha Estrella García Pérez¹

¹ Facultad de Químico Farmacobiología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
estrella.perez@umich.mx

Bajo una cáscara rugosa y un color que varía de acuerdo con el grado de maduración, se esconde una de las frutas más fascinantes: el aguacate. Elogiado por su textura, sabor y valiosas propiedades nutricionales, no deja a nadie indiferente. Se le han atribuido diversos beneficios para la salud, como la reducción de accidentes cerebrovasculares, el control de la presión arterial, propiedades antiinflamatorias e incluso se considera un afrodisíaco. Sin embargo, lo que no todos conocen es que también puede ser un poderoso aliado de tu piel. En este artículo, te ayudaremos a descubrir qué hace de esta emblemática fruta, originaria de México y América Central, una excelente alternativa para mejorar la salud de tu piel. Seguramente encontrarás nuevas razones para seguir considerándolo como uno de tus alimentos consentidos.

Palabras clave: *aguacate, antiinflamatorio, antioxidante, cutáneo, vitaminas.*

UN POCO DE HISTORIA...

El aguacate es una fruta bien conocida por los mexicanos desde mucho tiempo atrás. De hecho, se reporta que ya se consumía en el país desde los años 8000-7000 a. de C. (Barrientos-Priego & López-López, 2000). La evidencia más antigua de su uso se registra en una cueva en Coxcatlán, Tehuacán, Puebla. ¿Desde entonces harían guacamole? Aunque no lo sabemos con certeza, lo que es indiscutible es que esta delicia es irresistible para muchos (Figura 1).

La distribución del aguacate a nivel mundial fue impulsada por los españoles, quienes lo introdujeron en España en 1600 y luego se expandió por el resto del mundo (Barrientos-Priego & López-López, 2000). México, por su parte, es uno de los países con mayor diversidad de tipos de aguacate, cuenta con al menos 20 especies diferentes. Mas allá de su exquisito sabor, estos frutos pueden ser valiosos aliados para tu piel, y en este artículo te ayudaremos a descubrirlo.

¿QUÉ CONTIENE EL AGUACATE QUE LO

CONVIERTE EN UN BUEN ALIADO DE TU PIEL?

Tienes que saber que el aguacate es un alimento maravilloso, porque aporta prácticamente todas las vitaminas que vas a requerir en tu organismo a excepción de la vitamina B12. Las vitaminas predominantes en la pulpa fresca del aguacate Hass son: la vitamina A (85 mg/100 g de aguacate), vitamina D (10 mg/100 g de aguacate), vitamina K (8 mg/100 g de aguacate), biotina (10 mg/100 g de aguacate), ácido fólico (32 mg/100 g de aguacate) y vitamina C (14 mg/100 g de aguacate) (Tovar & Ángel, 2003). Todas esas vitaminas te ayudan a mantener una piel saludable.

¿Alguna vez has escuchado hablar del retinol para combatir los signos de la edad? Bueno, pues se trata de un derivado de la vitamina A que estimula la producción de colágeno y retrasa la aparición de arrugas. La vitamina C es un reconocido antioxidante que te ayudará a disminuir esas incómodas manchitas que pueden aparecer en tu piel. La vitamina E también funciona como un antioxidante capaz de proteger a tu piel del daño causado por los rayos ultravioleta (UV) del sol. En cuanto a la vitamina D, podemos decirte que se produce en tu piel y que te

ayudará en la cicatrización de heridas y en el crecimiento del cabello.

Además, el aguacate se destaca como una fuente rica en aminoácidos, considerados como unidades estructurales de las proteínas. Una de las proteínas con mayor importancia para la piel es el colágeno ya que mantiene a la piel visiblemente firme y tersa. En la pulpa del aguacate Hass, se encuentran especialmente los aminoácidos valina (63 mg/100 g de aguacate), lisina (59 mg/100 g de aguacate), fenilalanina (48 mg/100 g de aguacate) e isoleucina (47 mg/100 g de aguacate) (Tovar & Ángel, 2003). La lisina contribuye al aumento de la producción de colágeno en tu piel, mientras que la fenilalanina desempeña un papel importante en la formación de melanina; un pigmento que tu piel necesita para protegerse del sol. El aguacate también contiene ácidos grasos saludables, particularmente ácido linoleico, que es considerado el ácido graso más abundante de la piel. Cuando falta el ácido linoleico, la piel tiende a volverse reseca y escamosa (Tovar & Ángel, 2003).

De igual manera, el aguacate se presenta como una fuente natural de minerales, destacando su contenido de potasio (463 mg/100 g de aguacate), magnesio (41 mg/100 g de aguacate), fósforo (40 mg/100 g de aguacate) y calcio (10 mg/100 g de aguacate) (Tovar & Ángel, 2003). El calcio desempeña un papel muy importante en la regulación de la función de la barrera cutánea, fortaleciendo la capacidad de la piel para protegerte de las agresiones del medio ambiente. El magnesio cumple funciones similares a las del calcio, además, participa en el metabolismo de las células y su deficiencia se ha asociado con reacciones alérgicas en la piel. El fósforo ayuda a las células de la piel a repararse después de agresiones externas, mientras que el potasio contribuye a mantener la piel hidratada, protegida y nutrida.

La pulpa de aguacate contiene también unas moléculas llamadas polifenoles, parti-

cularmente procianidinas y ácidos hidroxi-benzoicos, considerados excelentes antioxidantes con propiedades antimicrobianas que pueden proteger tu piel contra infecciones.

¿Qué puede hacer el aguacate por tu piel? Como has podido apreciar, son numerosos los beneficios que ofrece el aguacate; por lo que el nombre de “oro verde” le hace honor a esta extraordinaria fruta. A continuación, enumeramos algunas de sus propiedades más importantes para la piel.

HIDRATA TU PIEL

¡Una piel hidratada es una piel feliz, joven y reluciente! Un componente esencial para mantener la hidratación en la piel es la presencia de ácido hialurónico, cuya función consiste en unirse al agua y retenerla en la superficie de la piel, proporcionándole hidratación. El aguacate, gracias a su contenido de vitamina A, ayuda a estimular la producción de ácido hialurónico, contribuyendo así a mantener la hidratación.

NUTRE TU PIEL

Como te habíamos explicado anteriormente, el aguacate es una fuente de vitaminas E y C, potasio, ácido linoleico, lisina y biotina, elementos fundamentales para nutrir y mantener tu piel en óptimas condiciones. La carencia de biotina, por ejemplo, puede desencadenar salpullido, uñas quebradizas y pérdida del cabello, además, de que tu piel puede hacerse más susceptible a infecciones por hongos, como *Candida albicans*. Por consiguiente, integrar el aguacate en tu dieta o aplicarlo directamente en la piel puede ayudarte a lucir una piel nutrida con aspecto saludable.

APORTA ELASTICIDAD



Figura 1. El aguacate: una fruta altamente apreciada por sus propiedades nutricionales y los múltiples beneficios que aporta a la piel. Imágenes tomadas de Pexels.

En estudios recientes, se ha demostrado que incorporar aguacate en la dieta diaria puede tener efectos positivos en la elasticidad y firmeza de la piel del rostro (Henning *et al.*, 2022). La presencia de vitamina A en el aguacate juega un papel importante al estimular la producción de colágeno y elastina en la piel, lo que a su vez contribuye significativamente a mejorar su flexibilidad y firmeza.

AYUDA A PREVENIR LA APARICIÓN DE MANCHAS

Las manchas en la piel pueden originarse por diversas razones, entre las que se incluyen factores genéticos, hormonales y medioambientales; todos vinculados a un aumento en la producción de melanina. La tirosinasa, una enzima clave en este proceso, impulsa la generación de melanina, por

lo que al inhibir su actividad se puede prevenir la aparición de estas molestas manchas. El aguacate, al contener inhibidores de esta enzima, como las procianidinas y la vitamina C, se presenta como un aliado para mantener tu piel libre de manchas.

TE AYUDA EN LA CICATRIZACIÓN DE HERIDAS

El aceite de aguacate potencia la síntesis de colágeno y disminuye el porcentaje de células inflamatorias que rodean las heridas cutáneas, por consiguiente, acelera el proceso de cicatrización (Poljšak *et al.*, 2020). Protege la piel contra los efectos negativos de los rayos UV del sol

Las radiaciones UV del sol a las que se expone tu piel son las grandes perpetradoras del envejecimiento prematuro, a través de

la formación de especies oxidantes que, en concentraciones elevadas, interfieren con la síntesis de colágeno y elastina. Además, la exposición a la radiación UV ocasiona inflamación en la piel. El aguacate, rico en compuestos antioxidantes y antiinflamatorios como polifenoles y vitaminas C, E y A, puede mitigar la actividad perjudicial de las especies oxidantes generadas por la radiación UV.

Este efecto siempre será mejor si además utilizas protectores solares, que son productos que contienen ingredientes activos que pueden absorber la radiación UV.

CONCLUSIÓN

Sin duda, el aguacate sigue destacándose como una fruta de gran valor, no solo por sus propiedades nutricionales, sino también por los numerosos beneficios que puede aportar a la piel. Muchos científicos continúan investigando para aprovechar al máximo los múltiples beneficios que aporta el aguacate en aras de desarrollar nuevos productos nutricionales y cosméticos. Mientras tanto, sigamos degustando de esta fruta en un rico guacamole y aprovechemos sus bondades tanto para nuestro paladar como para el cuidado de nuestra piel.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barrientos-Priego, A.F., & López-López, L. (2000). Historia y genética del aguacate. El aguacate y su manejo integrado. *Mundi-Prensa*, 19–31.
- Henning, S. M., Guzman, J. B., Thames, G., Yang, J., Tseng, C.-H., Heber, D., Kim, J., & Li, Z. (2022). Avocado Consumption Increased Skin Elasticity and Firmness in Women—A Pilot Study. *Journal of Cosmetic Dermatology*, 21(9), 4028–4034. <https://doi.org/10.1111/jocd.14717>

- Pinterest. (s/f). Pinterest. Imágenes recuperadas el 28 de julio de 2023, de <https://www.pinterest.com.mx/>
- Poljšak, N., Kreft, S., & Kočevar Glavač, N. (2020). Vegetable butters and oils in skin wound healing: Scientific evidence for new opportunities in dermatology. *Phytotherapy Research*, 34(2), 254–269. <https://doi.org/10.1002/ptr.6524>
- Tovar, O., & Ángel, M. (2003). Valor nutricional de la pulpa fresca de aguacate Hass. *Proceedings V World Avocado Congress (Actas V congreso Mundial del Aguacate)*, 741–748.



MICROORGANISMOS CON BENEFICIOS GIGANTES PARA LOS CULTIVOS

Frédérique Reverchon¹, Alfonso Méndez Bravo²

¹Red de Diversidad Biológica del Occidente Mexicano, Centro Regional del Bajío, Instituto de Ecología, A.C., Pátzcuaro, Michoacán

²CONAHCYT – Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Morelia, Laboratorio Nacional de Análisis y Síntesis Ecológica, Universidad Nacional Autónoma de México, Morelia, Michoacán

El cultivo de aguacate se enfrenta a diversos retos, como la pérdida de fertilidad del suelo y la expansión de plagas y enfermedades, que merman su productividad. Para alcanzar una agricultura más sustentable, debemos buscar alternativas de manejo agrícola que sean amigables con el ambiente.

En este contexto, los microorganismos que viven en el suelo de huertos de aguacate o colonizan las raíces y hojas de los aguacates representan una fuente prometedora de biofertilizantes y biofungicidas.

Palabras clave: Biocontrol, Biofertilizante, Bacterias Promotoras de Crecimiento Vegetal, Phytophthora

El árbol de aguacate (*Persea americana* Mill.) es de gran importancia económica, social y cultural en nuestro país. México es el primer productor y exportador de aguacate a nivel mundial, y el Estado de Michoacán ocupa el primer lugar a nivel nacional en cuanto a producción y superficie de cultivo (FAOSTAT, 2023). Sin embargo, la productividad de los huertos está limitada por distintos problemas, como la degradación del suelo o la presencia de plagas y fitopatógenos (microorganismos que pueden causar enfermedades en las plantas).

La manera más común de atender estos problemas es a través del uso de agroquímicos; sin embargo, existe mucho interés por lograr implementar prácticas de manejo que sean más amigables con el ambiente y la salud humana. En este sentido, se han buscado alternativas basadas en el uso de microorganismos como sustitutos de productos agroquímicos.

Los microorganismos que habitan el suelo o los tejidos de las plantas son particularmente interesantes, ya que proveen muchos beneficios a los agrosistemas y pueden ser incluso usados como biofertilizantes o para el control biológico. Algunos microorganismos contribuyen a que los nutrientes presentes en

el suelo puedan ser utilizados por las plantas para su crecimiento. Otros microorganismos producen sustancias que funcionan como “hormonas del crecimiento” para las plantas, ayudándoles a crecer mejor y aumentar su tolerancia al estrés causado por condiciones ambientales difíciles.

Algunas bacterias u hongos también pueden ayudar a las plantas a protegerse de insectos plaga o de microorganismos patógenos, fortaleciendo su sistema inmune o produciendo compuestos antimicrobianos que funcionan como antibióticos (Méndez-Bravo et al., 2018).

En nuestro grupo de investigación, hemos estado trabajando en establecer una colección de microorganismos asociados con el cultivo del aguacate, con el objetivo de seleccionar aquellos que pudieran ser buenos candidatos para su aplicación como biofertilizantes o biofungicidas en campo. Las muestras que hemos colectado provienen de huertos de aguacate de distintos municipios de Michoacán, Veracruz, e incluso de California (Estados Unidos).

Hemos aislado bacterias y hongos que habitan el suelo adherido a las raíces de los árboles de aguacate, que colonizan su corteza y sus hojas, que estén presentes en su néctar o

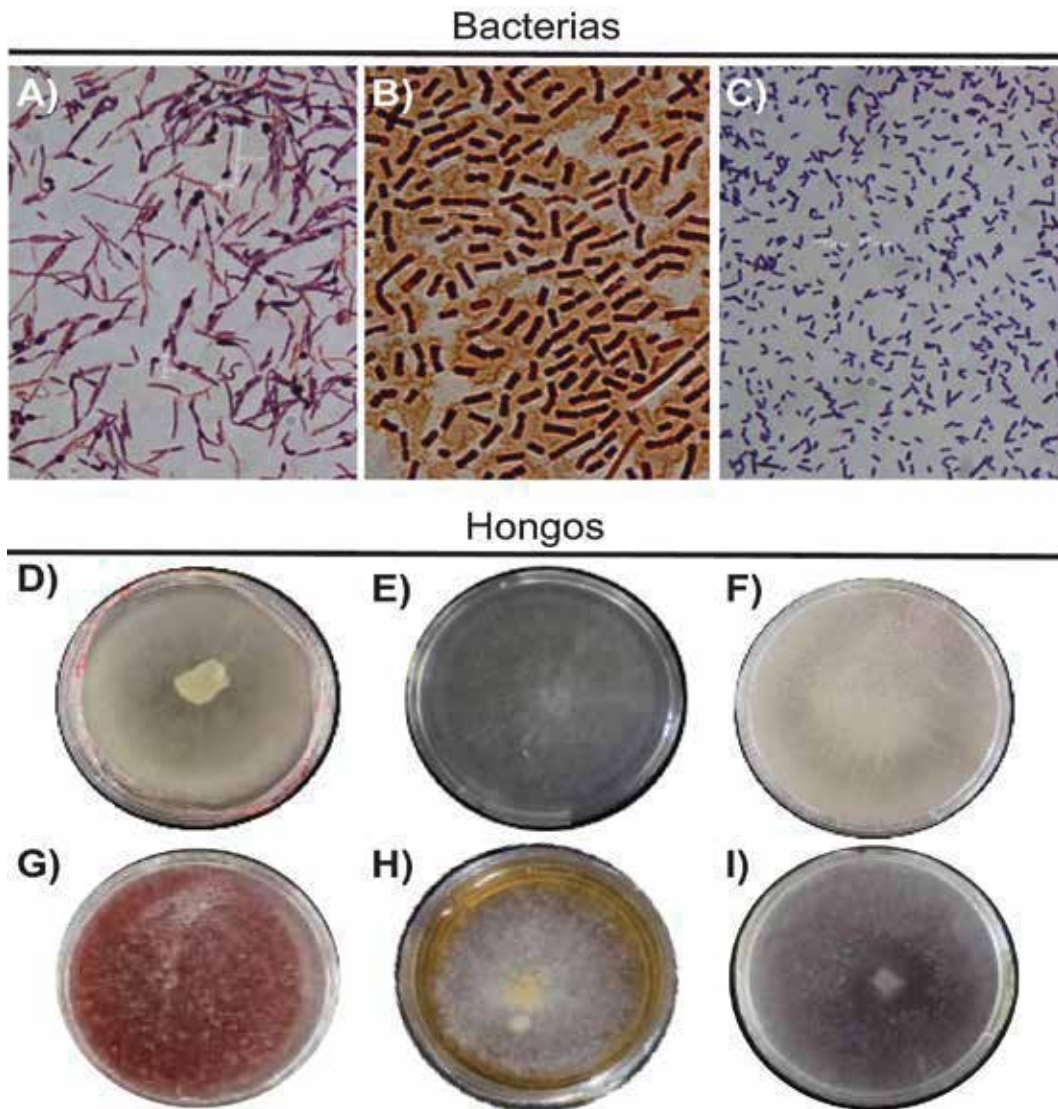


Figura 1. Algunos microorganismos (bacterias rizosféricas y hongos endófitos) de la colección del Laboratorio de Microbiología Ambiental Pátzcuaro asociados con árboles de aguacate. A) *Bacillus* sp., B) y C) en proceso de identificación. D) *Mortierella* sp., E) – I) *Fusarium* spp. Créditos: Marian Cortazar y Emma Nieves

que viven en el interior de sus raíces y ramas (Figura 1).

Después de aislar los microorganismos y de cultivarlos en el laboratorio, realizamos pruebas para poder evaluar algunas de sus propiedades benéficas. Por ejemplo, determinamos si aquellos microorganismos pueden impedir el crecimiento de otros microorganismos patógenos del aguacate, como el de *Phytophthora cinnamomi* (responsable de la enfermedad conocida como “tristeza del aguacatero”), de los hongos llamados *Fusarium*, que causan marchitez, o de *Colletotrichum gloeosporioides* (causante de antracnosis en el fruto).

En estos experimentos, hemos observado que bacterias del género *Bacillus* tienen la

capacidad de reducir hasta en un 80% el crecimiento de diversos fitopatógenos en condiciones de laboratorio, debido a que producen compuestos antifúngicos como péptidos o alcoholes en forma volátil que deforman los filamentos (conocidos como “hifas”) que desarrollan los hongos durante su crecimiento (Guevara-Avendaño *et al.*, 2020; Figura 2).

También hemos observado que algunas levaduras del néctar de aguacate tienen la propiedad de disminuir los síntomas de antracnosis en el fruto (Figura 2). ¡Estos microorganismos podrían ser la base de poderosos fungicidas!

Posteriormente, verificamos si estos microorganismos que son capaces de dañar a los fitopatógenos no son agresivos para las plan

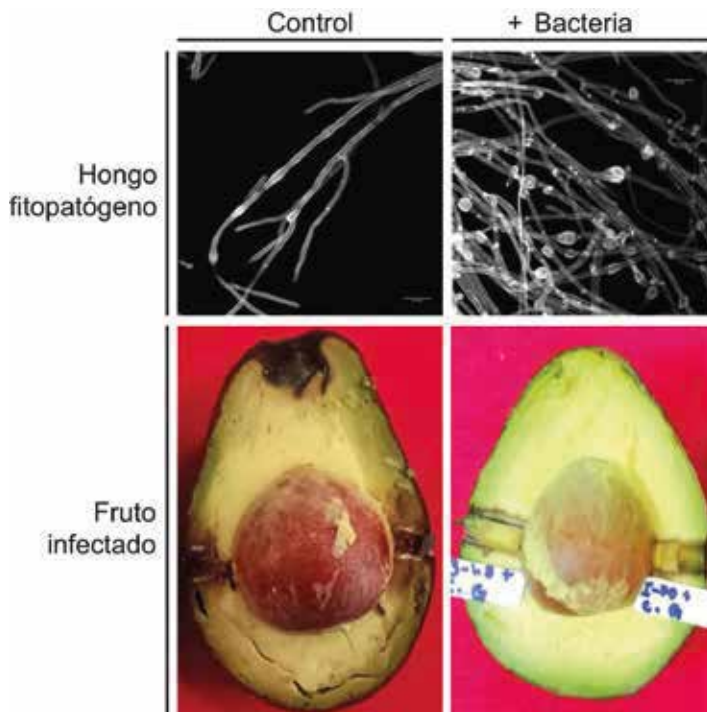


Figura 2. Imágenes superiores: Hifas del hongo patógeno de aguacate *Fusarium kuroshium*, creciendo sin bacteria (control) y en contacto con una bacteria biocontroladora. Se observa la deformación de las hifas cuando el hongo está en contacto con la bacteria; fotografías capturadas por microscopía confocal. Créditos: Mónica Ramírez y Monserrat Marín. Imágenes inferiores: frutos de aguacate Hass infectados con el patógeno *Colletotrichum gloeosporioides*, con o sin la presencia de una bacteria proveniente del néctar floral de aguacate. Créditos: César Medina.

tas, y si pueden, por el contrario, estimular su desarrollo. En condiciones de laboratorio, evaluamos si pueden promover el crecimiento de plantas que tienen un desarrollo o un ciclo de vida rápido, como *Arabidopsis*, para poder obtener un diagnóstico temprano y estudiar muy de cerca las interacciones entre la planta y la bacteria o el hongo a evaluar. Verificada la actividad biofertilizante in vitro del microorganismo seleccionado, implementamos pruebas piloto en invernadero.

Hemos encontrado que algunas bacterias que viven en el suelo o en las raíces del aguacate pueden promover el desarrollo de plantas de tomatillo, y hacerlas florecer ¡hasta un mes antes que las plantas sin bacterias! (Méndez-Bravo *et al.*, 2023) También hemos evaluado la actividad de la bacteria más prometedora de nuestra colección (un bacilo llamado “A8a”) en árboles de aguacate, que infectamos artificialmente con el patógeno *Phytophthora cinnamomi* para causar su marchitez. Un mes después de la infección,

las plantas tratadas con “A8a” tenían casi 50% menos síntomas de marchitez que las plantas no tratadas (Figura 3). ¡Esta bacteria es la superhéroe de nuestro Laboratorio!

CONCLUSIÓN

Finalmente, una pregunta que queremos contestar es: ¿Cómo podemos orientar nuestra búsqueda de microorganismos benéficos, para detectarlos de manera más rápida? Para ello, hemos empleado métodos moleculares que nos permiten estudiar el microbioma del aguacate, es decir el conjunto de todas las bacterias y todos los hongos que habitan su rizosfera.

Comparando el microbioma de árboles sanos y de árboles enfermos, podemos inferir cuáles son los microorganismos que sólo se



Figura 3. Árbol de aguacate infectado por *Phytophthora cinnamomi*, sin inocular (izquierda) o co-inoculado con una bacteria biocontroladora. Créditos: Edgar Guevara.

encuentran cuando la planta está sana.

Estos microorganismos son indicadores de una condición saludable, y podrían cumplir funciones de protección para la planta ante el patógeno. Por otra parte, los microorganismos que sólo se encuentran cuando la planta está enferma, son indicadores de la enfermedad y podrían ser utilizados para un diagnóstico temprano de la enfermedad, incluso an-

tes de que aparezcan síntomas. ¡El potencial de los microorganismos es inagotable!

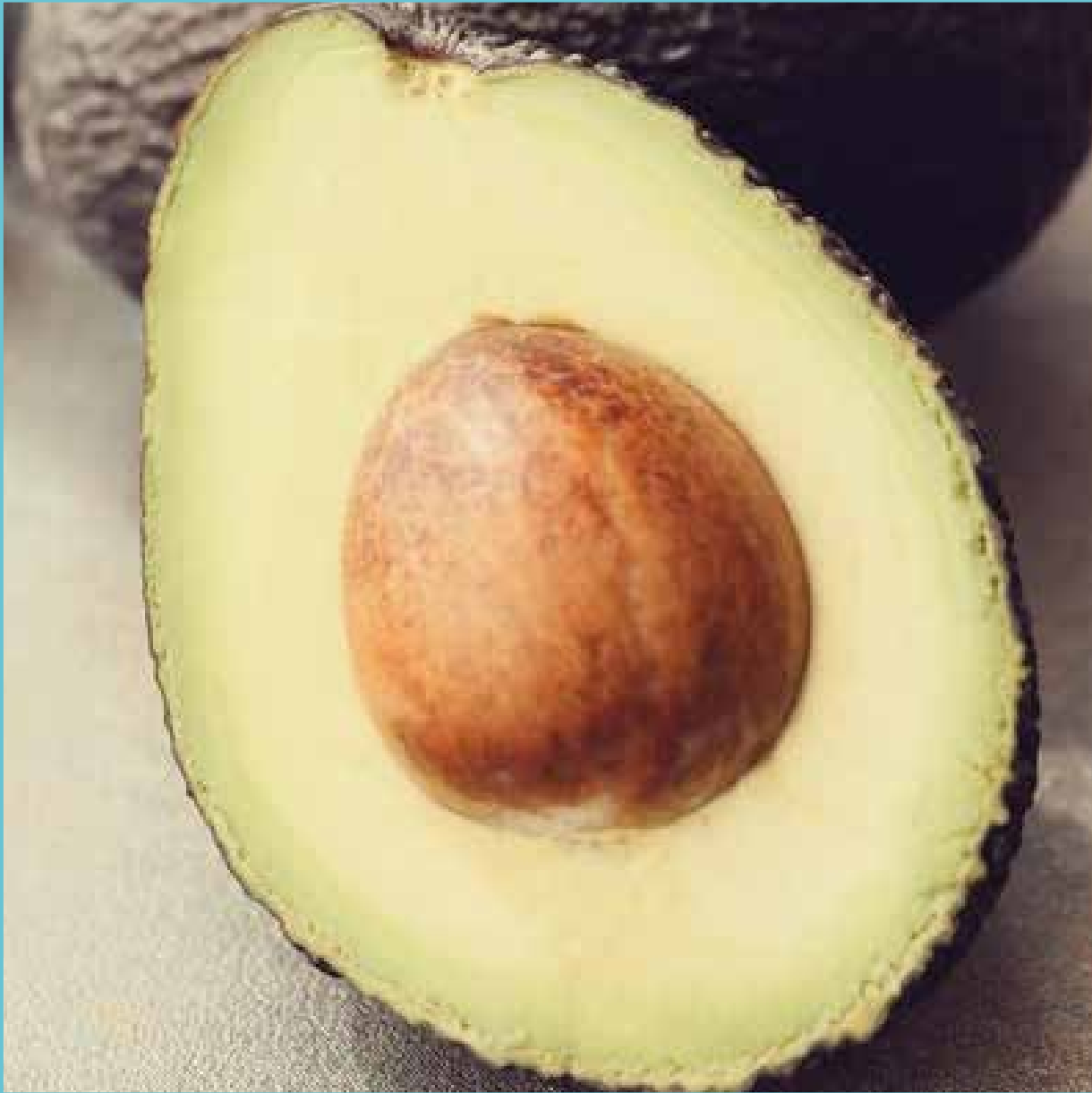
AGRADECIMIENTOS

A los productores que nos han permitido acceder a sus huertos y tomar muestras de suelo y de tejido vegetal. A las y los estudiantes del Laboratorio de Microbiología Ambiental Pátzcuaro del INECOL y del Laboratorio de Interacciones Planta-Microorganismos de la ENES-Morelia, quienes han contribuido a la elaboración de la colección de microorganismos y a la realización de los experimentos durante los últimos diez años. Agradecemos el apoyo financiero del CONAHCYT a través de los proyectos de Ciencia Básica no. AI-S-30794 y CB-2014-242999: “Efecto de una enfermedad vegetal sobre la estructura y la función de la comunidad microbiana rizosférica: la marchitez por *Phytophthora* y la rizósfera del aguacate”, y “Búsqueda de polimorfismos y mecanismos de resistencia en porta-injertos de aguacate de la raza mexicana *Persea americana* var. *drymifolia* tolerantes al ataque de *Phytophthora cinnamomi* Rands. basada en secuenciación masiva”, respectivamente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAOSTAT). 2023. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize>.
- Guevara-Avendaño, E., Bravo-Castillo, K. R., Monribot-Villanueva, J. L., Kiel-Martínez, A. L., Ramírez-Vázquez, M., Guerrero-Analco, J. A. & Reverchon, F. (2020). Diffusible and volatile organic compounds produced by avocado rhizobacteria exhibit antifungal effects against *Fusarium kuroshium*. *Brazilian Journal of Microbiology*, 51: 861-873. <https://doi.org/10.1007/s42770-020-00249-6>

- Méndez-Bravo, A., Cortazar-Murillo, E. M., Guevara-Avendaño, E., Ceballos-Luna, O., Rodríguez-Haas, B., Kiel-Martínez, A. L., Hernández-Cristóbal, O., Guerrero-Analco, J. A. & Reverchon, F. (2018). Plant growth-promoting rhizobacteria associated with avocado display antagonistic activity against *Phytophthora cinnamomi* through volatile emissions. *PLoS ONE*, 13(3): e0194665. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0194665>
- Méndez-Bravo, A., Herrera-Cornelio, L. C., García-Toscano, D. F., Kiel-Martínez, A. L., Guevara-Avendaño, E., Ramírez-Vázquez, M., Pérez-Bautista, Y., Méndez-Bravo, A. & Reverchon, F. (2023). Beneficial effects of selected rhizospheric and endophytic bacteria, inoculated individually or in combination, on non-native host plant development. *Rhizosphere*, 26: 100693. <https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2023.100693>



LA CADENA DE VALOR DEL AGUACATE MICHOACANO

Jaime Apolinar Martínez Arroyo, Marco Alberto Valenzo Jiménez, Arcadio González-Samaniego¹

¹Facultad de Contaduría y Ciencias Administrativas de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, jmartinez@umich.mx, marco.valenzo@umich.mx, arcgonza@hotmail.com

Este trabajo tiene el propósito de mostrar la importancia de la cadena de valor en las organizaciones, ya que, por medio de su estudio y análisis se pueden encontrar actividades creadoras de valor y que representan una ventaja competitiva para los productores de aguacate. Se considera a Michael Porter como su creador, además se muestra la cadena de valor del aguacate michoacano, la cual es un ejemplo de éxito comercial y económico en el terreno de las exportaciones de aguacate.

Palabras clave: Cadena de valor, Aguacate, Competitividad.

En algún momento todos hemos escuchado lo que es y lo que significa la palabra cadena, con ello, experimentamos diversos sentimientos. El diccionario de ciencias de la educación la define como: “La sucesión lineal de actividades necesarias, en la que cada actividad depende de la anterior y fundamenta la siguiente de manera que forman un circuito” (Sánchez Cerezo, 1983, pág. 209).

En cualquier ámbito, cada eslabón de una cadena por sí solo resulta hasta cierto punto de poca utilidad, pero cuando se unen o agrupan los eslabones, el resultado es la formación de un producto de gran utilidad y valor. Es indudable que en la unidad de los eslabones es donde radica su fortaleza, este es el principio básico de la conformación o mapeo de una cadena de valor, en la que se busca que todos los eslabones de la cadena sean fuertes para ofrecer al final un producto de alto valor agregado.

Manteniendo esta idea, es relevante mencionar que casi toda actividad humana está relacionada a una cadena de valor, por mencionar algunas: la educación, la dinámica familiar, los deportes, cualquier fábrica, etcétera, que en conjunto mejoran la calidad de todas las actividades. Kaplinsky (2000), denomina cada actividad específica productiva en la cadena de valor como un “eslabón”. Por lo tanto, la cantidad y tipos de actividades específicas productivas o eslabones dependerán del rubro o industria a la que pertenezca la actividad económica. En las organizaciones, la cadena de valor establece que el proceso

de producción se mueve de manera lineal, desde la producción (la selección de materia prima), hasta etapas posteriores de mayor valor agregado (comercialización o venta).

Dentro de este orden de ideas, la cadena de valor es un concepto empresarial desarrollado por Michael Porter, que describe el conjunto de actividades que una empresa lleva a cabo para diseñar, producir, comercializar y entregar un producto o servicio al mercado, y la define como: “La herramienta de análisis que permite ver hacia adentro de la empresa, en búsqueda de una fuente de ventaja en cada una de las actividades que se realizan” (Porter, 2006, pág. 207).

Las actividades de la cadena de valor se agrupan en dos categorías principales: actividades primarias; son las actividades que están directamente involucradas en la creación física del producto, su venta y distribución, el soporte postventa. etc. y las actividades de apoyo; son las actividades que proporcionan el soporte necesario para que las actividades primarias se lleven a cabo de manera eficiente.

En términos agroalimentarios, la cadena de valor se refiere a una red de alianzas verticales o estratégicas entre varias empresas de negocios independientes. De tal forma que, la cadena de valor es una herramienta útil para analizar cómo una empresa crea valor en sus operaciones y cómo puede mejorar su eficiencia y competitividad al identificar las actividades clave en la cadena y evaluar su impacto en los costos y la calidad del pro-

ducto o servicio final. Las empresas pueden encontrar oportunidades para optimizar su desempeño y ofrecer mayores beneficios a sus clientes.

Ahora bien, es conveniente definir a qué consideramos “valor” y es la cantidad que los compradores están dispuestos a pagar por lo que un producto, servicio o alguna empresa les proporciona (Magazin, 2023, pág 8). Ese valor en el producto surge cuando, en cada proceso o eslabón de la cadena se trabaja con la mayor eficiencia y calidad, el cual al terminar todo el proceso, será un producto con alto valor agregado. Ahora bien, se mencionó anteriormente que todas las actividades productivas están dentro de una cadena de valor, y la agricultura no es la excepción, ésta es muy importante, ya que gracias a ella se produce una gran cantidad de alimentos necesarios para la población.

Uno de esos frutos es el aguacate, el cual es altamente demandado por los consumidores a nivel estatal, nacional e internacional, por su gran sabor y por los grandes beneficios que proporciona a la salud de las personas, así como por costumbres, tradiciones, celebraciones, etcétera. Esos beneficios, representan el valor agregado que toda la cadena del aguacate construyó para el consumidor final, y crea una imagen alrededor del fruto en los consumidores que influye en éstos para que consuman aguacate. La cadena de valor del aguacate se muestra en la figura 1, en ella se observan los eslabones que la forman y que intervienen directamente en la producción y comercialización del aguacate.

En este mismo sentido, y de acuerdo con la Comisión Michoacana del Aguacate (COMA),

en la cadena de valor del sistema producto aguacate, intervienen 11 agentes o actores económicos, los cuales actúan directa e indirectamente en la producción del aguacate, sin embargo, la teoría menciona que únicamente se considera como elemento de la cadena a los agentes que participan directamente en la producción del producto desde su etapa inicial hasta el transporte a los mercados nacionales e internacionales como se mostró en la figura 1.

Algunos de los servicios o productos que intervienen de manera indirecta en la producción y comercialización del aguacate son: Profesionales Prestadores de Servicios en los Sistemas Producto, S.C. (PROPESSPRO, S.C.), Servicios Unidos en Materia Agrícola, A.C., Investigadores y académicos, así como industriales (COMA, 2023).

Es oportuno mencionar que la cadena de valor del aguacate michoacano ha llevado a que Michoacán sea el número uno en exportación de aguacate en el mundo, principalmente debido al buen manejo de la información, a la constante evaluación y al reparto equitativo de los beneficios económicos entre los miembros de la cadena y sobre todo el establecimiento de objetivos comunes.

Debe señalarse que la cadena de valor se crea cuándo las empresas tienen una visión compartida y metas comunes, se forma para reunir objetivos específicos de mercado para satisfacer las necesidades de los consumidores. Esto permite tomar decisiones en conjunto, así como compartir los riesgos y beneficios.



Imagen 1. Cadena de valor de la producción de aguacate Fuente: Elaboración propia con datos de la Comisión Michoacana del Aguacate

También permite realizar una inteligencia cooperativa en: la estructura de costos, marketing e información organizacional que se comparten para aumentar la ganancia y competitividad de la cadena del valor. De igual forma, los miembros de la cadena de valor se benefician a través de la seguridad de la relación que ellos han establecido. Por ejemplo, el compromiso de un grupo de productores de suministrar productos de alta calidad, beneficia a otros miembros de la cadena. La participación del productor reduce la incertidumbre sobre la calidad y cantidad del producto para su posterior procesamiento y distribución.

Los ahorros de costos de logística resultarán en menores desperdicios si los productos se entregan en tiempo óptimo. Aunque los consumidores técnicamente no pueden ser miembros de la cadena del valor, los distribuidores que están más cerca de los consumidores finales son esenciales para el éxito de la misma, desde el punto de vista de la información que recogen de ellos.

La cadena del valor, por lo tanto, proporciona el marco de referencia para la realización de las transacciones de negocios, dando respuesta a las necesidades del consumidor: implica confianza y abre la comunicación entre sus participantes y los resultados son mutuamente beneficiosos para todas las partes que intervienen (Iglesias, 2002).

Finalmente, el éxito en las cadenas de valor requiere de un trabajo duro, dedicación y un entendimiento de las necesidades de aquellos con quien se ha formado la alianza o la red, como ha sido la dinámica en la cadena de valor del aguacate en Michoacán, es por eso que son los líderes exportadores en el mundo.

CONCLUSIÓN

Los agentes económicos de la cadena de valor juegan un papel en la determinación del desempeño de la misma que se mide en tér-

minos de dos resultados críticos: la competitividad de la cadena de valor y los beneficios. Estos dos resultados son interdependientes en las cadenas de valor.

Los beneficios de la cadena de valor no están limitados a retornos más altos, también están ligado a retornos más oportunos o fiables, menor riesgo, aumento del valor de los activos y oportunidades de aprendizaje. Las empresas con cadenas de valor que tienen más poder, habitualmente reciben los mayores beneficios en las transacciones comerciales. Por lo tanto, como se mencionó anteriormente, son aspectos clave del éxito de la cadena de valor michoacana en el aguacate, el establecimiento de objetivos comunes; manejar los flujos de información; evaluación del desempeño; la existencia de beneficios palpables para todos los implicados, construir confianza y establecer relaciones de trabajo cooperativo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) (2018). Articulación productiva y cadenas regionales de valor Una propuesta metodológica para la región SICA. Obtenido de: <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/0974935a-e4db-4ebc-843e-454fe1a42b36/content>
- Comisión Michoacana del Aguacate (COMA) (24 de julio de 2023). <https://mexicoo.mx/comision-michoacana-del-aguacate-a-c--2654446/directorio>
- Iglesias, H. (2002). "Cadena de valor como estrategia: Las cadenas de valor en el sector agroalimentario". Estación Experimental Agropecuaria Anguil. Obtenido de: <http://www.ciap.org.ar/Sitio/Archivos/Cadenas%20de%20Valor%20como%20Estrategia.pdf>

- Kaplinsky, R. (2000). Globalisation and Unequalisation: What Can Be Learned from Value Chain Analysis?. The Journal of Development Studies, 37(2). 4-7. <https://doi.org/10.1080/713600071>.
- Porter, M. (2006). Estrategia Competitiva. Compañía Editorial Continental.



EL SECRETO MEJOR GUARDADO DE LA NATURALEZA: DESCUBRIENDO LAS MARAVILLAS OCULTAS DEL AGUACATE

Fátima Guadalupe Velázquez González¹, Yudy Lorena Villamil Nieto^{1,2}, Omar Guzmán Quevedo¹

¹ Laboratorio de Neuronutrición Experimental e Ingeniería de Alimentos, Tecnológico Nacional de México (TECNM) / Instituto Tecnológico Superior de Tacámbaro.

² Facultad de Ciencias, Universidad Antonio Nariño, Colombia.

El aguacate, una fruta rica en nutrientes, se asocia con numerosos beneficios para la salud debido a sus grasas saludables, fibra, vitaminas, minerales y antioxidantes. Estudios han demostrado que puede contribuir a la pérdida de peso, reducir la presión arterial, equilibrar los niveles de glucosa en sangre y mejorar la sensibilidad a la insulina en pacientes diabéticos, el colesterol alto y triglicéridos. Sus grasas monoinsaturadas protegen el corazón, mientras que su fibra regula el apetito y la digestión, mientras que las vitaminas y minerales fortalecen el sistema inmunológico. Los antioxidantes del aguacate reducen el peso corporal, el colesterol y protegen las células de daño. Además, investigaciones recientes han demostrado, que aun la semilla, ayuda a reducir los efectos negativos de la obesidad. Siendo este fruto y todos sus nutrientes un aliado importante para la salud y el bienestar.

Palabras clave: aguacate, antioxidantes, obesidad

El aguacate es un fruto originario de México y Centroamérica rico en nutrientes, que se ha asociado con numerosos beneficios para la salud. En su interior, el aguacate alberga grasas saludables, fibra, vitaminas, minerales y antioxidantes, todos ellos vinculados a notables ventajas para el buen funcionamiento de nuestro organismo. Diversos estudios han demostrado que el aguacate puede contribuir a la pérdida de peso, reducir la presión arterial y los niveles de colesterol, además de mejorar la sensibilidad a la insulina, siendo así un aliado en el tratamiento de la diabetes (Urquiza Martínez *et al.*, 2023).

Este fruto extraordinario se convierte en un valioso elemento para aquellos que buscan mantener una dieta equilibrada y saludable. Sus grasas, en forma de ácidos grasos monoinsaturados, son como escudos protectores que mantienen el corazón a salvo de amenazas (James-Martin *et al.*, 2022). Además, su contenido de fibra es benéfico para nuestra digestión y control del apetito, lo que conlleva a consumir solo lo realmente necesario, evitando comer en exceso y desarrollar obesidad. Las vitaminas y minerales presentes en el aguacate son esenciales para nuestra salud ya que actúan en conjunto para fortalecer nuestro sistema inmunológico y mantener nuestras defensas siempre alerta frente a cualquier amenaza (Bangar *et al.*, 2022). Uno de los aspectos más importantes,

que se ha demostrado en estudios recientes, es la presencia de antioxidantes, estos protegen a las células de los radicales libres, los cuales representan especies químicas inestables que, al interactuar con otras moléculas, pueden inducir daño celular, un proceso que se conoce como estrés oxidativo. A través de sus efectos, los antioxidantes reducen los niveles de colesterol en la sangre de adultos obesos o con sobrepeso, además de preservar la juventud de nuestro cuerpo evitando el envejecimiento celular (Wang *et al.*, 2020).

En busca de los secretos que esconde el aguacate, se ha comenzado a estudiar los efectos que produce el consumo de su semilla. El interés nace a partir de saber que posee un alto contenido de antioxidantes, principalmente flavonoides, y que representa alrededor del 15% del peso total del fruto, el cual es desechado (Urquiza Martínez *et al.*, 2023). En una reciente investigación, se descubrió que la semilla de aguacate posee efectos benéficos, disminuyendo la concentración de radicales libres y la inflamación.

Dichos efectos provienen de los altos porcentajes de esteroides con propiedades antioxidantes, ayudando así a combatir el estrés oxidativo, y de ácidos grasos insaturados que contribuyen a elevar los niveles del llamado “colesterol bueno” (HDL) y reducir los niveles de “colesterol malo” (LDL) y con ello el riesgo

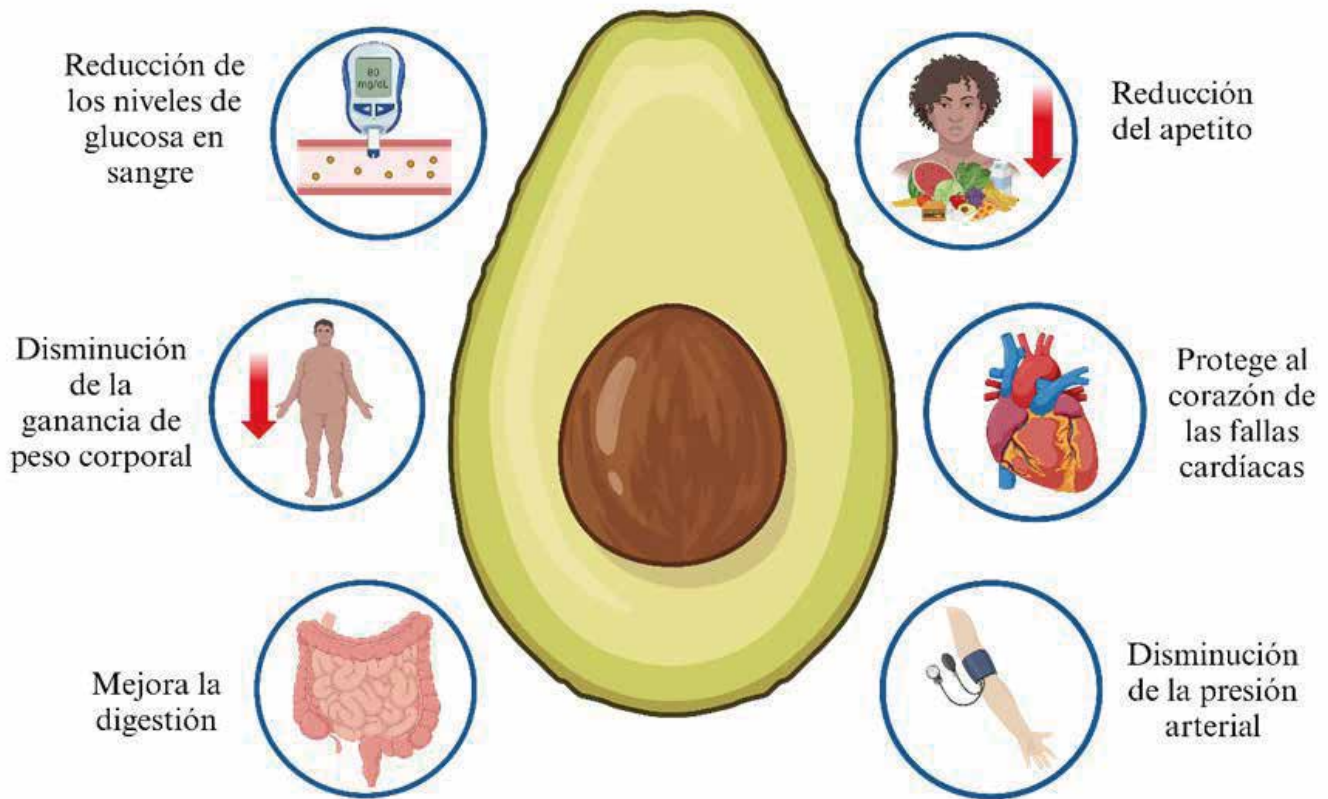


Figura 1. Efectos benéficos de la semilla de aguacate en la salud. Creada con BioRender.com

de enfermedades cardiovasculares (Alkhalaf *et al.*, 2019).

Además, los extractos provenientes de la semilla de aguacate lograron reducir los niveles de glucosa en sangre, ofreciendo una promesa de tratamiento para la diabetes (Ejiofor *et al.*, 2018). Un estudio reciente de nuestro laboratorio demostró que el consumo de semilla de aguacate mejora la salud cerebral y promueve una pérdida de peso corporal de ratones obesos (Velázquez-González *et al.*, 2023).

La semilla de aguacate puede ser aprovechada gracias a sus propiedades y moléculas que promueven la salud, como son los antioxidantes. En efecto, su capacidad para reducir colesterol y glucosa en sangre, además de combatir la inflamación y el envejecimiento la convierten en un aliado de la salud. La implementación de la semilla en la dieta puede traer grandes beneficios a la salud (Figura

1), por ello el siguiente paso en esta historia es examinar su aplicación en la industria alimentaria. Esto podría llevarse a cabo con el desarrollo de alimentos funcionales; los cuales son alimentos capaces de proporcionar nutrientes básicos y beneficios a la salud a través de su contenido de compuestos biológicamente activos como vitaminas, minerales, fibra dietética, ácidos grasos insaturados y antioxidantes.

Algunos productos como caramelos de semilla de aguacate, barras de pastel y galletas para diabéticos son ejemplos de alimentos funcionales que ya se hay investigado con éxito (Urquiza-Martínez *et al.*, 2023).

El aguacate, no solo ofrece propiedades desde su pulpa, sino que su semilla contiene compuestos poderosos que podrían aportar múltiples beneficios a la industria alimentaria y la salud humana. Aún quedan muchos secretos por descubrir de este maravilloso

fruto, sin embargo, su aprovechamiento total puede mitigar los residuos industriales, el impacto económico y ecológico que estos generan.

AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestro sincero agradecimiento al equipo del Laboratorio de “Neuronutrición Experimental e Ingeniería de Alimentos”, liderado por el Dr. Omar Guzmán Quevedo, por permitirnos trabajar en la investigación sobre los beneficios presentes en la semilla de aguacate. Explorar y aprovechar esta poderosa fuente de compuestos que representan un avance significativo en la lucha contra la obesidad y sus comorbilidades, además de desarrollar estrategias para su uso en la alimentación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alkhalaf, M. I., Alansari, W. S., Ibrahim, E. A., & Elhalwagy, M. E. A. (2019). Anti-oxidant, anti-inflammatory and anti-cancer activities of avocado (*Persea americana*) fruit and seed extract. *Journal of King Saud University-Science*. 31(4), 1358–1362. <https://doi.org/10.1016/J.JKSUS.2018.10.010>
- Bangar, S. P., Dunno, K., Dhull, S. B., Kumar Siroha, A., Changan, S., Maqsood, S. & Rusu, A. V. (2022). Avocado seed discoveries: Chemical composition, biological properties, and industrial food applications. *Food Chemistry: X*. 16:100507. <https://doi.org/10.1016/J.FOCHX.2022.100507>
- Ejiofor I.E. & Ezeagu, M.A. (2018). Hypoglycaemic and Biochemical Effects of the Aqueous and Methanolic Extract of *Persea americana* Seeds on Alloxan-Induced Albino Rats. *European Journal of Medicinal plants*. 26:1-12. <https://journalejmp.com/index.php/EJMP/article/view/740/1485>

- James-Martin, G., Brooker, P. G., Hendrie, G. A. & Stonehouse, W. (2022). Avocado Consumption and Cardiometabolic Health: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*. <https://doi.org/10.1016/J.JAND.2022.12.008>
- Urquiza Martínez, M. V., Villarreal, J. P., Valdez, Z. I. B., González, J. V., Torner, L., de Castro, R. M., Toscano, A. E., & Quevedo, O. G. (2023). Potential Exploitation of Residual Avocado (*Persea americana*) Seeds in the Development of Functional Foods with Glycemia- and Cholesterol-lowering Properties. *Bioprospection of Co-Products and Agro-Industrial Wastes*, 201–213. <https://doi.org/10.1201/9781003239994-14/>
- Wang, L., Tao, L., Hao, L., Stanley, T. H., Huang, K. H., Lambert, J. D., & Kris-Etherton, P. M. (2020). A Moderate-Fat Diet with One Avocado per Day Increases Plasma Antioxidants and Decreases the Oxidation of Small, Dense LDL in Adults with Overweight and Obesity: A Randomized Controlled Trial. *The Journal of Nutrition*, 150(2):276–284. <https://doi.org/10.1093/JN/NXZ231>





AGUACATE HASS.... EN BUSCA DE LA ETERNIDAD

Dr. Gerardo Loreto Gómez¹

¹ Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico Superior de Uruapan
gerardo.lg@uruapan.tecnm.mx

El aguacate es considerado uno de los frutos más ricos, además de su sabor y textura, las propiedades alimenticias que contiene han hecho que sea el fruto favorito de miles de personas, ¿Te imaginas, aguacates que nunca se echen a perder?, que llegues a tu casa del supermercado, los guardes en tu refrigerador y tengas aguacates que duren para siempre, ¿No más aguacates podridos?, ¿Puede la tecnología hacer que el aguacate sea eterno?

La tecnología que permite mantener el aguacate fresco ha existido durante mucho tiempo, sin embargo, no se ha podido lograr extender indefinidamente su vida útil, esto permitiría reducir la gran cantidad de desperdicio en alimentos que existen hoy en día. El objetivo de este artículo es conocer las diferentes tecnologías que están actualmente utilizándose para la conservación del aguacate cultivar Hass. Pero comencemos por el principio de esta historia, vamos a platicar sobre algunas características esenciales para entender su proceso de conservación.

Palabras claves: Aguacate, Atmósfera modificada, atmósfera controlada.

PROCESO DE MADURACIÓN DEL AGUACATE

El aguacate es del tipo de frutos denominados climatéricos, esto es, alcanzan la maduración solo después de haber sido separados del árbol, debido a que los aguacates no maduran en los árboles, no es fácil identificar cuando es el periodo de recolección adecuado. Si el fruto se recolecta antes, existe un alto riesgo de que la pulpa adquiera un sabor amargo, una textura muy firme y desagradable, además, de tener una menor cantidad de aceite. Por el contrario, si se deja mucho tiempo, podría madurarse muy rápidamente. Por lo tanto, es importante identificar cuándo es el momento adecuado para separar el aguacate del árbol, conocido como el estado de maduración fisiológica, ver figura 1.

El indicador de cosecha más sencillo es el realizado por inspección de la coloración externa del fruto, antes de alcanzar su madurez fisiológica, presenta un color verde brillante, pero a medida que la maduración avanza, el color se torna a un verde opaco, no se debe esperar que el fruto adquiera un color rojizo, ya que en ese momento se encuentra en un proceso avanzado de maduración fisiológica. Otro indicador de

maduración aceptado para su exportación a diferentes países es el porcentaje de materia seca, que consiste en determinar qué porcentaje del peso de una muestra, corresponde únicamente a la pulpa, una vez eliminando la cantidad de agua presente a través de un proceso de secado o deshidratado en un horno de microondas o en un horno convencional (Ordoñez y Rodríguez, 2019).



Figura 1. Cambios asociados al proceso de maduración del aguacate. [Fuente: elaboración propia]

La siguiente etapa corresponde a la maduración de consumo, esto es, el momento ideal para que el fruto esté listo para comer. El aguacate madura con excelente calidad en un tiempo de una a dos semanas a una temperatura de entre 15 a 24 °C (grados Celsius), toda vez que alcanzó su estado de madurez fisiológica. En esta etapa, se pre-

sentan dos procesos claves, el primero, corresponde a la producción de etileno, este compuesto químico orgánico es el responsable del envejecimiento y de la consecuente variación de su aspecto, de su textura y de su cambio de color de verde a negro púrpura. Las investigaciones realizadas han sugerido que inhibidores de maduración se mueven desde el árbol hacia el fruto, impidiéndole a éste producir etileno mientras permanece en el árbol.

El segundo proceso corresponde a la respiración, al igual que cualquier ser vivo, el fruto absorbe oxígeno del aire, el cual se combina con las moléculas orgánicas de sus tejidos para producir el gas de dióxido de carbono, durante este proceso se desprende energía en forma de calor. Ahora que ya conocimos los factores esenciales de la maduración, entremos en el tema de cómo conservar fresco el aguacate por más tiempo. Una gran parte de la tecnología desarrollada para conservar el aguacate se dedica a reducir el proceso de respiración y a inhibir la producción de etileno.

PROCESOS DE CONSERVACIÓN

Tal vez la forma más antigua conocida por el ser humano para conservar un alimento es mantenerlo a una temperatura baja, para el caso del aguacate Hass, se ha observado que someterlo a una temperatura en el rango de 5 a 7 °C, reduce considerablemente el proceso de respiración, logrando mantenerlo fresco hasta por 30 días. Si el fruto se mantiene por más tiempo a bajas temperaturas, existe una alta probabilidad de que el fruto presente alteraciones tanto en la piel como en la pulpa, este proceso es conocido como estrés por frío (Bill *et al.*, 2014).

Otra forma de reducir la tasa de respiración del fruto de aguacate para aumentar su vida de anaquel, es colocándolo en un contenedor o cámara de almacenamiento, donde se

disminuye el nivel de oxígeno presente y se aumenta la cantidad de dióxido de carbono. El nivel de los gases que rodea al fruto se mantiene controlado utilizando equipo especializado, este tratamiento es conocido como atmósfera controlada. Además, el etileno requiere oxígeno para su evolución, por lo cual, el disminuir el nivel de oxígeno a un valor adecuado, permite inhibir la generación de etileno por parte del fruto.

La atmósfera controlada es una tecnología que tiene un alto impacto en el proceso de conservación, por lo que es utilizada no solo para frutos de aguacate, sino en una gran variedad de cultivos. Sin embargo, no se pueden utilizar niveles muy bajos de oxígeno ni muy altos de dióxido de carbono, ya que puede derivar en toxicidad que cause daño al fruto. Históricamente, los frutos se han mantenido en un ambiente con un 4% de oxígeno y 6% de dióxido de carbono, lo que ha permitido su transporte a destinos distantes, logrando prolongar la vida de anaquel hasta por un tiempo de alrededor de 45 días. Actualmente, se han investigado niveles que rondan en un máximo de 10% de oxígeno y 10% de dióxido de carbono, presentando muy buenos resultados. Sin embargo, es importante dejar claro, que el uso de la atmósfera controlada no reemplaza un adecuado manejo de la temperatura de conservación del fruto. Generalmente, estas dos tecnologías se usan en forma combinada (Kassim *et al.*, 2013)

Otro método frecuentemente utilizado es el uso de diferentes tipos de envases o bolsas de plástico para empacar el fruto, el envase tiene propiedades de permeabilidad que permite reducir la cantidad de oxígeno que ingresa hacia el fruto, generando un incremento en los niveles de dióxido de carbono en su interior debido al proceso de respiración del propio aguacate.

Este método de conservación se conoce como atmósfera modificada y no es requerido un control de los gases con equipo especializado durante todo el periodo de tiempo

que se encuentra el fruto en el envase, como ocurre en la atmósfera controlada. Una gran ventaja que se presenta con este método, es que la atmosfera que rodea al fruto está presente desde el primer día del embalaje hasta su venta en el punto de consumo, a diferencia de la atmósfera controlada, en la que los gases solo están en contacto con el fruto durante el tiempo de transporte en el contenedor.

Entre algunos inconvenientes que pueden presentarse durante su uso, es que no exista un proceso de maduración adecuado del fruto, sobre todo cuando se combina con un manejo poco eficiente de la temperatura de transporte, así como, la presencia al interior del empaque de condensación (pequeñas gotas de agua) debido a una alta tasa de respiración del aguacate y que puede ocasionar pudrición del fruto (Bodbodak & Moshfeghifar, 2016).

Bajo un principio similar al método de atmósfera modificada, la aplicación de recubrimientos biodegradables sobre la superficie del aguacate, es una tecnología que actualmente se está desarrollando y comercializando para su conservación. La función del recubrimiento es proporcionar una barrera entre el fruto y la atmósfera que lo rodea, controlando la cantidad de oxígeno que entra en contacto con el fruto, esto es, generando una atmósfera modificada al interior del fruto, resultando en tasas de respiración más bajas y, por lo tanto, retrasando su proceso de maduración.

Generalmente, muchos recubrimientos son a base de productos naturales procedentes de plantas, organismos marinos, insectos o microorganismos, por ejemplo, se ha probado recubrimiento a base de propóleo, producto producido por la abeja (Wang *et al.*, 2022)

Hasta este momento, se ha revisado la tecnología dedicada a reducir la tasa de respiración del fruto de aguacate para retardar su proceso de maduración; como se comen-

tó anteriormente, otro factor importante es la generación de etileno por parte del fruto.

Existen dos tipos de tecnologías que permiten controlar la acción del etileno, la primera es el uso de inhibidores de etileno, entre los que se destaca comercialmente el compuesto gaseoso 1-metilciclopropeno o simplemente 1-MCP. Para que el aguacate inicie su proceso de maduración, se requiere que ciertas entidades del fruto, conocidas como receptores, se unan a las moléculas de etileno, la función de los inhibidores es unirse a estos receptores, antes que lo realice el etileno que se encuentra dentro o fuera del fruto. Como resultado, el proceso de maduración se detiene temporalmente, reiniciándose hasta que el fruto se extrae del almacenamiento en frío y se expone a condiciones ambientales, es entonces cuando se producen nuevos receptores de etileno y comienza nuevamente el proceso de maduración.

La aplicación de estos compuestos inhibidores resulta muy sencilla, ya que solo es requerido exponer el fruto a la sustancia inhibidora durante un periodo de tiempo, que depende del volumen de frutos que serán tratados, su efectividad está estrechamente relacionada con el estado de madurez fisiológica, si no es la adecuada, puede presentarse problemas durante la maduración de consumo, relacionado con la firmeza del fruto y el color de la pulpa (Valero *et al.*, 2016) La segunda tecnología utilizada para el manejo de etileno, son los absorbentes de etileno. El proceso consiste en utilizar cierto tipo de sustancias, como el permanganato de potasio, que al entrar en contacto con el etileno, reaccionan con éste para eliminarlo del ambiente donde se encuentra. Las sustancias activas se comercializan en el interior de sobres fabricados con una clase especial de papel filtro, que permite el paso de las moléculas de etileno (Dhall, 2013).

Si bien, se ha conseguido incrementar el tiempo de vida de anaquel de los frutos de aguacate con las tecnologías revisadas has-

ta ahora, no puede concluirse que alguna sea mejor que otra, ya que cada una presenta ventajas e inconvenientes. Sin embargo, no se ha logrado alcanzar la meta soñada de mantenerlos frescos indefinidamente, pero la tecnología va avanzando muy rápidamente y tal vez no falte mucho para convertir en realidad el sueño de la eternidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bill, M., Sivakumar, D., Thompson, A. K., & Korsten, L. (2014). Avocado fruit quality management during the postharvest supply chain. *Food Reviews International*. 30(3):169-202. <https://doi.org/10.1080/87559129.2014.907304>.
- Bodbodak, S., & Moshfeghifar, M. (2016). Advances in modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. *Eco-friendly technology for postharvest produce quality*. Academic Press. (pp. 127-183). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804313-4.00004-9>.
- Dhall, R. K. (2013). Ethylene in post-harvest quality management of horticultural crops: A review. *Research & Reviews: A Journal of Crop Science and Technology*, 2(2), 9-24.
- Kassim, A., Workneh, T. S., & Bezuidenhout, C. N. (2013). A review on postharvest handling of avocado fruit. *African Journal of Agricultural Research*. 8(21), 2385-2402. <https://doi.org/10.5897/AJAR12.1248>.
- Ordoñez A. C. E. y Rodríguez F. P. A., (2019), Protocolo para la determinación de materia seca de frutos de aguacate (*Persea americana* Mill. cv. Hass) con horno microondas. Mosquera, (Colombia), AGROSAVIA.
- Wang, Q., Chen, W., Zhu, W., McClements, D. J., Liu, X., & Liu, F. (2022). A review of

multilayer and composite films and coatings for active biodegradable packaging. *Science of Food*. 6(1), 18. <https://doi.org/10.1038/s41538-022-00132-8>.

- Valero, D., Guillén, F., Valverde, J. M., Castillo, S., & Serrano, M. (2016). Recent developments of 1-methylcyclopropene (1-MCP) treatments on fruit quality attributes. *Eco-friendly technology for postharvest produce quality*. 185-201. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804313-4.00005-0>



INSECTOS PLAGAS EN EL CULTIVO DE AGUACATE EN MICHOACÁN

José Luciano Morales García¹

¹ Facultad de Agrobiología "Presidente Juárez", Unidad de Investigaciones Avanzadas en Agrobiotecnología.
jose.morales@umich.mx

El aguacate michoacano es una de las frutas más importantes económica y socialmente, debido a que Michoacán aporta más del 86 % del fruto que México exporta al mundo, esto a su vez convierte a México como el principal país productor y exportador a más de 30 mercados internacionales, entre los que resaltan por su valor económico: Estados Unidos, Francia, Japón, Canadá, España, China, Alemania, Costa Rica, Guatemala, Países Bajos, Reino Unido, Singapur y Bélgica. Las plagas son una limitante en la producción y exportación de este frutal.

Las principales plagas del cultivo de aguacate son: trips, araña roja, barrenador pequeño del hueso (*Conotrachelus perseae*) y barrenador de ramas (*Copturus aguacatae*). Estas plagas dañan principalmente a nivel de ramas, hojas y frutos. En el caso de los barrenadores son considerados plagas cuarentenarias, es decir, su presencia limita la exportación de los frutos a otros países.

Palabras clave: *Scirtothrips perseae*, barrenadores, daño en el fruto.

¿QUÉ ES UN INSECTO?

De acuerdo con la Real Academia Española (2023), un insecto se define como un artrópodo de respiración traqueal, con el cuerpo dividido distintamente en cabeza, tórax y abdomen, con un par de antenas, tres pares de patas, y que en su mayoría tienen uno o dos pares de alas además de llevar a cabo una metamorfosis durante su desarrollo.

¿QUÉ ES UN INSECTO PLAGA?

Son insectos que se encuentran de forma persistente en los cultivos, año tras año se presentan en poblaciones altas, ocasionando daños económicos a los productores. Desde los inicios de la agricultura los cultivos agrícolas han sufrido gran devastación por los ataques de insectos plaga, por lo que, paulatinamente, el hombre ha desarrollado estrategias para su control. A pesar del uso intensivo de insecticidas, la destrucción de las cosechas por insectos plaga es un serio problema a nivel mundial, que repercute en grandes pérdidas anuales (Carrillo *et al.*, 2009).

PLAGAS REGLAMENTADAS EN AGUACATE

Las plagas reglamentadas que limitan la comercialización del aguacate son: el barrenador de ramas del aguacate (*Copturus aguacatae*), cuyos daños provocan que las ramas se rompan con facilidad; el barrenador pequeño de la semilla del aguacate (*Conotrachelus perseae* y *C. aguacatae*), el barrenador grande de la semilla del aguacate (*Heilipus lauri*); y la palomilla barrenadora de la semilla (*Stenoma catenifer*), las cuales ocasionan daños en el fruto cuando las larvas se alimentan de la pulpa y de la semilla, afectando su rendimiento y provocando hasta un 90 % de pérdidas si no se realizan acciones de control (SENASICA, 2020).

BARRENADOR PEQUEÑO DE LA SEMILLA DEL AGUACATE (*CONOTRACHELUS PERSEAE BARBER*).

Son un tipo de insectos que se caracterizan por tener larvas blanco-amarillentas, miden 10 mm de longitud en promedio. El adulto es color rojizo a café oscuro que miden de 6.5 a 7.0 mm de longitud. Suelen ser de hábitos nocturnos, pueden ocultarse en hojas plegadas y grietas en los troncos. Colocan sus huevecillos (1-4) en frutos en desarrollo. Los huevos son blanquecinos, y las larvas emergen de 7-10 días, se desarrollan en la semilla en un periodo de 20 a 35 días. En cada fruto pueden emerger hasta cuatro larvas, después caen al suelo y se desarrollan (pupa) a 5 cm de profundidad (Morales, 2021). Además de los frutos pueden atacar ramas tiernas, pedúnculos, flores y frutos (Figura 1).

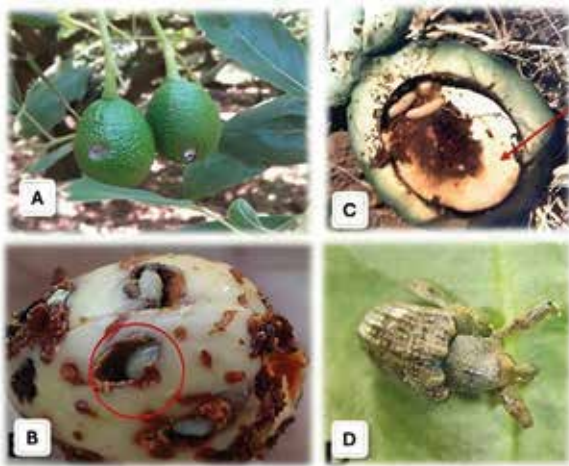


Figura 1. Daños de *Conotrachelus* spp. A) presencia de polvo blanco en la parte media del fruto. B) Larvas alimentándose de la pulpa, C) Semilla barrenada por larvas. D) Adultos. Imágenes tomadas de: Castañeda et al., 2013, B-D) Domínguez, 2006; Morales, 2022.

Los frutos dañados caen prematuramente. Para su control es importante eliminar frutos dañados por el insecto, quemarlos o enterrarlos a una profundidad de 1 m. Se pueden aplicar hongos que se alimenten de insectos (entomopatógenos) como *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*. Barrenador de ramas (*Copturus aguacatae* Kissinger).

El adulto de este insecto es de color negro con medidas de 3.77 a 4.87 mm de largo y 2.00 a 2.25 mm de ancho; élitros rojizos, abdomen cubierto con escamas blanquecinas, una cabeza esférica, cubierta en gran parte

por los ojos. Sus huevecillos son de forma oval y las larvas son de color blanco lechoso a rosado. El daño comienza cuando las hembras colocan sus huevecillos debajo de las ramas o el tronco al remover la corteza.

Cuando el insecto perfora el árbol se observan puntos blancos de consistencia polvosa (aserrín y savia cristalizada). Las larvas adentro barrenan hasta los vasos conductores donde limitan el flujo de agua y nutrientes, lo que provoca que las ramas se sequen o se rompan por el peso de los frutos. Las podas es la estrategia más importante para el control de esta plaga, también se pueden utilizar los hongos entomopatógenos antes mencionados a una humedad relativa del 80 % y a 10-15 °C (Figura 2).



Figura 2. Diferentes estadios de desarrollo del barrenador de ramas *Copturus aguacatae* Kissinger en aguacate cultivar Hass. Desde la oviposición en ramas, hasta el desarrollo de las larvas, pupas y emergencia del adulto. Fotos: J. Luciano-Morales G.

OTRAS PLAGAS DE IMPORTANCIA EN EL CULTIVO DE AGUACATE

Los insectos plaga pueden estar presentes en los huertos en diversas proporciones, esto en gran medida se debe al manejo integrado del huerto (Cuadro 1 y Figura 3). Mencionamos otras plagas de importancia para el cultivo de aguacate.

CONTROL DE PLAGAS EN AGUACATE

Plaga	Daño
Trips (<i>Scirtothrips perseae</i> , <i>Heliethrips haemorrhoidalis</i> , <i>Scirtothrips aguacatae</i>).	Los trips se alimentan del follaje y frutos. En las hojas provocan daño en el haz o envés de las hojas, provocando coloraciones color marrón-rojiza. En los frutos provocan el <u>acorchamiento</u> del fruto, seguido del agrietamiento y finalmente la pudrición (Johansen <i>et al.</i> , 1997).
Picudo del aguacate (<i>Heilipus lauri</i> Boheman)	Los adultos se alimentan del follaje, yemas, brotes y frutos. Las larvas se alimentan de la pulpa y la semilla (Salgado y Bautista, 1993).
Araña roja (<i>Oligonychus punicae</i> (Hirst))	Daña la cara superior de las hojas, provocando el bronceado y la reducción de la capacidad fotosintética debida a la succión de la savia (Hernández <i>et al.</i> , 1999).
Araña cristalina (<i>Oligonychus perseae</i>)	Dañan el envés de las hojas a lo largo del nervio central y nervaduras secundarias, al succionar la savia <u>provocan decoloraciones</u> pardas en el envés de las hojas. Las hojas pueden caer y dejar expuestos los frutos a quemaduras por el sol.
Chicharrita (<i>Idona minuenda</i> Ball)	Las ninfas se alimentan de las hojas y causan lesiones de color gris sobre el lado superior de las hojas. Las hojas jóvenes se tornan amarillas.
Gusano telarañero (<i>Amorbia emigratella</i>)	Las larvas provocan descarnación en frutos cuando hay algunos juntos. Con su telaraña enrollan las hojas y se refugian adentro. Pueden dañar las yemas florales e inflorescencias.
Mosquita blanca (<i>Tetraleurodes perseae</i>)	Las ninfas y adultos se posan en el envés de las hojas tiernas y se alimentan succionando la savia, debilitando al árbol.
Agalla (<i>Trioza anceps</i>)	La hembra coloca sus huevecillos en las hojas, la ninfa produce una hipertrofia formando una agalla y se alimenta de la savia.

Cuadro 1. Plagas de aguacate



Figura 3. A) Araña roja (*Oligonychus punicae*), B) Araña Cristalina (*Oligonychus perseae*), C) Trips (*Scirtothrips perseae*), D) Chicharra (*Idona Minuenda ball*), E) Gusano telarañero (*Amorbia emigratella*) y F) Mosquita blanca (*Tetraleurodes perseae*). Fotos: J. Luciano-Morales G.

El control cultural es una herramienta para la reducción del daño provocado por los insectos en el cultivo de aguacate, es importante la recolección y destrucción de frutos caídos, reducir la cantidad de malezas, la poda sanitaria y la quema de ramas.

CONCLUSIÓN

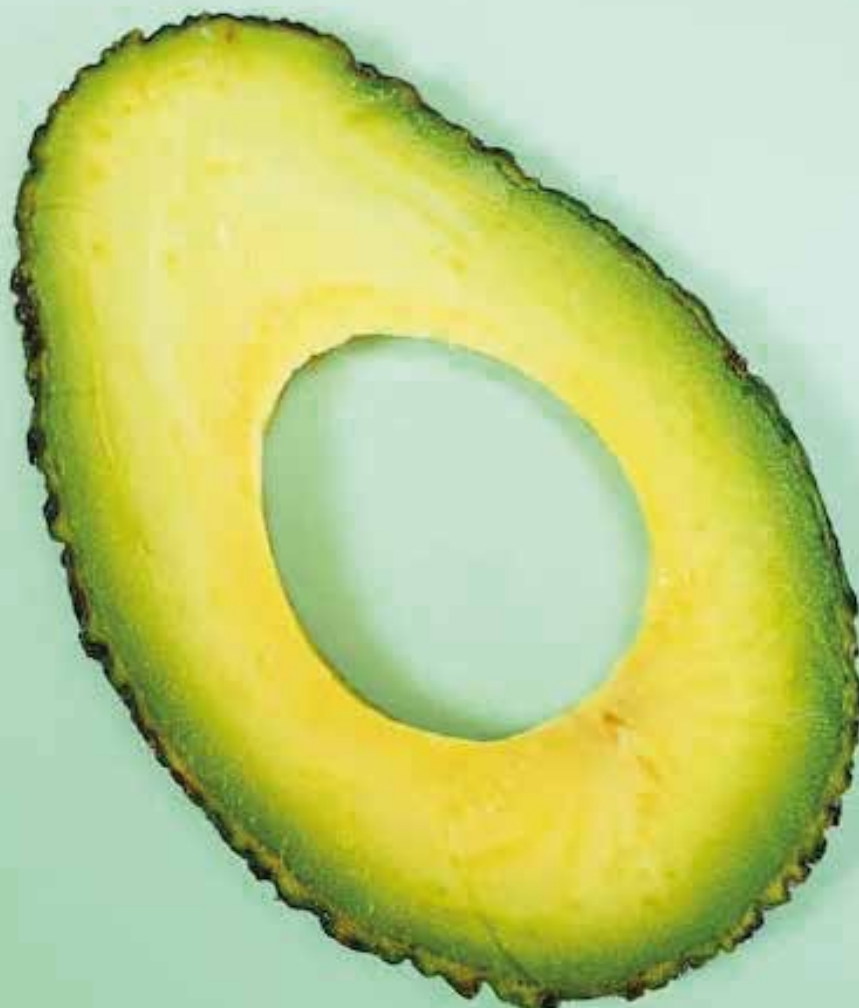
Los insectos son seres vivos propios de un equilibrio ecológico, sin embargo, se convierten en un problema para la agricultura cuando sus poblaciones son altas y dañan al cultivo de aguacate, por tal motivo es importante realizar el monitoreo periódico del huerto como la principal herramienta de manejo para conocer el nivel de infestación, revisar con atención el envés de las hojas y los tallos, hacer uso de trampas de luz o feromonas, así como la recolección semanal de estructuras afectadas, frutos y ramas, y su respectiva destrucción mediante la quema. También se puede hacer uso de enemigos naturales, insecticidas biológicos a partir de extractos naturales y como última medida el control químico siempre dentro de un manejo integrado del cultivo y en cantidades racionales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Carrillo R. & Blanco L.A. (2009). Potencial y algunos de los mecanismos de acción de los hongos entomopatógenos para el control de insectos plaga. *Acta universitaria*, 19(2), 40-49.
- Hernández H.G., Ramos A.M., De la Paz A.V. & González M. (1999). Selección de trampas de color y fluctuación poblacional de trips del aguacate en Michoacán, México. *Revista Chapingo serie Horticultura*, 5, 287-290.
- Johansen N. & Mojica G.A. (1997). Importancia agrícola de trips. En Memorias del

Seminario/Curso Introducción a la Entomología y Acarología Aplicada. Manual sobre entomología y acarología aplicada. Universidad Autónoma del Estado de Puebla. Ciudad de México, México. pág. 11-18.

- Morales G.J.L. (2021). Guía de plagas y enfermedades del aguacate en México. Morelia. El Cid Editor. 75 P. Real Academia Española. (2023). <https://dle.rae.es/insecto> (Consultado: 27 de julio de 2023).
- Salgado M.L. & Bautista N. (1993). El barrenador grande del hueso del aguacate en Ixtapan de la sal, México. Memorias del Centro de investigaciones científicas y tecnológicas del aguacate en el estado de México. *Fundación Salvador Sánchez Colín. Coatepec Harinas*, México, 225-231.
- Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad (2020). <https://www.gob.mx/senasica/documentos/plagas-reglamentadas-del-aguacatero-110847> (Consultado: 26 de julio de 2023).



LA PRODUCCIÓN CIENTÍFICA DEL AGUACATE EN MÉXICO: INNOVACIÓN PARA EL ÉXITO VERDE

Alfaro-García Víctor G. & García-Orozco Dalia¹

Facultad de Contaduría y Ciencias Administrativas de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
dalia.garcia@umich.mx, victor.alfaro@umich.mx.

El crecimiento en la producción de aguacate es un tema relevante y de interés tanto a nivel nacional como internacional, y existe una clara necesidad de comprender las contribuciones científicas que han respaldado este éxito. El presente trabajo de divulgación científica, tiene como objetivo aplicar técnicas bibliométricas para analizar la evolución de las publicaciones científicas en el área del conocimiento del cultivo del aguacate en México.

En total se identificaron 782 artículos publicados en los últimos 33 años a través de la metódica búsqueda en la base de datos científica SCOPUS. Los resultados incluyen el crecimiento de las investigaciones, las principales instituciones y autores, áreas de investigación clave y tendencias temáticas.

Palabras clave: Aguacate, bibliometría, producción científica.

El aguacate, conocido también como el “oro verde”, es uno de los alimentos más populares y apreciados en todo el mundo. Su delicioso sabor, textura cremosa y beneficios nutricionales lo han convertido en un elemento básico en la dieta de millones de personas. México, es uno de los principales países productores y exportadores de aguacate en el mundo, esta posición estratégica se ha logrado mantener gracias a una combinación de factores, entre ellos, la investigación científica (Zakaria *et al.*, 2022).

La producción de aguacate en México ha experimentado un crecimiento significativo en las últimas décadas. Este fruto se cultiva principalmente en los estados de Michoacán, Jalisco, Nayarit y Estado de México, donde las condiciones climáticas y geográficas son ideales para su desarrollo. Sin embargo, la producción masiva no es el resultado solo del clima favorable, sino también del arduo trabajo de los productores en conjunto con el de los científicos mexicanos (Cossio-Vargas, Salazar-García, González-Durán, & Medina-Torres, 2008).

La Figura 1 muestra el crecimiento de la producción científica en México con la temática “aguacate”. Esta información se obtiene de la base de datos SCOPUS, que es uno de los repositorios científicos más reconocidos

a nivel mundial. En total, se tienen registros de 782 documentos científicos publicados. Es observable que ha habido un incremento exponencial en la publicación de estudios en los últimos años, siendo el año 2022 el más productivo.

La investigación científica ha sido un pilar fundamental en el desarrollo de nuevas técnicas de producción, la mejora de las variedades existentes y la lucha contra enfermedades y plagas que amenazan los cultivos. Los científicos mexicanos, en colaboración con instituciones gubernamentales y universidades, han realizado investigaciones exhaustivas para entender mejor las necesidades del aguacate y optimizar su producción (Denvir, Arima, González-Rodríguez, & Young, 2022).

La Figura 2 muestra las 10 principales instituciones, universidades y organizaciones que generan estudios científicos relacionados al aguacate en México. La universidad que más estudios ha producido con temática del aguacate es la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo con 102 documentos.

Uno de los logros más destacados de la investigación científica en México ha sido la identificación de nuevas variedades de aguacate que se adaptan mejor a diferentes condiciones climáticas y suelos. Esto ha permitido ampliar las zonas de cultivo y aumen-

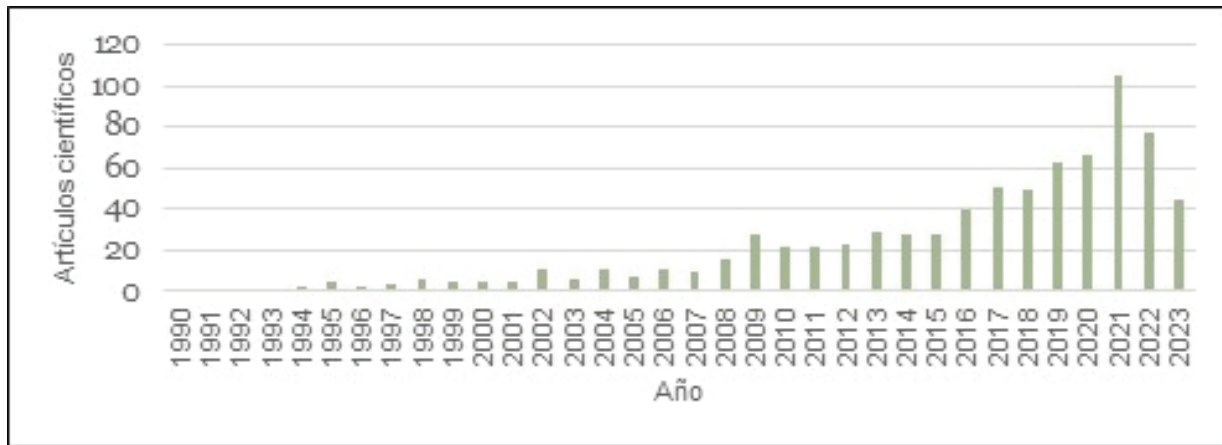


Figura 1. Crecimiento de la producción académica con temática aguacate en México

tar la producción en áreas previamente no exploradas. Además, estas nuevas variedades ofrecen características mejoradas, como mayor resistencia a enfermedades y plagas, y una mayor calidad del fruto (Charre-Medellín, Mas, & Chang-Martínez, 2021).

La protección de los cultivos de aguacate también ha sido un enfoque clave de la investigación científica en México (Guzmán *et al.*, 2017). Una de las enfermedades más devastadoras para el aguacate es el hongo *Phytophthora cinnamomi*, que puede causar la pudrición de la raíz y el colapso de los árboles. Los científicos mexicanos han desarrollado métodos de detección temprana, estrategias de control y programas de capacitación para los agricultores, con el fin de prevenir la propagación de estas enfermedades y minimizar

los daños en los cultivos (Mondragón-Flores *et al.*, 2021). La Tabla 1 muestra algunos de los autores de afiliación mexicana con mayor productividad científica.

La Figura 3 muestra las principales áreas de estudio en las que los científicos mexicanos han encaminado sus aportaciones con relación al aguacate. Merece la pena mencionar que existen muchas áreas más en las que los autores mexicanos enfocan sus estudios, sin embargo, estas 8 categorías incluyen el 80% del total de las aportaciones científicas, de éstas, es posible observar una destacada participación en las ciencias agrícolas y biológicas, así como en bioquímica, genética y biología molecular.



Figura 2. Universidades más productivas en artículos académicos. UMSNH, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; IPN, Instituto Politécnico Nacional; COLPOS, Colegio De Postgraduados Campus Montecillo; UNAM, Universidad Nacional Autónoma de México; INIFAP, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias; UACH, universidad Autónoma de Chapingo; UNAM - MRL, UNAM Campus Morelia; INECOL, Instituto de Ecología, A.C.; UAN, Universidad Autónoma de Nayarit; UAEM, Universidad Autónoma del Estado de México.

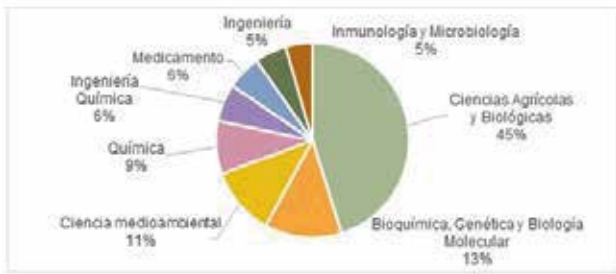


Figura 3. Principales áreas de estudio de los investigadores mexicanos con relación al aguacate

Además de la protección contra enfermedades, la investigación científica ha contribuido a mejorar las prácticas de manejo del suelo y el agua en las plantaciones de aguacate. Se han desarrollado técnicas de riego más eficientes, que permiten optimizar el uso del agua y reducir el impacto ambiental. Asimismo, se han implementado métodos de control de malezas y fertilización adecuada, con el objetivo de mantener la salud de los árboles y mejorar la calidad de los frutos (García-Martínez et al., 2021; Villamil et al., 2018).

El impacto económico de la producción científica del aguacate en México es notable. La exportación de aguacate mexicano ha experimentado un crecimiento constante en los últimos años, generando ingresos significativos para el país y contribuyendo al desarrollo económico de las regiones productoras. Los avances científicos han permitido aumentar la productividad y la calidad de los cultivos, lo que ha abierto las puertas a nuevos mercados internacionales y ha generado un impacto positivo en la balanza comercial del país (Vargas-Canales et al., 2020).

Además del aspecto económico, la producción científica del aguacate en México también está orientada hacia la sostenibilidad ver Monge et al., (2022). Los científicos mexicanos se encuentran en una búsqueda constante por desarrollar prácticas agrícolas responsables que minimicen el impacto ambiental y promuevan la conservación de los recursos naturales. Esto incluye el uso de fertilizantes y pesticidas más seguros, la implementación de sistemas de gestión integrada



La Figura 4 presenta un mapa con las palabras más recurrentes que presentan los trabajos de los científicos mexicanos específicamente en temas de economía, negocios y ciencias sociales. Se puede observar que los principales enfoques son en competitividad, sustentabilidad, agroecología, clústeres y efectos de la deforestación. Resulta de especial interés el tema de sostenibilidad, ya que la adopción de prácticas sostenibles puede generar una serie de beneficios para las empresas, por ejemplo, permite reducir costos operativos al optimizar el uso de recursos, mejorar la eficiencia energética y minimizar el desperdicio. Además, la sostenibilidad puede generar nuevas oportunidades de negocio a través de la innovación de productos y servicios (García-Orozco et al., 2020).

de plagas y la promoción de la biodiversidad en las áreas de cultivo.

CONCLUSIÓN:

En conclusión, México sigue siendo el líder a nivel mundial en la producción de aguacate y esto gracias a varios factores, climáticos, geográficos y culturales, pero sobre todo gracias a la investigación constante del tema, en la que participan científicos, investigadores y universidades.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Charre-Medellín, J. F., Mas, J.-F., & Chang-Martínez, L.A. (2021). Potential expansion of Hass avocado cultivation under climate change scenarios threatens Mexican mountain ecosystems. *Crop and Pasture Science*, 72(4), 291–301. <https://doi.org/10.1071/CP20458>

Nombre	Art	Afiliación
Yahia, E.M.	24	Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, México
Hernández-Brenes, C.	20	Tecnológico de Monterrey, Monterrey, México
Barrientos-Priego, A.F.	15	Universidad Autónoma de Chapingo, Chapingo, México
Salgado-Garciglia, R.	15	Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, México
Equihua-Martínez, A.	14	Colegio de Postgraduados, Montecillo, México
López-Meza, J.E.	14	Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, México
Bonilla-Petriciolet, A.	13	Instituto Tecnológico de Aguascalientes, Aguascalientes, México
Salazar-García, S.	13	Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Santa Catarina, México
González-Hernández, H.	12	Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero, Iguala, México
Guerrero-Analco, J.A.	12	Instituto de Ecología, A.C., Xalapa, México

Figura 4. Principales palabras incluidas en las publicaciones de científicos mexicanos en el ámbito de la economía, negocios y ciencias sociales

- Cossio-Vargas, L. E., Salazar-García, S., González-Durán, I. J. L., & Medina-Torres, R. (2008). Fenología del aguacate 'Hass' en el clima semicálido de Nayarit, México. *Revista Chapingo. Serie Horticultura*, 14(3), 319–324.
- Denvir, A., Arima, E. Y., González-Rodríguez, A., & Young, K. R. (2022). Ecological and human dimensions of avocado expansion in México: Towards supply-chain sustainability. *Ambio*, 51(1), 152–166. <https://doi.org/10.1007/s13280-021-01538-6>.
- García-Martínez, R., Cortés-Flores, J. I., López-Jiménez, A., Etchevers-Barra, J. D., Carrillo-Salazar, J. A., & Saucedo-Veloz, C. (2021). Rendimiento, calidad y comportamiento poscosecha de frutos de aguacate 'Hass' de huertos con diferente fertilización. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 12(2), 205–218. <https://doi.org/10.29312/remexca.v12i2.2232>.
- Guzmán, L. F., Machida-Hirano, R., Borrayo, E., Cortés-Cruz, M., Espíndola-Barquera, M. del C., & Heredia García, E. (2017). Genetic Structure and Selection of a Core Collection for Long Term Conservation of Avocado in Mexico. *Frontiers in Plant Science*, 8. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00243>.
- Mondragón-Flores, A., Manosalva, P., Ochoa-Ascencio, S., Díaz-Celaya, M., Rodríguez-Alvarado, G., & Fernández-Pavía, S. P. (2021). Characterization and fungicides sensitivity of *Phytophthora cinnamomi* isolates causing avocado root rot in Zitácuaro, Michoacán. *Revista Mexicana de Fitopatología, Mexican Journal of Phytopathology*, 40(1). <https://doi.org/10.18781/R.MEX.FIT.2109-4>.
- Vargas-Canales, J. M., Carbajal-Flores, G., Bustamante-Lara, T. I., Camacho-Vera, J. H., Fresnedo-Ramírez, J., Palacios-Rangel, M. I., & Rodríguez-Haros, B. (2020). Impact of the Market on the Specialization and Competitiveness of Avocado Production in Mexico. *International Journal of Fruit Science*, 20(sup3), S1942–S1958. <https://doi.org/10.1080/15538362.2020.1837711>.
- Villamil, L., Astier, M., Merlín, Y., Ayala-Barajas, R., Ramírez-García, E., Martínez-Cruz,

J.,Gavito, M. E. (2018). Management practices and diversity of flower visitors and herbaceous plants in conventional and organic avocado orchards in Michoacán, Mexico. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 42(5), 530–551. <https://doi.org/10.1080/21683565.2017.1410874>

•Zakaria, R., Vit, P., Wijaya, A., Ahmad, A. H., Othman, Z., & Mezzetti, B. (2022). A bibliometric review of *Persea americana* Mill. (Lauraceae): *A green gold in agroindustry*. *AIMS Agriculture and Food*, 7(4), 831–854. <https://doi.org/10.3934/agrfood.2022051>



AVOCADO SUNBLOTCH VIROID, EL PEQUEÑO PATÓGENO DE ARN EN EL CULTIVO DE AGUACATE

Adelaida Stephany Hernández-Valencia¹, Daniel Leobardo Ochoa-Martínez¹, Luis Mario Tapia-Vargas²

¹ Postgrado en Fitopatología, Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. hernandez.adelaida@colpos.mx, ldaniel@colpos.mx.

² Campo Experimental Uruapan-INIFAP, tapia.luismario@inifap.gob.mx.

El aguacate (*Persea americana* Mill.) se produce en muchos lugares del mundo, México es el primer productor y exportador mundial, siendo Michoacán el principal productor del país. El cultivo de aguacate es susceptible a enfermedades provocadas por hongos y bacterias principalmente, pero existen algunos fitopatógenos muy pequeños como es el caso del viroide que genera la enfermedad conocida como “mancha de sol”, que también es llamado Avocado sunblotch viroid (ASBVd). Los síntomas que provoca el ASBVd sobre el árbol de aguacate, son principalmente manchas y hendiduras amarillas en frutos, brotes y ramas verdes, así como variegado (zonas diferentemente coloreadas) y blanqueado de hojas. La principal consecuencia asociado a este padecimiento es que los árboles infectados por el ASBVd pueden reducir su rendimiento hasta un 27 % y producir hasta un 52 % de frutos de mala calidad. Hasta la fecha no se ha encontrado ningún insecto que pueda transmitir el viroide de un árbol a otro, y se ha encontrado que la mejor forma de evitar el contagio es la adecuada desinfección de las navajas de injertación. No obstante, cuando los árboles presentan los síntomas asociados al viroide, suelen ser eliminados en cualquier etapa de producción en el que se encuentren y se coloca otro árbol joven, lo que conlleva a graves pérdidas para el productor, por lo que tener conocimiento de esta enfermedad es esencial para su prevención.

Palabras clave: viroide, mancha de sol, injertación.

¿QUÉ SIGNIFICA ENFERMEDAD EN EL CULTIVO DE AGUACATE?

Las plantas presentarán enfermedad cuando una o varias de sus funciones se encuentren en una alteración nociva. Estas alteraciones pueden ser: a) biógenas (causadas por microorganismos como hongos (antracnosis), bacterias (pudriciones húmedas con mal olor), nematodos, virus y viroides, o b) abiógenas, originadas por causas naturales como: helada, deficiencias nutricionales, salinidad y acidez en el suelo, etc. (Teliz & Mora, 2019). Las enfermedades en los árboles de aguacate se pueden presentar en cualquier órgano (raíz, tronco, ramas, hojas, flores y frutos).

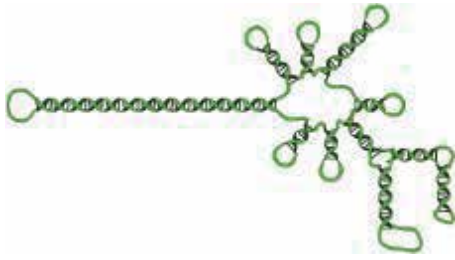
Los impactos económicos suelen ser diferentes en función de las condiciones ambientales en las que se presentan, sin embargo en

el caso del ASBVd son múltiples. Incluso los árboles “Hass” asintomáticos con el viroide pueden reducir el rendimiento (Saucedo et al. 2014).

Además, aproximadamente la mitad de la fruta de los árboles sintomáticos puede tener cicatrices y, por tanto, una calidad significativamente inferior (Geering, 2018). El manejo integrado del aguacate se diseñó para mejorar el vigor de las plantas, la nutrición y el riego, incrementar la flora benéfica, reducir el impacto de plagas y enfermedades y evitar malas prácticas culturales, como lo es la falta de desinfección de las navajas utilizadas en la injertación (Teliz & Mora, 2019).

¿QUÉ ES UN VIROIDE?

Un viroide se define como un agente infeccioso acelular constituido de ARN (ácido ribonucleico) de bajo peso molecular que se replica de manera autónoma y exclusiva en células vivas y tiene la capacidad de producir enfermedades. Los viroides se consideran



¿CÓMO AFECTA EL ASBVd EN LAS PLANTACIONES DE AGUACATE?

La mancha de sol en el aguacate es una enfermedad de importancia económica, sin embargo, no se le brinda la importancia adecuada por sus mismas características, al presentarse en etapas estacionarias y muchas ocasiones los árboles no suelen presentar síntomas, solo bajo ciertas condiciones aún desconocidas. El ASBVd afecta por igual a todos los cultivares (Suárez *et al.*, 2005), al influir negativamente en el vigor del árbol, calidad de los frutos, pérdida de la producción. La sintomatología por el ASBVd puede variar en función del cultivar, condiciones ambientales y las variantes del viroide presente en el huésped, es decir, el árbol de aguacate (Schnell *et al.*, 2001).

Entre los principales síntomas se encuentran: las grietas hundidas de color blanco, amarillo o rojo, cuando el daño es muy severo esas lesiones pueden convertirse en lesiones necróticas, las hojas de los árboles infectados se pueden deformar, la corteza de troncos y ramas desarrollan una textura agrietada similar a la “piel del caimán”, en ocasiones los árboles infectados pueden ser infructuosos y

Figura 1. Estructura de los viroides de la familia Avsunvoroidea, la mayor parte del genoma presenta cadenas complementarias constituida de doble hélice de ARN (estructura de forma de cabeza de martillo), (Viralzone, 2023).

fitopatógenos, subvirales ubicados en una interfase entre la vida y la muerte, ya que no cumplen con los componentes que tienen los seres vivos, por ejemplo: núcleo, membrana plasmática y organelos celulares (Flores *et al.*, 2014). Son considerados exclusivos del reino vegetal. Los viroides se clasifican en dos familias: *Pospiviroidea* y *Avsunvoroidea*, a diferencia de los virus, los viroides no tienen cápside (cubierta). El ASBVd pertenece a la familia *Avsunvoroidea* (Figura 1), (Viralzone, 2023).

El ASBVd es un fitopatógeno que enferma al árbol de aguacate y otros miembros de esta familia: *Lauraceae*. Es el patógeno más pequeño que se conoce. Este viroide se replica y acumula en los cloroplastos, presenta un 62 % de nucleótidos A (adenina) + U (uracilo), (Bani, 2009).



Figura 2. Síntomas provocados por el ASBVd en fruto de aguacate. A) Áreas hundidas amarillentas en frutos, B) Bandas decoloradas en ramillas de aguacate y C) Entre nudos cortos.

permanecer atrofiados (Saucedo *et al.*, 2014), (Figura 2).

¿CÓMO SE REPLICA UN VIROIDE DENTRO DE LA CÉLULA DEL ÁRBOL DE AGUACATE?

En 1940 se demostró que este viroide se transmite por injerto, provocado por el uso de navajas contaminadas con savia infectada con el ASBVd de una planta a otra al no desinfectar de forma correcta (Teliz y Mora, 2019). La replicación dentro de las células ocurre en el cloroplasto, este organelo celular se encarga del proceso de fotosíntesis en la planta. El segundo paso ocurre cuando el ARN genómico del viroide se transporta al cloroplasto. En el tercer paso se genera la replicación simétrica mediante el proceso conocido como “círculo rodante” y en el último paso los nuevos genomas salen de la célula presumiblemente mediante el transporte de célula a célula.

MÉTODOS DE CONTROL DEL ASBVd

No existe un tratamiento curativo, por lo que es importante realizar el control preventivo. La selección de portainjertos y variedades libres del viroide, así como la erradicación de árboles infectados (Semancik, 2003). Para reducir la diseminación de planta y planta, se deben desinfectar las herramientas de injerto, poda y cosecha con una solución de hipoclorito de sodio al 20 % o peróxido de hidrógeno al 6 % que potencialmente tienen la capacidad de inactivar a los viroides así como evitar su propagación (Desjardins *et al.*, 1987).

ESTATUS FITOSANITARIO DEL ASBVd EN MÉXICO

México exporta aguacate a diversos países: entre ellos a Estados Unidos, Francia, Japón, Canadá y China entre otros, sin embargo, durante un periodo de siete años se generó una controversia con Costa Rica, cuando dicho país tomó medidas restrictivas para la importación de frutos de aguacate mexicano por la presencia del ASBVd. El Gobierno de México integró una defensa sólida con base en argumentos técnicos-científicos liderados por el Dr. Daniel Téliz Ortiz, académico del Colegio de Postgraduados (COLPOS).

En el año 2022 la Organización Mundial del Comercio (OMC), otorgó el fallo a México, considerando que el aguacate mexicano no representa riesgo alguno para la sanidad del cultivo en Costa Rica, debido a que el fruto es enviado para consumo humano, por lo tanto se dio a conocer el informe definitivo que concluye que, al imponer restricciones injustificadas al aguacate proveniente de México, Costa Rica incumplió sus obligaciones establecidas en el Acuerdo sobre la Aplicación de Medidas Sanitarias y Fitosanitarias. Al abrir nuevamente el mercado los productores mexicanos exportarán a Costa Rica un promedio de 15 mil toneladas anuales (SENASICA, 2022).

CONCLUSIÓN

La mancha de sol en aguacate es una enfermedad silenciosa, debido a que muchos árboles se mantienen asintomáticos, pero no dejan de ser portadores y aunque la proporción de la presencia de la enfermedad es mucho menor a las enfermedades provocadas por hongos en aguacate por mencionar un ejemplo, hay productores afectados por el ASBVd. El manejo de la enfermedad suele ser complicado, debido a que no se conoce el ciclo de la enfermedad provocada por este

viroide. Actualmente, se sigue realizando investigación científica para conocer más a detalle a este viroide y ayudar a los productores para que no tengan que desmontar sus árboles con ya varios años de producción.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bani, H. S. M. (2009). Respuesta de distintos genotipos de cítricos y géneros afines a la infección con viroides [Tesis Doctoral]. Universidad Politécnica de Valencia. 155 p.
- Desjardins, P. R., P. J. Saski, R. J. Drake. (1987). Chemical inactivation of avocado sunblotch viroid on pruning and propagation tools. *California Avocado Society Yearbook* 71:259-262.
- Flores, R., Gago, Z. S., Serra, P.; Sanjuán, R.; Elena, S.F. (2014). Viroids: Survivors from the RNA world? *Annu. Rev. Microbiol.*, 68, 395–414. <https://doi.org/10.1146/annurev-micro-091313-103416>.
- Geering, A. D. (2018). A review of the status of *Avocado Sunblotch* viroid in Australia. *Australasian Plant Pathology*, 47, 555-559. <https://doi.org/10.1007/s13313-018-0592-6>
- Saucedo, C. J.R, Téliz, O. D., Ochoa, A. S., Ochoa, M. D., Vallejo, P. M.R., Beltrán, P. H. (2014). Effect of *Avocado sunblotch viroid* (ASBVd) on avocado yield in Michoacan, México. *Eur. J. Plant Pathol.* 138, 799–805. <https://doi.org/10.1007/s10658-013-0354-9>
- Schnell, R. J., Kuhn, D. N., Olano, C. T., & Quintanilla, W. E. (2001). Sequence diversity among avocado sunblotch viroids isolated from single avocado trees. *Phytoparasitica*, 29, 451-460. <https://doi.org/10.1007/BF02981864>
- Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (24 de julio de

2023). *Prensa*. Respalda trabajo científico reputación sanitaria de las exportaciones mexicanas <https://www.gob.mx/senasica/prensa/respalda-trabajo-cientifico-reputacion-sanitaria-de-las-exportaciones-mexicanas-314838>

- Suarez, I. E., Schnell, R. A., Kuhn, D. N., & Litz, R. E. (2006). Recovery and indexing of avocado plants (*Persea americana*) from embryogenic nucellar cultures of an avocado sunblotch viroid-infected tree. *Plant cell, tissue, and organ culture*. 84, 27-37. <https://doi.org/10.1007/s11240-005-7532-1>
- Téliz D (2019). El Aguacate y su Manejo Integrado. (2ª Ed). Mundi Prensa. Mexico. 321 P. Viralzone (24 de Julio de 2023). Virón. <https://viralzone.expasy.org/6917>



ORIGEN DE LA EXPORTACIÓN DEL AGUACATE AL MERCADO INTERNACIONAL

Brenda Crystal Suárez Espinosa¹, Zaira Itzel Bedolla Valdez¹

¹ Tecnológico Nacional de México / ITS de Uruapan brenda.se@uruapan.tecnm.mx
zaira.bv@uruapan.tecnm.mx

Todos hemos consumido aguacate alguna vez en la vida, el cual se ha vuelto un alimento insignia a nivel nacional e internacional. Es inevitable no pensar en México cuando se habla de aguacate, pero ¿Cómo llegó el aguacate a ser un fruto tan importante, para traspasar fronteras? En este artículo presentaremos una narrativa sobre el origen y la evolución de lo que hoy conocemos como la industrialización y exportación del aguacate hacia diferentes países del mundo, para lo cual se presenta el testimonio de cinco familias productoras y empacadoras de aguacate originarias de la localidad de Uruapan, Michoacán, México; quienes compartieron su experiencia en el cultivo y comercialización del fruto en un periodo de 1950 a la fecha.

Palabras Clave: Aguacate, exportación, historia, Uruapan

ORÍGENES DEL AGUACATE HASS.

El fruto *Persea americana* mill, comúnmente conocido como aguacate, es un miembro de la familia vegetal de las Lauráceas, la cual comprende más de cincuenta géneros, es un fruto nativo originario de México. Como resultado del procesamiento del aguacate se pueden obtener productos cosméticos, alimenticios, aceite, entre otros (Pérez *et al.*, 2015).

Existen tres variedades de aguacates: la raza mexicana, la guatemalteca y la antillana, a partir de las cuales se han realizado cruces inducidas e investigaciones de mejoramiento genético donde se han obtenido diferentes variedades.

Actualmente, la variedad más conocida es la Hass debido a la calidad en su pulpa, hueso pequeño, alto contenido de aceite, resistencia al manejo post cosecha y transportación, amplio periodo de floración y mejor adaptación en cuanto a su desarrollo y resistencia a plagas y enfermedades (CEDRSSA, 2017).



Figura 1.- Árbol de Aguacate, toma de huerta del fruto en Uruapan. Fotografía: Suárez Espinosa, B. C.

EN ESTADOS UNIDOS SE PATENTA LA VARIEDAD DEL AGUACATE HASS

La historia del registro patentado de la variedad Hass comienza en 1920, cuando el estadounidense Rudolph Hass iba a excavar la tierra para retirar un pequeño árbol de aguacate (conocido como árbol madre) de su huerta porque decía que “no se servía para nada”, no obstante, se dio cuenta de que en California existían escasas plantaciones del fruto llevado desde México ya que el aguacate se consideraba un negocio prometedor.

En aquel entonces, en California era costumbre que los dueños de las plantaciones les pusieran su apellido a las variedades de los frutos, por lo que Rudolph Hass al descubrir que el árbol del aguacate era un buen negocio, compró tierras y comenzó a cultivar el fruto y en 1935 decidió patentar su aguacate como una nueva variedad y le puso su apellido “Hass”, sin embargo, hasta 1952 obtuvo los derechos por patente y un certificado a manera de reconocimiento. La variedad Hass representa hoy en día el 95% de los aguacates producidos en el mundo.

Rudolph creía que su aguacate Hass era del tipo guatemalteco, pero en un estudio publicado en 2019 sobre el genoma del fruto, se asegura que su origen es 61% mexicano y 39% guatemalteco, posteriormente el árbol madre enfermó y en 2002 fue talado. (Llam-bías, 2023).

SIEMBRA DE LA VARIEDAD HASS EN URUAPAN MICHOACÁN

De acuerdo con la narrativa de cinco familias productoras y relacionadas directamente con el cultivo de aguacate en la localidad Uruapan, Michoacán, refieren que aproxi-

madamente en 1950, los dueños, quienes poseían tierras de cultivo, se mantuvieron involucrados y eran ellos mismos quienes se encargaban de cultivar, cosechar y estar al pendiente de sus tierras.

Para 1957, algunos productores como el Sr. Joaquín Barragán (quien participó en el presente relato), comenzaron a producir aguacate criollo, mientras que a principios de 1960, en Estados Unidos se había desarrollado un híbrido del aguacate Hass, los dueños de las tierras de cultivo de la localidad al enterarse, viajaron a aquel país y se trajeron algunas “varas” de aquel fruto para injertarlas sobre el aguacate criollo y sembrarlo en huertas uruapenses, teniendo como resultado una excelente adaptación al clima y a las características propias del municipio, lo que permitió que se diera el fruto con un mejor sabor, tamaño y textura del que se tenía originalmente; por lo que se cultivó en mayor volumen, tanto que se vieron en la necesidad de tener que acomodar el producto y comercializarlo el mercado nacional.

Por otra parte, el Ing. Javier Vega relató que su empresa, fue fundada por su padre a finales de 1960 afirmando que en aquel entonces no se conocía la variedad Hass, sólo una variedad mexicana conocida como “el fuerte”, denominada así por haber sobrevivido a una fuerte helada ocurrida en California en 1913, la cual no tenía el sabor que tiene el Hass y “el fuerte” sólo se le caracterizaba por tener una cáscara blanda, lisa y fácil de pelar. Una vez que conocieron las características del Hass, comenzaron también a cultivarlo y a comercializarlo en el mercado local.

Posteriormente, ante la necesidad de empacarlo para poderlo vender, esta familia fabricó una “maquinita” de poca capacidad de empaques a pequeña escala y fue así como nació el esquema de producir, empaclar y comercializar.

COMERCIALIZACIÓN DEL AGUACATE EN EL MERCADO NACIONAL

Entre 1970 y 1980 se dio una gran oferta del aguacate en la localidad, lo que llevó a los productores a buscar mercado (aún nacional) para comercializar su producto en los principales mercados del país, entre ellos, Guadalajara, Monterrey y Ciudad de México, aunado a ello, éstos productores buscaron el asesoramiento de ingenieros agrónomos de la región, entre ellos el Ing. Magaña¹ quien es parte de las familias que narraron su experiencia y ayudó a productores a implementar buenas prácticas en el cultivo así como de las medidas para la exportación del fruto, por ejemplo, las pruebas de resistencia para ver si soportaban viajes largos hacia otros países, hasta que a finales de la década de 1970 se logró la primer exportación a Estados Unidos.

Por otra parte, según el relato de J. Mendoza, a finales de 1980 se comienza con la exportación hacia Francia, posteriormente a Japón y Canadá, para ello, en la búsqueda por po-

sicionar el aguacate en países extranjeros, los productores se unieron para entablar negociaciones con las autoridades locales y federales, esto los llevó a la necesidad de establecer y formalizar procesos apegados a las normativas y regulaciones gubernamentales nacionales e internacionales para la exportación del fruto.

CONFORMACIÓN DE APEAM

Con la finalidad de exportar a Estados Unidos de América, se crea un plan binacional México-EUA, que implicó que Estados Unidos acordara el envío de ingenieros de USDA (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos) quienes se establecieron en México para el control de plagas a través de ciertas medidas restrictivas como las revisiones en huertos, colocación de trampas, capacitación de los ingenieros en campo, entre otros.

En 1997 se funda la Asociación de Productores y Empacadores Exportadores de Aguacate de México (APEAM), asociación (AC) sin fines de lucro, la cual tiene entre sus objetivos el promocionar el aguacate en otros países

¹ Se omite el nombre completo de tres de los entrevistados por acuerdo de confidencialidad en información personal



Figura 2.-Cadena productiva del aguacate. Galería de Imagenes Pexels en: <https://www.pexels.com/es-es/buscar/avocado/>



Figura 3. Evolución histórica de la institucionalización e industrialización del Aguacate en Uruapan, Michoacán. Elaboración propia, 2023.

bajo la marca “Avocados from México”. En este mismo año fue enviado el primer embarque de aguacate a Estados Unidos vía terrestre con producto de cinco empresas empacadoras Actualmente, pertenecen a esta asociación un total de 84 empacadoras y 34,857 productores de aguacate (APEAM A.C., 2023).

Básicamente la cadena de valor para la exportación del aguacate la conforman una serie de eslabones (empresas, subcontratistas) que comienza desde 1.- los productores, quienes cultivan el fruto en los huertos, 2.- El acopio del fruto que se realiza a través de cuadrillas de cortadores, 3.- El empaque y/o procesamiento y embarque, 4.- Exportadores y 5.- Los importadores o países destino como se observa en la figura 2.

CONSOLIDACIÓN DE LA INDUSTRIA DEL AGUACATE Y EXPORTACIÓN AL MERCADO INTERNACIONAL

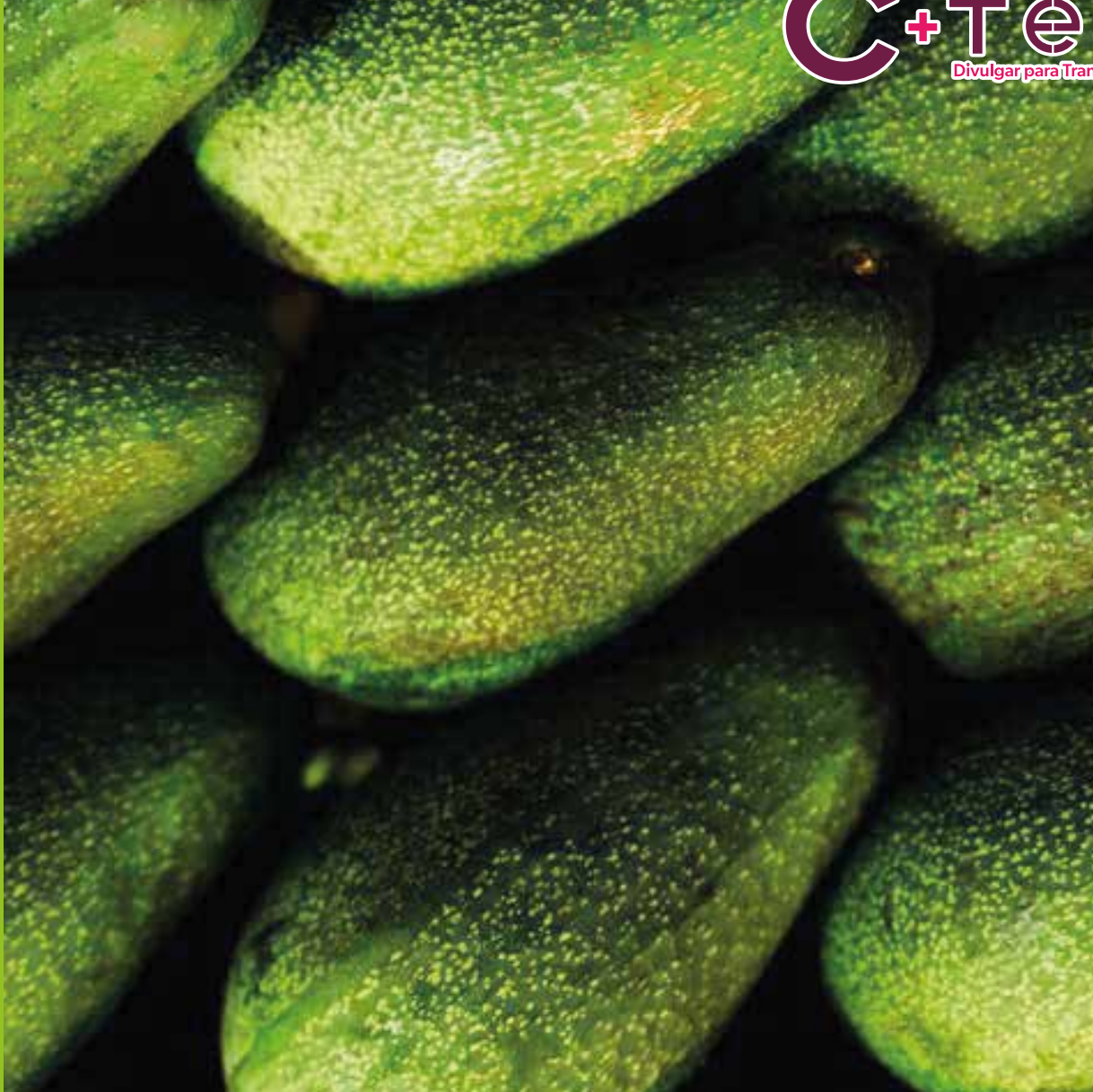
Los productores empacadores se vieron en la necesidad de establecer y formalizar procesos hasta convertirlos en empresas institucionalizadas, esto es, que las empresas se apeguen a las normativas legales aplicables, regulaciones gubernamentales y esquemas para la comercialización y exportación del fruto. En esta última etapa, algunas de las empresas empacadoras de aguacate realizaron alianzas estratégicas con empresas extranjeras, es el caso de Aztecavo fundada por el Sr. A. Villaseñor, quien en miras de incursionar en el mercado internacional tomó la decisión de expandirse y crecer al mercado internacional. En la Figura 1 se muestra la evolución histórica desde la fundación hasta la institucionalización de la industrialización del aguacate.

Entre las principales entidades mexicanas productoras del aguacate se encuentran Michoacán como la principal, seguido por Jalisco, Estado de México, Nayarit y Morelos, quienes en su conjunto suman el 95% del total que se produce en el país, del cual el 76% de la producción nacional pertenece a Michoacán, así mismo, sus principales municipios productores son Uruapan, Tancítaro, Peribán, Los Reyes, entre otros (CMDRS, 2019). El último reporte de APEAM AC (2023), indica que en la temporada de 2021 y 2022

se exportaron un total de 915,715 toneladas de aguacate a Estados Unidos. Se considera que la consolidación de la agroindustria del aguacate ha permitido el impulso de la economía local a través de la generación de empleos y atracción de inversión extranjera, además, en la búsqueda de nuevos subproductos del aguacate, ha propiciado también la generación de microempresas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Asociación de Productores Empacadores y Exportadores de Aguacate (2023). Sitio Electrónico Oficial: <http://www.apeamac.com/que-es-apeam/>
- Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria (28 de julio del 2023) Reporte: Caso de Exportación del Aguacate. Reporte Palacio Legislativo de San Lázaro, Ciudad de México. http://www.cedrssa.gob.mx/post_caso_de_n-exportacinin-_el_aguacate-n.htm
- Consejo Mexicano para el Desarrollo Rural Sustentable (28 de julio de 2023). Situación de las exportaciones de aguacate en Jalisco y Michoacán. Comisión de Comercio Nacional e Internacional. <https://www.cmdrs.gob.mx/sites/default/files/cmdrs/sesion/2019/12/20/2644/materiales/aguacate-10-ordinaria-2019.pdf>
- Llambías F. (2023). La historia de como el cartero Rudolph Hass transformó por casualidad el aguacate en el mundo. *Revista Digital BBC News Mundo*. <https://www.bbc.com/mundo/noticias65193777#:~:text=Rudolph%20Hass%20obtuvo%20la%20patente%20de%20su%20variedad%20de%20aguacates%20en%201935>
- Pérez S., Ávila G. & Coto O. (2015). El aguacatero (*Persea americana mill*). *Cultivos Tropicales*, 36(2), 111-123. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S025859362015000200016&ng=es&tln-g=es.



EL AGUACATE: DE LA COCINA A LA FARMACIA

Elizabeth Alejo, Ana Carolina Tirado-Garibay¹, Joel Edmundo López-Meza¹

¹ Centro Multidisciplinario de Estudios en Biotecnología, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 1050629h@umich.mx

El aguacate es un fruto que ha adquirido gran popularidad a nivel mundial por su sabor y propiedades nutricionales. La producción de este fruto se realiza mayoritariamente en México, particularmente en el estado de Michoacán, y representa una fuente de ingresos relevante para el país.

El aguacate tiene fines principalmente alimenticios, ya que la pulpa o endospermo se consume directamente o se utiliza en la elaboración de diferentes productos. Sin embargo, actualmente se analizan diversas propiedades de la cáscara y la semilla para aprovecharlas y evitar que sean consideradas como desechos.

Algunas características no nutricionales del aguacate que resaltan por ser de interés para la industria cosmética y farmacéutica son: las actividades contra bacterias y daño celular, su capacidad reguladora del sistema inmunológico y su efecto anticanceroso. Debido a ello, el aguacate es una fuente de moléculas que representan tratamientos potenciales contra múltiples enfermedades.

Palabras clave: Aguacate, compuestos bioactivos

EL AGUACATE: EL ORO VERDE MEXICANO

El fruto del aguacate es un alimento popular a nivel mundial debido a su exquisito sabor y propiedades nutricionales; sin embargo, en los últimos años también se ha resaltado su importancia en el tratamiento de enfermedades. El árbol del aguacate (*Persea americana*) es originario de América Central y pertenece a la familia de las Lauráceas, por lo que es pariente cercano de la canela.

Existen tres razas de aguacate: guatemalteca, mexicana y antillana, de las cuales se han obtenido los cultivares utilizados actualmente para la producción comercial del fruto de aguacate. Si bien, la raza mexicana (conocida como aguacate nativo mexicano) no es un producto primario de exportación debido a su escasa pulpa y a una semilla de gran tamaño, su importancia radica en su uso como portainjerto para obtener variedades de alto valor comercial, como la variedad Hass (Rincón-Hernández, 2011).

El aguacate es uno de los productos de exportación más importante para nuestro país,

siendo el estado de Michoacán el principal productor nacional, ya que cuenta con la mayor cantidad de hectáreas cultivadas y aporta el 74% de la producción nacional (Cruz-López, 2022). Este alimento ha ganado tal popularidad a nivel mundial y se ha convertido en una importante fuente de ingresos.

Por ejemplo, su consumo aumenta durante los eventos deportivos, en el Super Bowl de 2017 se exportaron 100 mil toneladas de aguacate a los Estados Unidos de América, lo cual equivale a 250 millones de dólares. Además, en el 2022, México exportó a Estados Unidos más de un millón de toneladas, lo que representó un valor comercial superior a tres mil millones de dólares (SADER, 2023).

El fruto de aguacate es utilizado principalmente para fines alimenticios, y se estima que su valor nutricional por cada 100 g de producto es aproximadamente de 167 kcal y 1.96 g de proteína.

Un sólo aguacate contiene más de 20 nutrientes entre los cuales destacan las vitaminas, la fibra y los minerales. Además, es uno de los alimentos más recomendados en dietas por su alto contenido de grasas saludables y bajo contenido del denominado “colesterol malo” o no deseado (LDL) (Dreher &

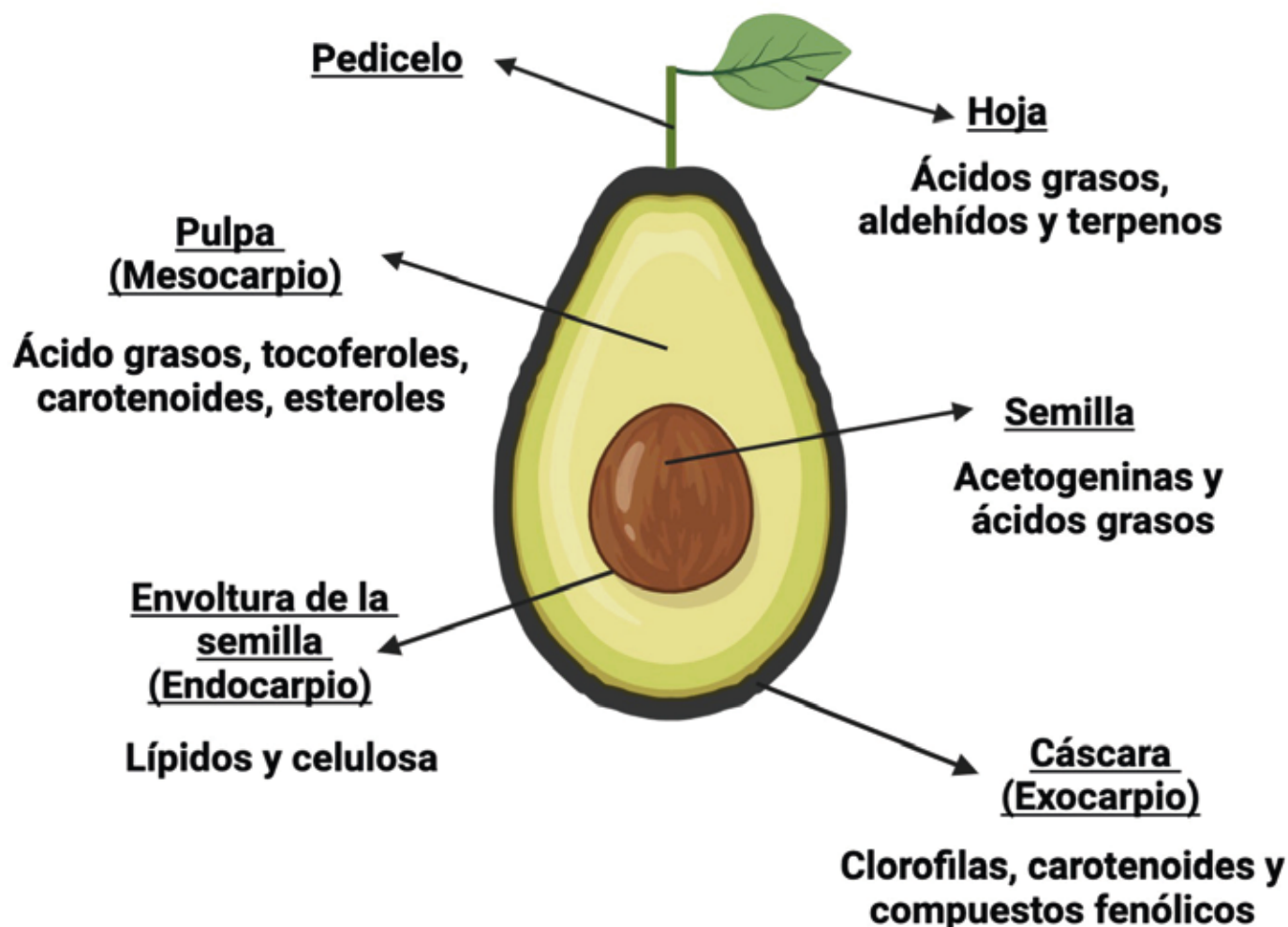


Figura 1. Estructura del fruto de aguacate y contenido de compuestos con propiedades medicinales. Modificada de Mora-Sandi et al., 2021.

Davenport, 2013). Sin embargo, el consumo de este fruto recae en la pulpa, y se suelen desechar la cáscara y la semilla. Por lo anterior, la industria se ha centrado en analizar posibles usos para estos productos de desecho. Un área importante de investigación y desarrollo con la cáscara y la semilla del aguacate es la búsqueda de moléculas bioactivas de interés médico.

PROPIEDADES MEDICINALES DEL AGUACATE

Diversas investigaciones han demostrado que ciertos compuestos del aguacate (presentes en el fruto o en otras partes del ár-

bol) pueden ser útiles para el tratamiento de algunas enfermedades ya que tienen actividad contra bacterias (antimicrobiana), otros protegen contra el daño ocasionado por moléculas inestables propias del cuerpo o externas que dañan a las células (actividad antioxidante), y algunos ejercen un efecto tóxico contra células cancerosas (Ochoa-Zarzoza et al., 2021).

Además, las hojas se emplean en la preparación de infusiones para aliviar el dolor de cabeza, de dientes, infecciones de la piel y enfermedades gastrointestinales. Así mismo, la cáscara se usa para eliminar parásitos que se encuentran en nuestro intestino y también actúa como un antiinflamatorio intestinal, ya que ayuda a eliminar bacterias patógenas del género *Shigella*.

La pulpa se utiliza como cicatrizante y para tratar los cólicos menstruales. Además, la semilla contiene moléculas que matan bacterias que pueden ser empleadas en el control de infecciones, así como grasas y sus derivados que afectan a las células cancerosas. Así mismo, la cáscara, hojas y semilla han demostrado tener moléculas antioxidantes como carotenoides, tocoferoles y acetogeninas ampliando el panorama de posibilidades de uso del aguacate (Bhuyan et al., 2019; Mora-Sandi et al., 2021).

Esta diversidad de actividades benéficas del aguacate ha generado la curiosidad de conocer la naturaleza química de los componentes responsables de las mismas. Algunas se han asociado con compuestos que pertenecen a diferentes grupos como los lípidos, fenoles, entre otros (Figura 1). Cabe señalar, que gran parte de estos estudios se han realizado con el cultivar Hass, y que poco se conoce de la riqueza de compuestos de interés medicinal de otros cultivares o razas, entre ellas el aguacate nativo mexicano.

AGUACATE PARA UN SISTEMA INMUNOLÓGICO FUERTE

El sistema inmunológico está conformado por células y moléculas que reconocen amenazas en nuestro cuerpo y las eliminan. Por ejemplo, puede eliminar a las bacterias que comprometen el equilibrio y funciones del cuerpo, conocido como homeostasis, pero también puede eliminar a células del propio organismo que han sido dañadas, como las células cancerosas (Toche, 2012), de las que se hablará más adelante. Podemos destacar que las infecciones bacterianas han tenido un crecimiento alarmante en los últimos años, lo cual está asociado a la multirresistencia a los fármacos (antibióticos) que se usan para combatirlas.

Esto se debe a un mal uso de los medicamentos, ya sea por auto medicarse o por dejar los tratamientos inconclusos, provocando que las bacterias desarrollen mecanismos de defensa a estas terapias y se vuelvan más peligrosas y difíciles de eliminar (WHO, 2020). Por lo anterior, se ha visto la necesidad de implementar alternativas para su control y tratamiento enfocadas en atacar directamente al microorganismo que causa la enfermedad (patógeno) o potenciando el sistema inmunológico del paciente.

Estudios recientes realizados por investigadores de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH) han demostrado que un péptido antimicrobiano (PAM) del aguacate nativo mexicano, denominado Pa-Def, afecta la viabilidad de bacterias como *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli*, relacionadas con infecciones de la piel, gastrointestinales y pulmonares (Guzmán-Rodríguez et al., 2013). Además, un concentrado (extracto) de los componentes de la semilla del aguacate nativo mexicano (LEAS) reduce la entrada de *S. aureus* a las células hospedadoras, disminuyendo el riesgo de generar una enfermedad.

Esto es relevante, ya que se evita que la bacteria se proteja de la respuesta inmune, lo cual favorece su control y con ello reducir la tasa de infección. Así mismo, un grupo de investigación de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla evaluó dos extractos diferentes de la semilla del aguacate, observando que impiden el crecimiento de bacterias como *S. aureus* y *Salmonella typhimurium* (Cid-Pérez et al., 2021).

Además, se ha demostrado que LEAS modula la respuesta inmune de las células favoreciendo la expresión de proteínas como la interleucina 10 (IL-10), la cual inhibe o atenúa la respuesta inflamatoria (Báez-Magaña et al., 2019). Estos estudios demuestran que el aguacate nativo mexicano puede tener aplicaciones más allá de ser el portainjerto del cultivar Hass.

AL CÁNCER NO LE GUSTA AL AGUACATE

El cáncer es un conjunto de enfermedades que todos podemos desarrollar, ya sea porque algún familiar tuvo cáncer, por nuestro estilo de vida poco saludable o exposición a sustancias peligrosas, entre otros factores. Este grupo de enfermedades se caracteriza por un crecimiento constante y descontrolado de las células, así como la invasión de éstas a otros tejidos distintos al de origen. Este último proceso es conocido como metástasis y es la principal dificultad para el tratamiento del cáncer (Hannahan, 2022).

Con el objetivo de ampliar las posibilidades de uso del aguacate nativo mexicano, investigadores de la UMSNH han demostrado que las moléculas del aguacate nativo mexicano (PaDef y LEAS) afectan la viabilidad de células cancerosas humanas de colon, mama, pulmón y leucemia, así como células de cáncer de hueso en perros (osteosarcoma canino) (Ochoa-Zarzosa *et al.*, 2021). De hecho, LEAS ha demostrado tener actividad antitumoral al evaluarse en ratones que presentaban cáncer de piel, disminuyendo el volumen de

los tumores. Así mismo, se ha observado que concentraciones de LEAS que no matan a las células cancerosas (no citotóxicas) inhiben la proliferación y migración de células cancerosas, disminuyendo su capacidad de invadir otros tejidos u órganos.

Estos estudios sugieren que LEAS puede ser un potencial tratamiento anticanceroso. Sin embargo, las propiedades de las moléculas bioactivas del aguacate nativo mexicano no terminan aquí, ya que recientemente se demostró que el PAM PaDef inhibe la formación de vasos sanguíneos, otra de las propiedades importantes para el desarrollo y mantenimiento de los tumores cancerosos (Falcón-Ruiz *et al.*, 2023). Además, este efecto podría ampliar el escenario a otras enfermedades que requieran control angiogénico o de vasos sanguíneos, como la psoriasis o la retinopatía diabética.

Así mismo, este PAM regula de manera epigenética (es decir, sin modificar la secuencia del ADN) a células de leucemia linfocítica aguda, lo que puede modificar la expresión de genes en células cancerosas, como un tratamiento alternativo en el control del cáncer (Jiménez-Alcántar *et al.*, 2022) (Figura 2). En

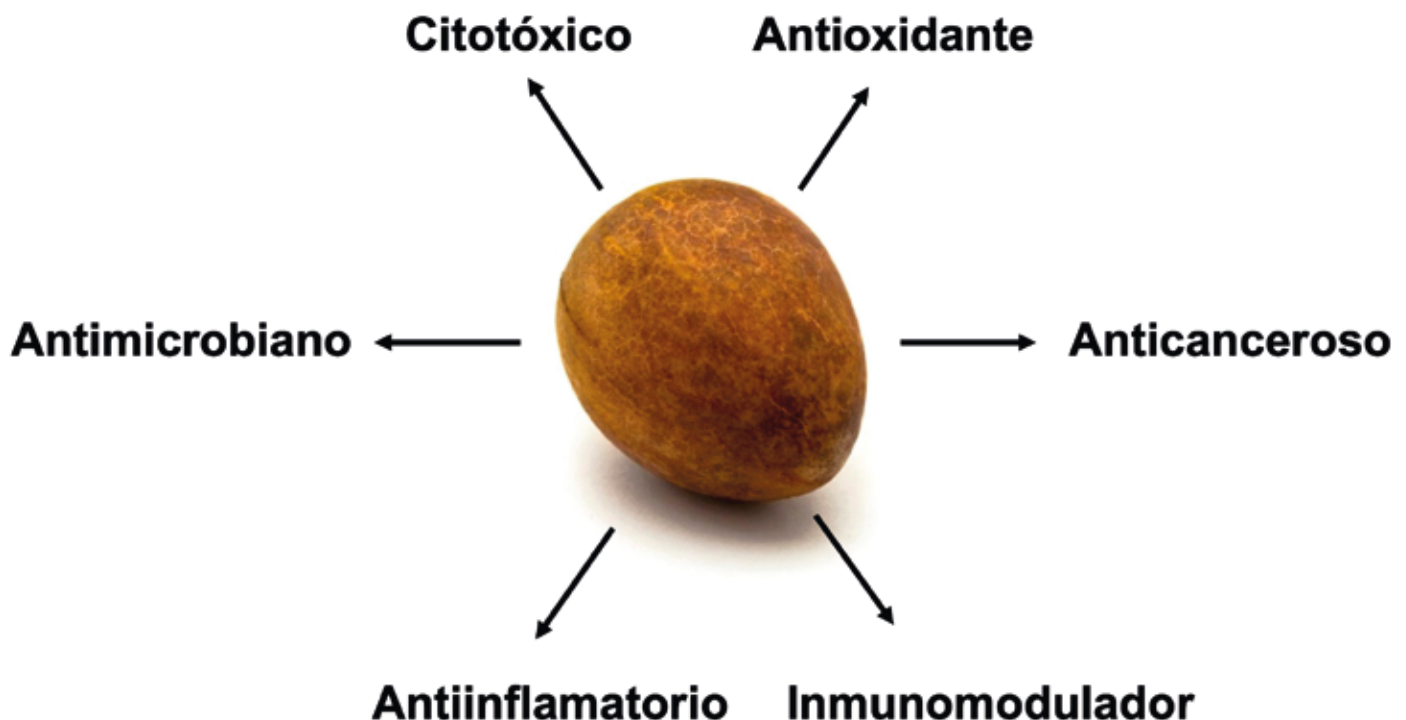


Figura 2. Actividades de interés médico asociadas a la semilla del aguacate. Imagen basada en Ochoa-Zarzosa *et al.*, 2021.

el mismo sentido, un grupo de investigadores de Egipto evaluó otro extracto de la semilla del aguacate en ratas que tenían cáncer de hígado. Las ratas tratadas con el extracto presentaron una disminución de las moléculas características del cáncer (marcadores), impidiendo el desarrollo de la patología (Ahmed *et al.*, 2022). Por otro lado, se ha demostrado que extractos de la pulpa del aguacate detienen el ciclo celular de las células de cáncer de próstata, impidiendo que se sigan duplicando (Qing-Yi, 2005).

Además, compuestos de la cascara, la semilla y su envoltura provocan la muerte de células de cáncer de próstata, leucemia, pulmón, hígado, colon y mama; reportando incluso un mayor efecto contra cáncer de mama cuando se combina con medicamentos como el tamoxifeno (Bhuyan *et al.*, 2019).

CONCLUSIÓN

El aguacate es un fruto que contiene moléculas con un gran potencial farmacéutico. Extractos de su pulpa, cascara y semilla han demostrado impedir el crecimiento de bacterias que comúnmente ocasionan infecciones, como *S. aureus* y *S. typhimurium*. Estos microorganismos suelen vivir intracelularmente evitando con ello las acciones del sistema inmunológico, lo que dificulta su control.

El hecho de que existan moléculas en el aguacate que reducen la internalización bacteriana, representa una alternativa de tratamiento contra estas enfermedades. Además, los efectos de moléculas del aguacate sobre la respuesta inflamatoria abren el panorama de posibles aplicaciones en enfermedades como la artritis y otras. Así mismo, los efectos citotóxicos de los extractos de aguacate contra las células cancerosas y la dispersión de éstas (metástasis) estimula las investigaciones con el fin de desarrollar posibles fármacos anticancerosos.

Es importante resaltar que esto no indica que debemos consumir grandes cantidades de

aguacate para protegernos contra enfermedades, sino que pueden obtenerse concentrados de moléculas protectoras a partir de este fruto y que los compuestos que presentan las actividades antes mencionadas pueden ser extraídos de productos de desecho como la semilla y la cascara, dándoles una segunda oportunidad como fuente de moléculas con potencial terapéutico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahmed, H. I., Fahim, E. E., Mohamed, A., Abdel-Moneim. (2022). Protective effects of *Persea americana* fruit and seed extracts against chemically induced liver cancer in rats by enhancing their antioxidant, anti-inflammatory, and apoptotic activities. *Environmental Science Pollution Research*. 29, 43858-43873. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-18902-y>
- Báez-Magaña, A., Ochoa-Zarzosa, N., Alva-Murillo, R., Salgado-Garciglia, J. E., López-Meza. (2019). Lipid-rich extract from mexican avocado seed (*Persea americana* var. *drymifolia*) reduces *Staphylococcus aureus* internalization and regulates innate immune response in bovine mammary epithelial cells. *Journal of Immunology Research*. 2019:7083491. <https://doi.org/10.1155/2019/7083491>.
- Bhuyan, M. A., Alsherbiny, S., Perera, M., Low, A., Basu, O. A., Devi, M. S., Barooah, C. G., Li, K., Papoutsis. (2019). The odyssey of bioactive compounds in avocado (*Persea americana*) and their health benefits. *Antioxidants (Basel)*. 24, 8(10), 426. <https://doi.org/10.3390/antiox8100426>.
- Cid-Pérez, P., Hernández-Carranza, C. E., Ochoa-Velasco, I., Ruiz-López, G. V., Nevarez-Moorillón, M, R., Ávila-Sosa. (2021). Avocado seeds (*Persea americana* cv. criollo sp.): Lipophilic compounds profile and biological activities. *Saudi Journal of Bio-*

- logical Sciences*. 28(6), 3384-3390. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.02.087>.
- Cruz-López, I., Caamal-Cauich, V. G., Pat-Fernández, J., Reza Salgado. (2022). Competitividad de las exportaciones de aguacate Hass de México en el mercado mundial. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 13 (2), 355-362. <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i2.2885>.
 - Dreher, A. J., Davenport. (2013). Hass avocado composition and potential health effects. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 53:7, 738-750. <https://doi.org/10.1080/10408398.2011.556759>.
 - Falcón-Ruiz, J. E., López-Meza, A., Ochoa-Zarzosa. (2023). The plant defensins PaDef and γ -thionin inhibit the endothelial cell response to VEGF. *Peptides*. 165, 171008. <https://doi.org/10.1016/j.peptides.2023.171008>.
 - Guzmán-Rodríguez, R., López-Gómez, L. M., Suárez-Rodríguez, R., Salgado-Garciglia, L. C., Rodríguez-Zapata, A., Ochoa-Zarzosa, J. E., López-Meza. (2013). Antibacterial activity of defensin PaDef from avocado fruit (*Persea americana* var. *drymifolia*) expressed in endothelial cells against *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*. *Biomed Research International*. 2013:986273. <https://doi.org/10.1155/2013/986273>.
 - Hanahan. (2022). Hallmarks of cancer: New dimensions. *Cancer Discovery*. 12(1), 31-46. <https://doi.org/10.1158/2159-8290.CD-21-1059>.
 - Jiménez-Alcántar P., R., López-Gómez, J. E., López-Meza, A., Ochoa-Zarzosa. (2022). PaDef (*Persea americana* var. *drymifolia*), a plant antimicrobial peptide, triggers apoptosis, and induces global epigenetic modifications on histone 3 in an acute lymphoid leukemia cell line. *Frontiers in Molecular Biosciences*. 24, 9, 801816. <https://doi.org/10.3389/fmolb.2022.801816>.
 - Mora-Sandí, A., Ramírez-González, L., Castillo-Henríquez, M., Lopretti-Correa, J. R., Vega-Baudrit. (2021). *Persea americana* agro-industrial waste biorefinery for sustainable high-value-added products. *Polymers (Basel)*. 25,13(11), 1727. <https://doi.org/10.3390/polym13111727>.
 - Ochoa-Zarzosa, M., Báez-Magaña, J. J., Guzmán-Rodríguez, L. J., Flores-Alvarez, M., Lara-Márquez, B., Zavala-Guerrero, R., Salgado-Garciglia, R., López-Gómez, J. E., López-Meza. (2021). Bioactive molecules from native mexican avocado fruit (*Persea americana* var. *drymifolia*): A review. *Plant Foods for Human Nutrition*. 76, 133-142. <https://doi.org/10.1007/s11130-021-00887-7>
 - Organización Mundial de la Salud. (2022). Cáncer. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/cancer>.
 - Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). (2018). <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/se-consolida-mexico-como-el-primer-productor-de-aguacate-a-nivel-mundial-con-casi-dos-millonnes-de-toneladas-en-2017>.
 - Rincón-Hernández, J. L., Sánchez Pérez, F. J. Espinosa-García. (2011). Caracterización química foliar de los árboles de aguacate criollo (*Persea americana* var. *drymifolia*) en los bancos de germoplasma de Michoacán, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 82(2), 395-412. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2011.2.474>
 - Toche. (2012). Visión panorámica del sistema inmune. *Revista Médica Clínica Las Condes*. 23(4), 446-457. [https://doi.org/10.1016/s0716-8640\(12\)70335-8](https://doi.org/10.1016/s0716-8640(12)70335-8).
 - Qing-Yi, J. R., Arteaga, Q., Zhang, S., Huerta, V. L., Go, D., Heber. (2005). Inhibition of prostate cancer cell growth by an avocado extract: role of lipid-soluble bioactive substances. *The Journal of Nutritional Biochemistry*. 16(1), 23-30. <https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2004.08.003>.



¿CUÁNTA AGUA SE REQUIERE PARA PRODUCIR 1 KG DE AGUACATE?; UN ANÁLISIS DESDE LA HUELLA HÍDRICA

Diana Janeth Fuerte-Velázquez¹, Alberto Gómez-Tagle Chávez²

¹ Investigadora Posdoctoral CONACYT -Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales (INIRENA) Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, diana.fuerte@umich.mx

² Investigador del Departamento de Ciencias de la Tierra, Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales (INIRENA), Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. alberto.gomez@umich.mx

El aguacate es un fruto tropical cuyo consumo mundial se ha disparado durante la última década ya que es un alimento rico y nutritivo. El mayor productor en México es Michoacán, este aporta un 75% del volumen nacional.

La expansión del cultivo está ocasionando daños ambientales entre ellos alteración de los procesos hidrológicos por el uso del agua. Este artículo presenta información de consumo hídrico en cuatro municipios de la franja aguacatera de Michoacán usando el indicador de huella hídrica. La información evidencia un requerimiento promedio general de 1,181.6 L/kg, así como de 782.9 L/kg en condiciones de temporal y 1,580.4 L/kg bajo condiciones de riego.

El menor registro de consumo mínimo de este estudio fue de 417.1 L/kg en plantaciones de temporal en Uruapan y el máximo fue de 2,355.8 L/kg en Ziracuaretiro bajo condiciones de riego.

Palabras clave: agua verde, agua azul, Michoacán.

LA HUELLA HÍDRICA UN INDICADOR PARA ESTIMAR CONSUMO DE AGUA

¿Te has preguntado cuánta agua se necesita para producir un kilogramo de aguacate en Michoacán? Aquí te contamos cómo es posible saberlo y una de las formas es a partir del indicador de huella hídrica (HH), es un método que fue introducido en el año de 2002 por Arjen Hoekstra y proporciona un marco para analizar el vínculo entre el consumo humano y la apropiación de agua dulce (Mekonnen y Hoekstra, 2011). La HH permite contabilizar el volumen de agua consumido por una persona, una empresa y/o un producto tanto industrial como agrícola dentro de un área geográfica con la finalidad de evidenciar el impacto en términos de consumo y contaminación de este recurso natural (Hoekstra *et al.*, 2011).

Esta herramienta identifica los impactos por el uso del agua a partir de tres tipos de huella hídrica, estas en función de la fuente de la que proviene el recurso hídrico. El pri-

mer tipo de HH es el agua verde, que considera el agua de la lluvia que se almacena en el suelo y aprovechan las plantas el crecimiento y producción agrícola, la segunda HH es el agua azul, la cual corresponde con el agua dulce extraída de una fuente superficial o subterránea usada para la producción de un bien y la tercera HH es el agua gris corresponde al agua necesaria para asimilar o diluir los contaminantes hasta un nivel base aceptable (figura 1). A partir de la denominación de colores de la HH, es que podemos determinar una aproximación del uso del agua empleada en un espacio y en un tiempo.

Uno de los sectores más estudiados con el indicador de HH es el agrícola y es que es el mayor usuario de agua, se estima que más del 90% de la demanda de agua proviene de esta actividad (Mekonnen y Gerbens-Lee-nes, 2020). De tal forma que este indicador ha servido de base para el estudio del consumo de agua del cultivo de aguacate en cuatro municipios de Michoacán (figura 2).

El consumo de agua del cultivo de aguacate el caso de: Uruapan, Acuitzio, Morelia y Ziracuaretiro



Figura 1. Los tipos de huella hídrica de acuerdo con la procedencia de la fuente de agua. Fuente: elaboración propia a partir de lo revisado en Hoekstra *et al.*, 2011

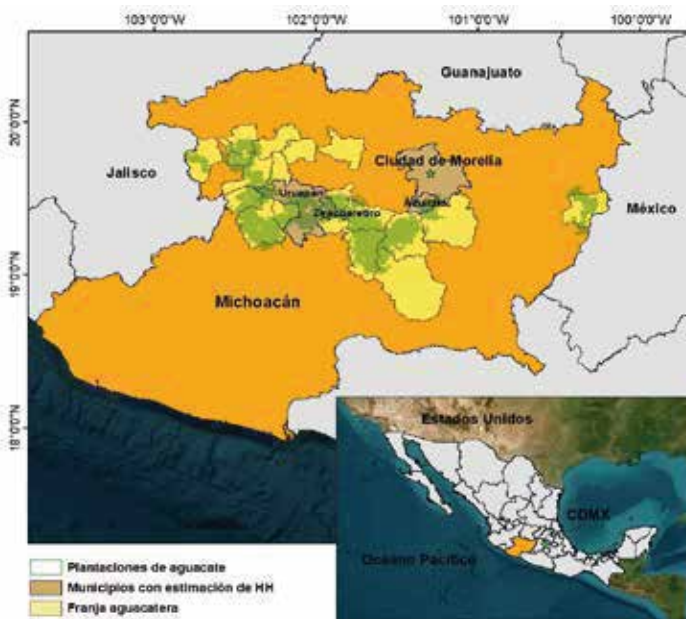


Figura 2. Ubicación geográfica de la franja aguacatera y los municipios con estimación de HH en Michoacán. Fuente: elaboración propia

Los municipios de Uruapan, Acuitzio, Morelia y Ziracuaretiro forman parte de la “franja aguacatera en Michoacán”. Esta región está conformada por 22 municipios (figura 2), concentra el 94% de toda la superficie sembrada con 165, 751 hectáreas y produce el 95% del total estatal con 1,756,431 toneladas

de aguacate, de las cuales un 40% son de riego y el resto son de temporal (SIAP, 2023).

En el caso de los municipios de estudio:

Uruapan, ocupa el tercer lugar en producción de aguacate con un 10% del total estatal al 2022, además, este sitio tiene más de 50 años en el sector aguacatero (Barajas, 2021; Herrera, 2017). Ziracuaretiro es el onceavo municipio con mayor producción, y aporta el 3% del volumen de aguacate a nivel estatal (SIAP, 2023). Acuitzio y Morelia por su parte, aportan el 1.74% de la producción total y ambos tienen 15 años en la producción de aguacate.

Para darnos una idea de cuánta agua consume el cultivo de aguacate en estos municipios, consideremos que un tinaco grande contiene cerca de 3,000 litros de agua o 3 m³ (figura 3). Ahora comparémoslo con las plantaciones de aguacate en Uruapan, que en promedio requieren agua en una cantidad de 744.3 L/kg de aguacate producido. Sin embargo, en este municipio se consume en promedio 417.1 L/Kg en condiciones

de temporal, y un 1,071.4 L/Kg en condiciones de riego (Gómez Tagle et al., 2022).

En el caso de Acuitzio, las plantaciones de aguacate de temporal requieren en promedio 1,292.4 L/Kg y riego 1,714.6 L/Kg, con una media de 1,503.5 L/Kg. En Morelia, el consumo promedio para la producción de temporal es de 582.9 y la de riego de 1,179.7 L/Kg con un requerimiento promedio de 881.3.0 L/kg, para el caso de Ziracuaretiro el promedio es de 839.0 L/kg en condiciones de temporal y 2,355.8 L/kg bajo condiciones de riego, con un promedio de 1 597.4 L/kg para el municipio. El mayor consumo de agua y la diferencia con Uruapan se debe a que Ziracuaretiro es más caliente y llueve menos, por lo tanto, las plantas requieren mayor cantidad de agua. En el caso de Acuitzio, aunque llueve mucho más que Morelia, el viento es más fuerte lo que ocasiona un mayor consumo de agua.

Los resultados evidencian que el requerimiento de agua en las plantaciones de riego puede ser hasta 1.5 veces mayor que la HH media global del aguacate y otros cultivos como el maíz de acuerdo con las estimaciones de Mekonnen y Hoekstra (2011).

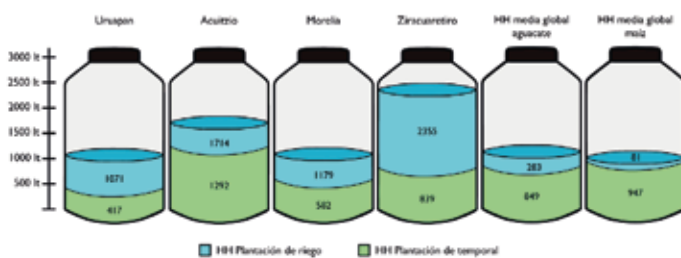


Figura 3. Comparativo de huella hídrica, litros de agua requeridos por kilogramo de aguacate producido en diferentes municipios de Michoacán, la media global y otro cultivo agrícola (Mekonnen y Hoekstra, 2011).

CONCLUSIÓN

El estudio del consumo hídrico empleando como indicador la huella hídrica evidencia que el cultivo de aguacate requiere de volúmenes considerables de agua, situación que puede poner en riesgo la disponibilidad de este recurso para la población y hasta

el desarrollo de otros cultivos o actividades económicas.

Si bien la herramienta de HH es útil para evaluar el uso del agua de cultivos, en este caso el aguacate, es relevante aclarar que esta solo corresponde a una aproximación de dicho consumo, y es que en el método de HH se establecen una serie de supuestos para realizar las estimaciones. Primero, se asume que todas las huertas a nivel municipal presentan las mismas condiciones, segundo, se presume que las condiciones climáticas son homogéneas en todo el municipio, y por último se considera que el suelo es homogéneo y con las mismas características, además de que la producción alcanza siempre el máximo posible y no se presentan plagas ni enfermedades que la afecten.

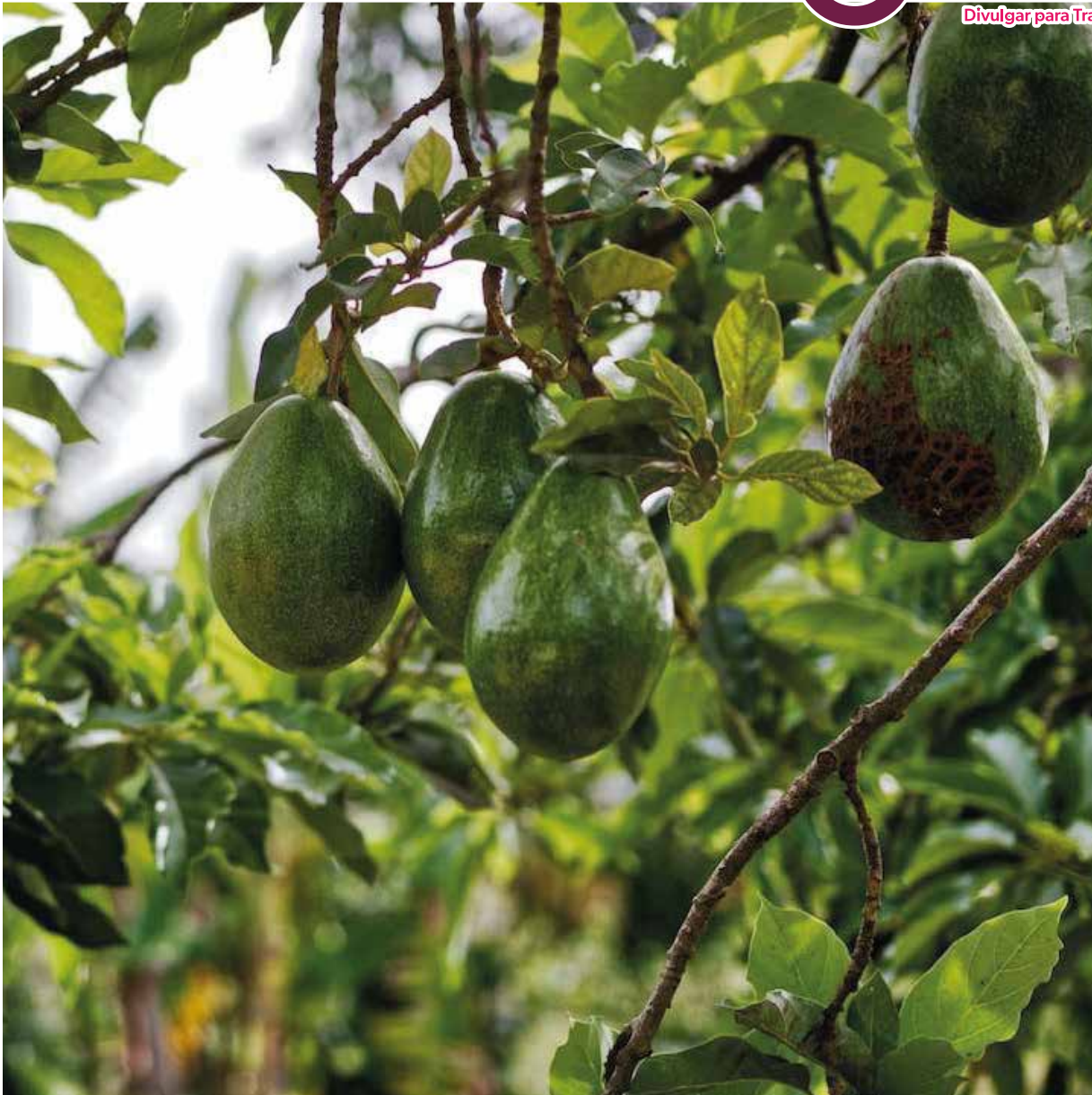
Sin embargo, se pueden presentar diferentes condiciones en una misma extensión territorial. Debido a lo anterior, consideramos necesario que se realicen estimaciones empleando métodos directos en los que se lleven a cabo mediciones del consumo hídrico y su relación con la producción de aguacate. Esto con el fin de contar con mayor certeza a la información de consumo. Aun cuando puede haber incertidumbre asociada a los supuestos. El método de HH ha servido primeramente como un referente del tema en Michoacán, también para poder comparar con resultados de otros sitios empleando una base metodológica robusta y homogénea y finalmente ayuda a los tomadores de decisiones a establecer líneas de acción sobre la sostenibilidad del uso del agua.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alarcón-Cháires, P. (2020). Aguacate: El desierto verde mexicano. SEMARNAT: Voces de la Ciudadanía, 47-52. Con-

sultado en: chrome-extension://efaid-nbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/538901/15_AGUACATE_sin.pdf

- Arima E.Y., Denvir A., Young K.R., González-Rodríguez A. & García-Oliva F. (2022). Modelling avocado-driven deforestation in Michoacán, México. *Environ. Res. Lett.* 17, 034015. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac5419>
- Barajas A. (2021). Capacidad de Sostenibilidad Ambiental, Social y Económica del Cultivo de Aguacate en Uruapan, Michoacán, México. *Suelos Ecuatoriales*, 51(1), 1-13. [https://doi.org/10.47864/SE\(51\)2021p1-12_135](https://doi.org/10.47864/SE(51)2021p1-12_135).
- Borrego, A., Allende, T. C. (2021). Principales detonantes y efectos socioambientales del boom del aguacate en México. *Journal of Latin American Geography*, 20(1), 154-184. <https://doi.org/10.1353/lag.2021.000>
- Gómez-Tagle, A.F., Gómez-Tagle, A., Fuente-Velázquez, D.J., Barajas-Alcalá, A.G., Quiroz-Rivera, F., Alarcón-Chaires, P.E., Guerrero-García-Rojas, H. (2022). Blue and Green Water Footprint of Agro-Industrial Avocado Production in Central Mexico. *Sustainability*, 14, 9664. <https://doi.org/10.3390/su14159664>
- Herrera, E. (2017). Oro verde a la sombra del volcán: la agroindustria transnacional del aguacate y las transformaciones de tenencia de la tierra en la sierra p'urhépecha. Tesis doctoral, COLMICH, Zamora, Michoacán.
- Hoekstra, A. Y., Chapagain, A. K., Aldaya, M. M., Mekonnen, M. M. (2011). The water footprint assessment manual: Setting the global standard. *Routledge*. Disponible en: https://www.waterfootprint.org/resources/TheWaterFootprintAssessment-Manual_English.pdf
- Mekonnen, M. M., & Hoekstra, A. Y. (2011). The green, blue, and grey water footprint of crops and derived crop products. *Hydrology and Earth System Sciences*, 15(5), 1577–1600. <https://doi.org/10.5194/hess-15-1577-2011>
- Mekonnen, M. M., y Gerbens-Leenes, W. (2020). The water footprint of global food production. *Water*, 12(10), 2696. <https://doi.org/10.3390/w12102696>
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (01 de julio del 2023). Disponible en línea: https://nube.siap.gob.mx/avance_agricola/.



DETECCIÓN DE “LA TRISTEZA DEL AGUACATE”: UN ANÁLISIS DE IMÁGENES FOTOGRAFICAS AÉREAS

Jesús Fernando Padilla-Magaña, Isahí Sánchez-Suárez, Laura Alejandra Mata Amezcu¹

¹ Universidad Politécnica de Uruapan, fe.padilla@upu.edu.mx

México es el principal productor y exportador de aguacate a nivel mundial. Sin embargo, la producción de este fruto enfrenta grandes amenazas como la enfermedad conocida como la “Tristeza del Aguacate”, la cual es causada principalmente por el hongo *Phytophthora cinnamomi* Rands y es considerada como una de las plagas más devastadora de este cultivo en el ámbito mundial. Este hongo al atacar a todas las variedades de aguacate daña las raíces, lo que puede ocasionar la muerte del árbol y por lo tanto representa una de las principales limitantes en la producción de aguacate. Este trabajo se realizó con la finalidad de identificar dicha enfermedad de forma oportuna utilizando el análisis de imágenes multiespectrales capturadas por una cámara acoplada a un dron como elemento de diagnóstico.

Mediante el análisis de las imágenes capturadas en una huerta de aguacate en la región de Uruapan Michoacán, se logró determinar que existen diferencias en la salud de los cultivos. Concluimos que el estudio de imágenes es una herramienta práctica e innovadora para los productores de aguacate, la cual permite analizar extensas áreas de cultivo y simplifica la identificación de enfermedades como la “Tristeza del aguacate”.

Palabras clave: Aguacate; Drones; Enfermedades; Imágenes Multiespectrales

El aguacate (*Persea americana* Mill) tuvo su origen en la parte central de México y en algunas zonas altas de Guatemala (Barrientos-Priego *et al.*, 2000). Las primeras evidencias del consumo de este fruto cuentan con una antigüedad de más de 10 mil años (Araújo *et al.*, 2018).

El árbol se caracteriza por ser frondoso, de tronco grueso y puede alcanzar los 20 m de altura; sin embargo, cuando se cultivan para fines comerciales, se mantienen en un promedio de 5 m para facilitar la cosecha, poda y fertilización (Instituto de Ciencia Agrícola (Cuba) *et al.*, 1979). México junto con Chile e Israel son los principales países exportadores de aguacate, mientras que los países que más lo importan son Estados Unidos, Israel, Francia, Inglaterra, Canadá y Japón (FAOSTAT, 2020). El aguacate es un alimento valorado en todo el mundo debido a que es una fruta altamente nutritiva, rico en grasas saludables, especialmente ácidos grasos monoinsaturados, los cuales pueden ayudar a

mantener niveles saludables de colesterol en sangre, reducen la presión arterial y así disminuir el riesgo de enfermedades del corazón (Tovar, 2003).

No obstante, la producción de aguacate se puede ver afectada por distintos tipos de enfermedades las cuales limitan su producción y reducen la calidad de los frutos lo que provoca graves problemas económicos para los productores. Una de las enfermedades más comunes que sufren los árboles de aguacate, es “La Tristeza del Aguacate”, esta enfermedad es causada principalmente por el hongo *Phytophthora cinnamoni* Rands conocido como hongo de la canela que afecta específicamente las raíces de los árboles como se muestra en la Figura 1. El hongo está presente en el suelo y prospera en condiciones húmedas, especialmente cuando el suelo almacena un exceso de agua, las raíces del árbol entran en contacto con el hongo, el cual empieza a invadirlas y dañarlas.



Figura 1. Árbol con la enfermedad: “La Tristeza del Aguacate”. En la imagen se puede apreciar el amarillamiento y la marchitez característica de la enfermedad. Obtenida de: <https://farmerstrend.co.ke/trending/phytophthora-root-rot/> (2023)

Cuando el hongo daña las raíces del árbol se bloquea la conexión del árbol con el suelo, que es crucial para la absorción de agua y nutrientes (van den Berg *et al.*, 2021). Como resultado, aunque el árbol trata de obtener los nutrientes necesarios para crecer y producir aguacates sanos, se presentan diversos problemas, como el amarillamiento, la marchitez y la caída prematura de las hojas. Cuando la enfermedad progresa, el crecimiento del árbol se atrofia, produce frutos de menor calidad, e incluso puede morir.

La propagación de esta enfermedad ha aumentado en estos últimos años debido a la globalización, el cambio climático y la falta de capacidad de recuperación de los cultivos de aguacate por su sobreexplotación. Afortunadamente, el progresivo desarrollo tecnológico ha permitido que las técnicas utilizadas para la detección de plagas y enfermedades mejoren. Tal es el caso del uso de drones para el monitoreo de los cultivos agrícolas, incluyendo la detección temprana de enfermedades en cultivos en lo que se conoce como agricultura de precisión.

Los drones equipados con cámaras multispectrales pueden sobrevolar campos de diversos cultivos y capturar imágenes detalladas de los árboles o plantas. Además, las fotografías tomadas con cámaras especiales montadas en drones tienen una mejor calidad y menos interferencias que las imágenes tomadas desde satélites o aviones. Una

cámara multispectral es similar a las cámaras fotográficas utilizadas cotidianamente, sin embargo, dicho instrumento, captura no solo la luz visible, como las cámaras comunes, sino que también puede capturar diferentes tipos de luz que el ojo humano no es capaz de detectar.

El ojo humano sólo ve los colores del arcoíris, como el rojo, verde y azul, pero una cámara multispectral puede capturar más allá de esos colores y detectan incluso la luz infrarroja, que es invisible para nosotros. Esta capacidad de las cámaras multispectrales es muy útil porque diferentes plantas y cultivos reflejan la luz de manera diferente dependiendo de su salud y composición (Daponte *et al.*, 2019).

La cámara multispectral al tener la capacidad de capturar estas diferentes longitudes de onda de luz puede proporcionar información valiosa sobre la salud de las plantas y los cultivos. Así que, el análisis de estas imágenes permite revelar las diferencias sutiles en la salud y el vigor de las plantas, incluyendo la detección de posibles enfermedades.

Con base en lo anterior, decidimos poner a prueba dicha tecnología para determinar su capacidad de reconocer la enfermedad de “La Tristeza del Aguacate” y de esta manera utilizarla como una herramienta para la detección de enfermedades, que beneficiaría a los agricultores de la región de Uruapan y de otras partes de México.

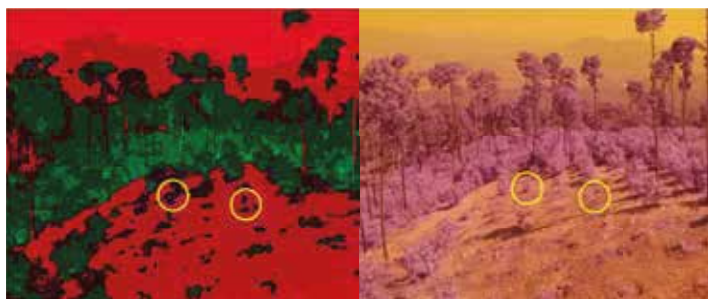
Se eligió dicho municipio de Michoacán debido a que se reportaron árboles con defoliación en las copas y, puesto que es uno de los principales síntomas de dicha enfermedad, lo convertía en un lugar idóneo para la captura de las imágenes. Para ello, se utilizó un Dron modelo DJI Phantom 3 pro, equipado con una cámara multispectral. Con este instrumento, se tomaron distintas fotografías de los árboles además de algunos videos a una altura de entre 1.5 y 15 metros, con el objetivo de tener distintas perspectivas, que normalmente se tienen al hacer el recorrido a

pie y con una vista aérea. Posteriormente, las imágenes se exportaron y se procesaron con un software que permite calcular el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI, por sus siglas en ingles).



Figura 2. Fotografías aéreas (Muestra 2) tomadas con NDVI (Izquierda) y con la cámara del Dron (Derecha). Fuente: Propia (2022)

EL NDVI el cual se basa en la diferencia entre la luz reflejada en el infrarrojo cercano y el rojo, es una cifra que mide la salud y densidad de la vegetación en un área (Mahajan & Bundel, 2016). Una vez procesadas las imágenes se realizó un análisis comparativo entre las fotografías tomadas con la cámara del dron y las mismas fotografías evaluadas con el índice NDVI. en la Figura 2 (Derecha) podemos observar dos zonas señaladas en círculos amarillos, en donde se aprecian árboles dañados.



La Figura 3 (Izquierda) muestra y confirma la ausencia de actividad fotosintética en ambas zonas, debido a que las zonas con mayor actividad fotosintética aparecen en un color verde más claro, además de proyectar fluorescencia.

En la Figura 3, por su parte, se muestran algunas zonas específicas marcadas, donde se pueden observar las diferencias entre cada imagen, es importante notar que al aplicar el índice NDVI algunos árboles que a simple vista parecían estar en buen estado de salud, o con poco daño, en realidad presentan severos daños en la estructura foliar y nula actividad fotosintética.

CONCLUSIÓN

Concluimos que al analizar las imágenes mediante el índice NDVI, se logra detectar que algunos de los cultivos de aguacate muestran una actividad fotosintética reducida, así como daños y posible pérdida de las hojas, que son síntomas característicos de la enfermedad conocida como “La tristeza del aguacate”, y estos no pueden ser detectados por una cámara convencional.

Esta tecnología podría lograr una mayor eficiencia para el productor, en cuanto al uso de los recursos humanos, materiales, financieros y de tiempo, sin embargo, es importante continuar con la investigación para validar los resultados de la detección en las imágenes con datos de referencia de muestras previamente identificadas como afectadas o sanas a través de análisis de laboratorio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Araújo, R. G., Rodríguez-Jasso, R. M., Ruiz, H. A., Pintado, M. M. E., & Aguilar, C. N. (2018). Avocado by-products: Nutritional and functional properties. *Trends in Food Science & Technology*, 80, 51–60. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.07.027>
- Barrientos-Priego, A. F., & López-López, L. (2000). Historia y genética del aguacate. El aguacate y su manejo integrado. *Mundi-Prensa*, Distrito Federal, México, 19-31. Obtenido de: https://www.avocadosource.com/journals/cictamex/cictamex_1998/cictamex_1998_33-51.pdf
- Daponte, P., De Vito, L., Glielmo, L., Iannelli, L., Liuzza, D., Picariello, F., & Silano, G. (2019). A review on the use of drones for precision agriculture. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 275(1), 012022. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/275/1/012022>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2020). Datos sobre alimentación y agricultura. Base de Datos

Estadísticos de La FAO. Obtenido de: <http://www.fao.org/faostat/es/avocado>.

- Instituto de Ciencia Agrícola (Cuba), S., Cuba. Ministerio de Educación Superior., G., & Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (Cuba), O. (1979). *Cultivos tropicales*: CT. In *Cultivos Tropicales* 36(2). Obtenido de: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362015000200016&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Mahajan, U., & Bundel, B. R. (2016). Drones for normalized difference vegetation index (NDVI), to estimate crop health for precision agriculture: A cheaper alternative for spatial satellite sensors. *Proceedings of the International Conference on Innovative Research in Agriculture, Food Science, Forestry, Horticulture, Aquaculture, Animal Sciences, Biodiversity, Ecological Sciences and Climate Change (AFHABEC-2016)*, Delhi, India, 22, 31.
- Tovar, M. Á. O. (2003). Valor nutrimental de la pulpa fresca de aguacate Hass. *Proceedings V World Avocado Congress (Actas V Congreso Mundial del Aguacate)*, 741-748.
- Van den Berg, N., Swart, V., Backer, R., Fick, A., Wienk, R., Engelbrecht, J., & Prabhu, S. A. (2021). Advances in understanding defense mechanisms in *Persea americana* against *Phytophthora cinnamomi*. *Frontiers in Plant Science*, 12. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.636339>



LA SEMILLA DE AGUACATE: UN DESECHO PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLES

Luis Caballero-Sánchez¹, Pedro Eduardo Lázaro-Mixteco¹ & Agustín Jaime Castro-Montoya¹

¹Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería Química. luis.caballero@umich.mx

Los desechos de la industria de procesamiento de aguacate son las cáscaras y las semillas, las cuales constituyen del 21% al 30% del material procesado, la mayor parte de esta biomasa residual se desperdicia y carece de aplicaciones de valor comercial.

En este trabajo se muestra un enfoque para la valorización de la semilla de aguacate centrado en la producción de bioetanol que hemos obtenido experimentalmente a nivel laboratorio y en planta piloto, el cual se podría incorporar a la industria de procesamiento de este fruto para aumentar su competitividad económica y mitigar la generación de estos residuos.

Palabras clave: semilla de aguacate, almidón, bioetanol.

La producción nacional de aguacate en México ha ido creciendo, se reportaron 2.03 millones de toneladas producidas en el año 2017, mientras que para el año 2022 la producción fue de 2.54 millones de toneladas obtenidas (SIAP, 2023). Michoacán es el líder en producción de aguacate a nivel nacional con una contribución del 73%, seguido de Jalisco y el Estado de México con un aporte del 12 y 5%, respectivamente (Figura 1). La semilla y la cáscara del aguacate se obtienen como residuos después del procesamiento de este fruto con

finés alimenticios y carecen de aplicación comercial. En nuestro grupo de trabajo hemos descubierto que el 50% del peso de la semilla de aguacate es agua y aproximadamente el 30% es almidón (Caballero-Sanchez et al., 2023). El almidón es una mezcla de dos diferentes polisacáridos: amilosa y amilopectina, los cuales contienen exclusivamente glucosa que forman cadenas lineales o ramificadas de este azúcar (Araújo et al., 2018).

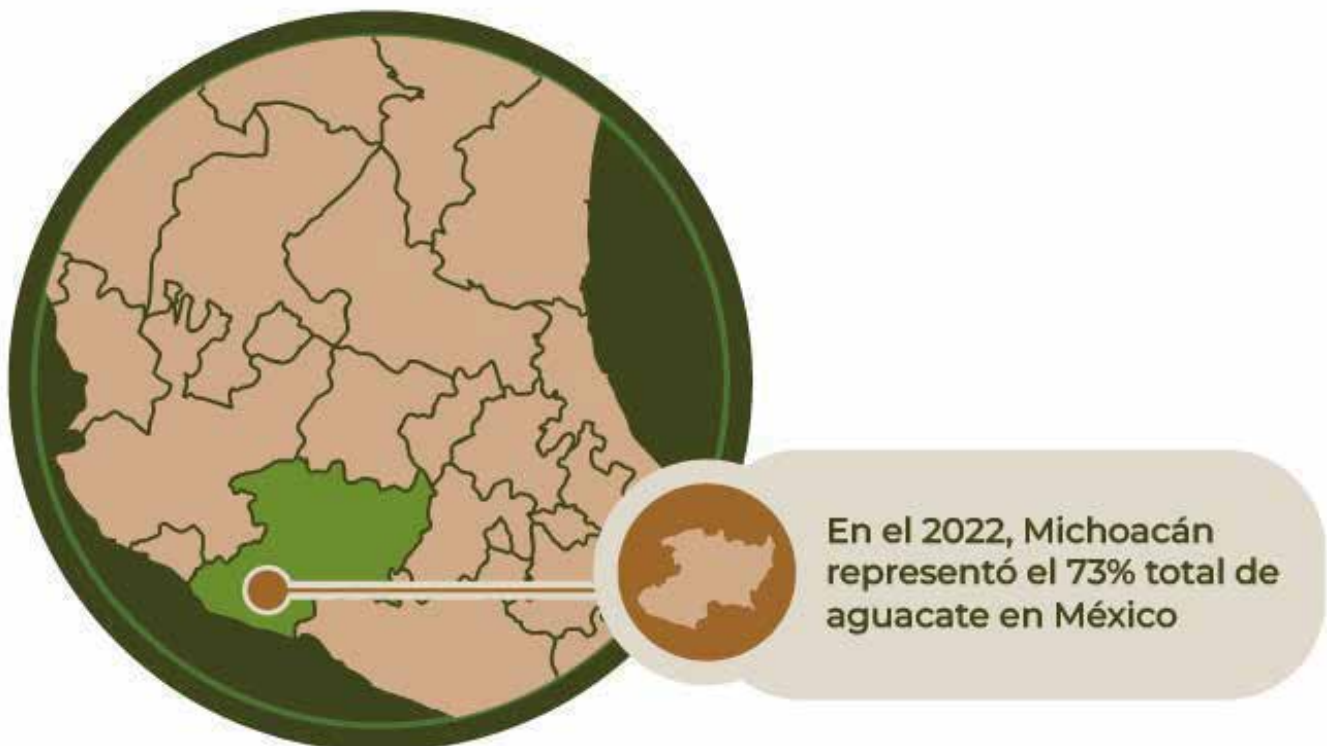


Figura 1. Región geográfica en donde se concentró el 90% de la producción de aguacate en México (2022), imagen elaborada con: freepik.com



Fig. 3. Proceso de obtención de almidón a partir de la semilla de aguacate. En el laboratorio se utilizaron 20 kg de semillas de aguacate tipo Hass para obtener 6 kg de almidón como materia prima para ser procesada en planta piloto. Imagen: elaboración propia.

Pero... ¿Cómo podría la semilla de aguacate y su contenido de almidón servir como materia prima en la producción de biocombustibles? Partamos de: ¿Qué son los biocombustibles?

Son aquellos combustibles que se producen a partir de la biomasa, la cual es materia orgánica originada en un proceso biológico (como la caña de azúcar, el sorgo, el girasol, los residuos de cultivos, etc.). La figura 2 ilustra algunos ejemplos de biomasa como: residuos de cultivos, girasol, sorgo, caña de azúcar y maíz. Estas permiten la producción de biocombustibles como: bioetanol, biodiesel, biogás, entre otros; los cuales son considerados como energía renovable (Diwan *et al.*, 2020).

Un ejemplo es el etanol, utilizado principalmente como combustible en mezclas con gasolina. En México, se puede utilizar hasta un 10% en volumen de etanol anhidro cuando se mezcla con gasolina (DOF, 2017); sin



Fig. 2. Ejemplos de biomasa en la obtención de biocombustibles como: residuos de cultivos, girasol, sorgo, caña de azúcar y maíz. Imagen elaborada con: www.flaticon.com

embargo, puede llegar a combinarse hasta un 85% en volumen en vehículos de combustible flexible (Bušić *et al.*, 2018).

Ahora volvamos al aguacate... ¿Cómo se utiliza el almidón de la semilla de aguacate para producir bioetanol? Existen 4 etapas principales en el proceso de producción de bioetanol a partir de materias primas que contienen almidón en su estructura: pretratamiento, hidrólisis, fermentación y purificación (Bušić *et al.*, 2018). El pretratamiento consiste en romper la estructura vegetal de la biomasa para exponer sus componentes (como es el caso de la extracción de almidón, representado en la Figura 3).

Posteriormente, la etapa de hidrólisis consiste en descomponer el almidón en azúcar, es decir, la amilosa y la amilopectina se separan en unidades de glucosa a través de ácidos o enzimas. En la fermentación se utilizan microorganismos que son capaces de transformar los azúcares liberados en biocombustibles, un microorganismo muy conocido que realiza este proceso son las levaduras, las cuales consumen glucosa y la transforman en bioetanol. Finalmente, el bioetanol es purificado del caldo de fermentación para ser utilizado como biocombustible.

La producción de bioetanol a partir de la semilla de aguacate (figura 4), representa una alternativa que podría ser incorporada al procesamiento del aguacate para disminuir los residuos generados por esta industria y



Fig. 4. Proceso general propuesto para la obtención de bioetanol a partir de la semilla de aguacate. En la planta piloto se procesaron 6 kg de almidón y fue tratado con ácido para producir glucosa, la cual fue fermentada por levaduras *Saccharomyces cerevisiae* para obtener 2.5 litros de bioetanol. Imagen elaborada con: www.123rf.com

transformarlos en un biocombustible que puede ser utilizado en mezclas con gasolina.

El almidón una de las materias primas utilizadas en la obtención de biocombustibles se puede obtener también del maíz, el trigo y la papa, sin embargo, todos ellos se encuentran en cultivos esenciales de consumo humano, por lo que el almidón contenido en la semilla de aguacate (un desecho del fruto) representa una fuente potencial de biomasa para la obtención de biocombustibles debido a que no compite con fuentes de alimento.

¿Cuáles son los retos del uso de la semilla de aguacate? Es evidente que, para disponer de este residuo, debe de existir la disponibilidad de este fruto; sin embargo, el consumo masivo de aguacate causa muchos problemas medioambientales derivados del uso del suelo (pérdida de biodiversidad y calidad del suelo relacionado con la conversión de bosques en monocultivos), el transporte (la mayor producción de este fruto es exportada) y la eliminación de sus residuos (Del Castillo-Llamosas *et al.* 2021). Por lo anterior la producción de este fruto debe ser regulada, es decir, no se trata de promover aún más el cultivo de aguacate, sino aprovechar los resi-

duos disponibles y aprovechar que es un fruto que se cultiva durante todo el año. Por otro lado, después de extraer el almidón, queda un residuo que deberá ser caracterizado y explorar alternativas de su procesamiento para la valorización integral de la semilla y, con ello, mitigar la generación de estos residuos.

CONCLUSIONES.

En búsqueda de nuevas fuentes de biomasa para la obtención de biocombustibles, la semilla de aguacate tiene un enorme potencial para la producción de bioetanol, debido al alto contenido de almidón en su estructura y a su disponibilidad como residuo (no compite como fuente de alimento), por lo que su incorporación a los procesos productivos podría minimizar la generación de estos residuos y valorizar la industria de aguacate.

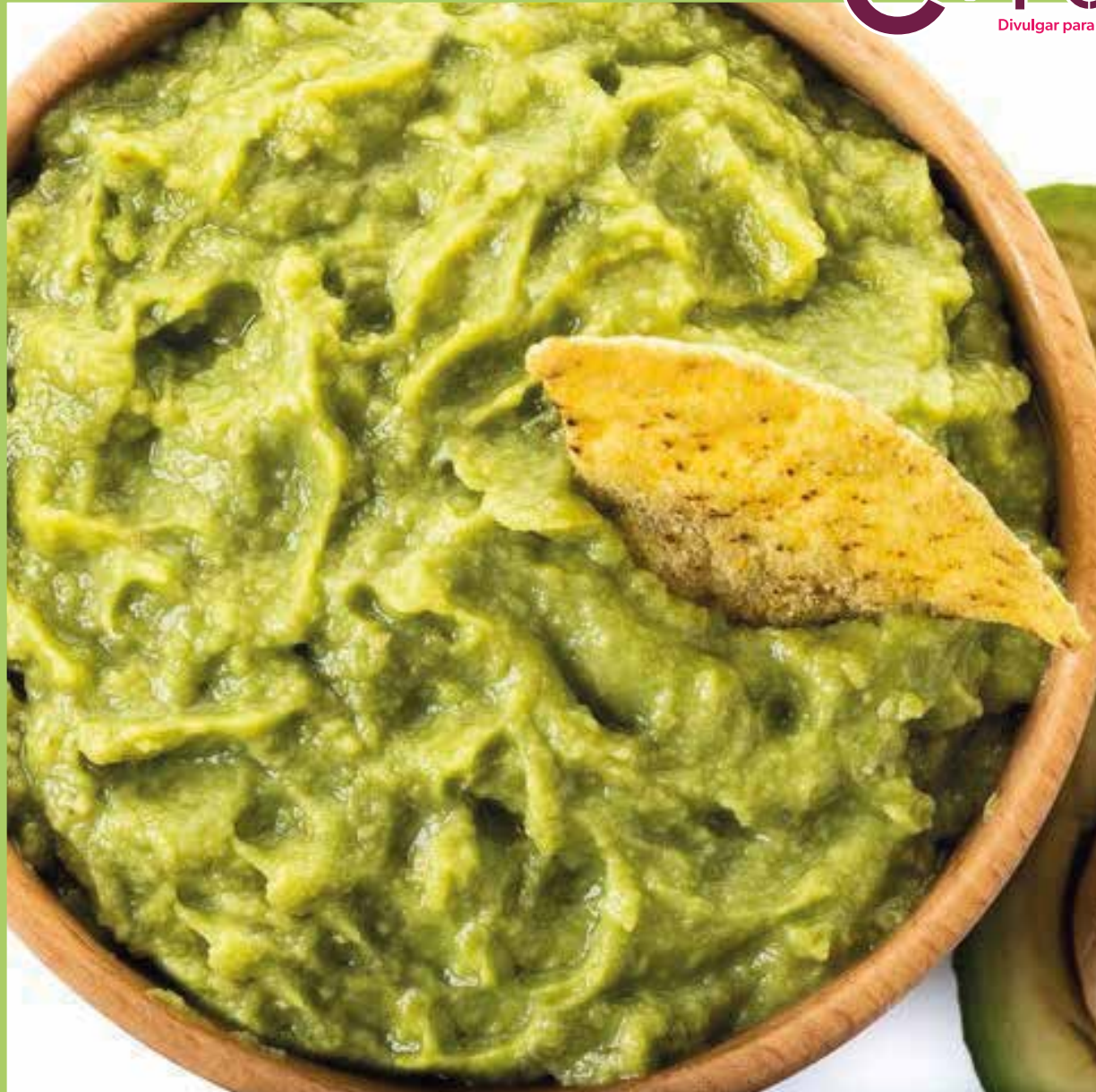
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A., Bušić, N., Marđetko, S., Kundas, G., Morzak, H., Belskaya, M., Ivančić Šantek, D., Komes, S., Novak & Šantek, B. (2018). Bioethanol

production from renewable raw materials and its separation and purification: a review. *Food Technology and Biotechnology*, 56(3): 289-311. <https://doi.org/10.17113/ftb.56.03.18.5546>

- A., Del Castillo-Llamosas, P. G., del Río, A., Pérez-Pérez, R., Yáñez, G., Garrote & Guillón, B. (2021). Recent advances to recover value-added compounds from avocado by-products following a biorefinery approach. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, 28, 100433. <https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2020.100433>
- Diario Oficial de la Federación. (2017, 26 de junio). Modificación de la Norma Oficial Mexicana NOM-016-CRE-2016, Especificaciones de calidad de los petrolíferos. Obtenido de: https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5488031&fecha=26/06/2017#gsc.tab=0
- Diwan, B., Mukhopadhyay, D. & Gupta, P. (2020). Recent trends in biorefinery-based valorisation of lignocellulosic biomass. En N., Krishnaraj-Rathinam & R. K., Sani (Eds.), *Biovalorisation of wastes to renewable chemicals and biofuels* (219-242). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817951-2.00011-0>
- L., Caballero-Sanchez, P.E., Lázaro-Mixteco, A., Vargas-Tah & Castro-Montoya, A.J. (2023). Pilot-scale bioethanol production from the starch of avocado seeds using a combination of dilute acid-based hydrolysis and alcoholic fermentation by *Saccharomyces cerevisiae*. *Microbial Cell Factories*, 22(119). <https://doi.org/10.1186/s12934-023-02110-5>
- R. G., Araújo, R. M., Rodríguez-Jasso, H. A., Ruiz, M. M. E., Pintado & Aguilar, C. N. (2018). Avocado by-products: nutritional and functional properties. *Trends in Food Science & Technology*, 80: 51-60. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.07.027>

•Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2023, 26 de julio). Producción anual agrícola. Obtenido de: <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119>



NEMATODOS ENTOMOPATÓGENOS: GUACAMOLE Y “SUPER BOWL”

Isaac Zepeda-Jazo, Oscar Giovanni Gutiérrez-Cárdenas, María Guadalupe Sánchez-Saavedra¹

¹ Genómica Alimentaria, Universidad de La Ciénega del Estado de Michoacán de Ocampo, aizepeda@ucemich.edu.mx.

El aguacate es un cultivo de gran importancia económica en México y en el extranjero. Por ejemplo, es una de las botanas predilectas y más tradicionales para disfrutar en el Super Bowl (la gran final de la NFL en EE. UU.). Este cultivo se ve afectado por diversas plagas que causan daños significativos en los frutos y en los árboles.

Tradicionalmente, el control de plagas se basa en la aplicación de insecticidas químicos. Sin embargo, el uso excesivo e irracional de esas sustancias tiene efectos negativos sobre el ambiente y la salud, además de con el paso de los años se desarrolla resistencia; es decir, que el insecto ya no se ve afectado por el plaguicida. Por ello se ha promovido la búsqueda de alternativas más sanas y sostenibles que perduren sin afectar el ambiente, como el control biológico de plagas.

Una estrategia es el uso de microorganismos con capacidad de producir enfermedad en los insectos como los nematodos entomopatógenos (NEPs), que han sido objeto de revisión y estudio para el control de plagas en diversos cultivos, incluyendo el aguacate. Los NEPs son microorganismos que obligadamente parasitan e infectan a las plagas y les causan la muerte.

Al enfermar de forma específica a ciertas especies, no representan un peligro para otros organismos que no sean el objetivo de control, como las abejas o los humanos. En esta revisión se presenta el panorama general del cultivo de aguacate en Michoacán, su importancia en la exportación y consumo durante el Super Bowl, las principales plagas que aquejan el cultivo y el uso de los NEPs como una alternativa de control biológico viable y prometedora para el manejo de insectos plaga.

Palabras clave: control biológico, plagas agrícolas, sustentabilidad.

AGUACATE

El aguacate, cuyo nombre científico es *Persea americana*, es una de las 85 especies del género *Persea* que tienen su origen en las regiones tropicales y subtropicales de Centroamérica y México (Barrientos *et al.*, 2007).

El cultivo del aguacate inició hace aproximadamente 7,000 a 9,000 años en Mesoamérica, y con el intercambio comercial entre diferentes civilizaciones se distribuyó y adaptó a diferentes partes del continente. Con una superficie de más de 200,000 hectáreas cose-

chadas de aguacate, lo que equivale a casi el doble que la superficie de la capital del Estado de Michoacán, Morelia; y una producción superior a dos millones de toneladas anuales, el aguacate es uno de los principales cultivos perennes o plantas que viven más de dos años que se encuentran presentes en México y hacen de este país el primer productor mundial. Actualmente el estado de Michoacán es el mayor productor de aguacate en México, ya que cada año aporta el 80 % de la producción nacional y ocupa una superficie de 134,941 hectáreas que producen un millón 725 mil toneladas de aguacate, que equivalen a casi 40 mil millones de pesos.

Al ser un producto mayormente destinado a la exportación, el aguacate es uno de los cultivos más demandantes en el manejo fitosanitario, pues se requieren medidas para evitar plagas y enfermedades que limiten su aceptación en el mercado; además, tales medidas deben ser en la mayoría de los casos biológicas por la importancia del aguacate en la exportación.

El disminuir o evitar el uso de insecticidas químicos, trae como consecuencia una mayor aceptación en el mercado internacional y con ello un incremento en los precios de comercialización.

IMPORTANCIA DEL CULTIVO, PROBLEMÁTICA Y ALTERNATIVAS

Aunque la población mexicana es una consumidora importante de aguacate, gran parte de la producción se exporta a diversos países como Australia, Chile, China, entre otros, donde destacan los Estados Unidos de Norteamérica.

En particular, en este país el año pasado cada ciudadano consumió en promedio 4 kg de guacamole; en México es casi el doble. Durante la temporada y celebración del Super Bowl, este platillo oriundo mexicano ocupa el tercer lugar en consumo durante este evento (Figura 1).

Cabe destacar que el 80 % del aguacate consumido durante esas fechas proviene de México. Sin embargo, la producción de frutos de este cultivo se ve limitada por diversos



Figura 1. Nematodo y su relación con el Super Bowl creación propia.

problemas de plagas que ponen en riesgo el abastecimiento nacional e internacional.

Las principales son:

Escarabajo barrenador de ramas del aguacate. La larva o gusano perfora la rama hasta llegar a la médula, lo que provoca daño en las hojas (defoliación), la interrupción de flores y con ello que los frutos se marchiten. Cuando las ramas con frutos se infestan con altas poblaciones de estos insectos se quiebran y con ello se pierde la cosecha (Equihua *et al.*, 2007).

Escarabajo barrenador del fruto y la semilla. Las larvas perforan el fruto hasta llegar a la semilla y como producto de desecho se observa un polvo color café similar al aserrín (Garbanzo, 2011), al final el fruto pierde consistencia lo que afecta negativamente su apariencia y sabor.

Trips. Tanto las larvas como los adultos de estos insectos causan daños al lesionar principalmente el fruto tierno y flores del aguacate, con lo que provocan deformaciones y afectan su apariencia para la venta (Campos *et al.*, 2017), sin embargo, no se ha reportado que pueda cambiar el sabor del fruto.

Ácaros fitófagos. Estas pequeñas arañas absorben la savia de brotes nuevos, flores, hojas y frutos en formación, lo que puede causar el amarillamiento de las hojas (enfermedad conocida como clorosis) y la pérdida de las hojas del árbol (Campos *et al.*, 2017).

Para disminuir el impacto de estas plagas, el productor se ve obligado a la aplicación de plaguicidas, sin embargo, las limitantes impuestas en la aplicación de productos químicos en aguacate como producto de exportación para el manejo de plagas, acentúan la necesidad de una alternativa sostenible para su manejo como lo es el control biológico (González *et al.*, 2000) además de que prácticamente todos los insectos considerados plaga han desarrollado o pueden desarrollar algún nivel de resistencia a los insecticidas químicos.

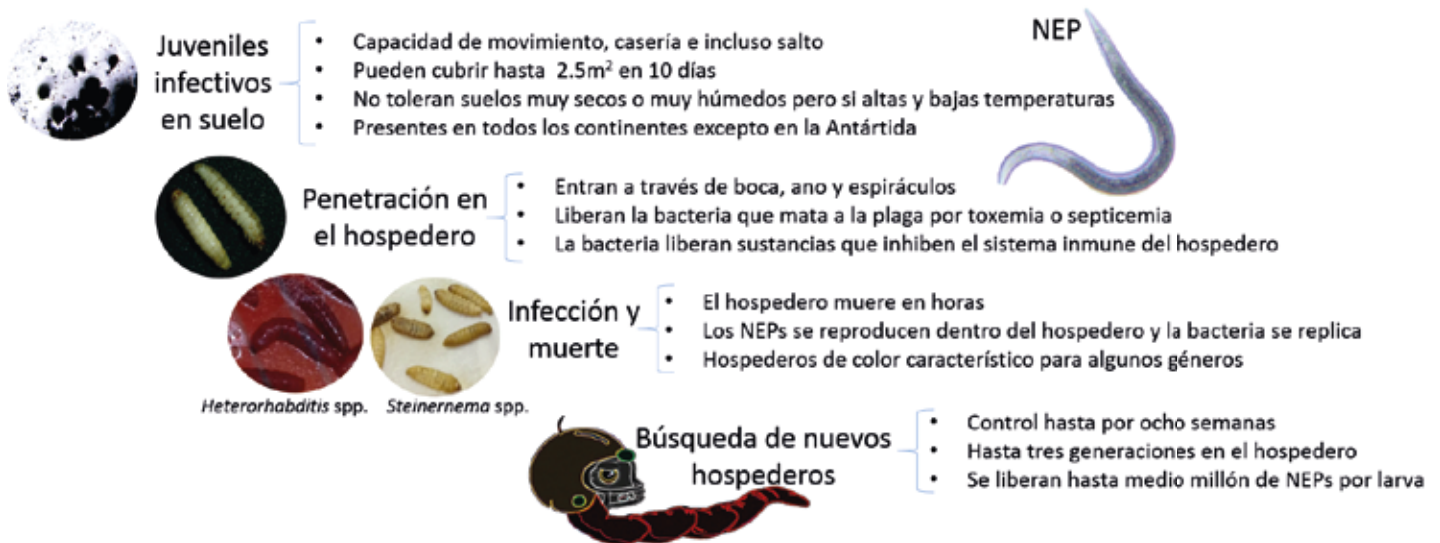


Figura 2. Características y proceso de infección de NEPs (Elaboración propia).

El control biológico, es una alternativa al uso de insecticidas químicos, consiste en el uso de enemigos naturales nombrados parasitoides que usan al insecto para reproducirse, depredadores que se alimentan de las plagas y entomopatógenos que enferman insectos para mantener una baja densidad de plagas.

Nicholls-Estrada (2008) define el control biológico en tres tipos: el clásico que se basa en el uso de especies exóticas que no son propias del lugar cuando no existen enemigos naturales nativos; el aumentativo que favorece el desarrollo de las poblaciones de enemigos de plagas mediante la liberación constante de numerosos individuos en los campos agrícolas; y el control biológico por conservación busca proteger y mantener las poblaciones de los enemigos naturales de las plagas que habitan en las tierras agrícolas y que ya ejercen un control sobre la plaga.

Los NEPs, son una especie de gusanos redondos con capacidad de uso como insecticidas microbianos, es decir tienen la capacidad y necesidad de parasitar y consumir insectos para su desarrollo y reproducción. Los NEPs con mayor potencial para el manejo de plagas agrícolas son de los géneros *Steinernema* y *Heterorhabditis* (Adams y Nguyen, 2002) y recientemente se han reportado nuevas especies de nematodos en México con potencial entomopatógeno como *Oscheius*

myriophilus, *Pristionchus spp* y *Rhabditis spp*.

Los nematodos entomopatógenos se caracterizan por su asociación mutualista con bacterias, es decir, mantienen una relación en la que ambos organismos se benefician; al nematodo le sirve a la bacteria como vehículo para penetrar al insecto y las bacterias tienen la cualidad de producir una infección sobre la plaga y matarla (Adams y Nguyen, 2002), una vez muerta la plaga, los NEPs se alimentan y se reproducen dentro de ella.

Los nematodos poseen diversas ventajas, tales como una elevada variedad de hospedantes, se reproducen masivamente y son fácilmente aplicados en campo (Hazir *et al.*, 2022), su efecto puede ser superior al químico llegando a matar incluso el 100 % de los insectos plaga ya que además de su poder infectivo, estos tienen la capacidad de búsqueda.

Los nematodos también llamados “gusanos redondos” son de muy pequeño tamaño que va de entre 3 y 10 cabellos humanos de ancho y cuyo movimiento puede visualizarse a simple vista, son largos y tubulares y tienen el cuerpo no segmentado, es decir, que no se distinguen las diferentes partes que lo componen.

El ciclo de vida de los NEPs consta de varias fases: huevo, cuatro estadios juveniles y adulto. Estos se ven atraídos por los insectos u hospederos por señales químicas e incluso por su respiración, buscan a su hospedante y se distribuyen en el suelo con la característica de ponerse erguidos e incluso saltar (Hazir et al., 2022), el nematodo cuya fase que produce la infección se denomina juvenil infectivo, con su alta capacidad de moverse encuentra a la plaga y la penetra a través de la boca, ano y a través de estructuras por donde respiran los insectos llamadas espiráculos.

Una vez dentro del insecto, los nematodos liberan la bacteria que se multiplica en la hemolinfa o sangre del hospedero y la plaga muere entre 24-48 horas después del contacto (Hazir et al., 2022) (Figura 2).

Para multiplicar los NEPs se puede hacer mediante técnicas in vivo es decir dentro de un organismo usado como sustrato. La técnica es simple, se usan larvas de insectos, estas se ponen en contacto con la especie de NEP a multiplicar y una vez parasitadas y reproduciéndose el nematodo en gran número (millones), estos se aplican mediante el riego agrícola o aspersión.

CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

A nivel mundial, el uso de NEPs en el control de plagas del aguacate ha mostrado resultados prometedores en estudios en laboratorio y campo donde se ha constatado su virulencia sobre insectos perforadores conocidos en la ciencia como barrenadores, gallina ciega, mariposas como la del gusano cogollero del maíz y ácaros; por lo que pueden ser una alternativa viable para disminuir el uso de agroquímicos en cultivos agrícolas y en el caso particular del cultivo de aguacate, mediante el uso de NEPs se puede asegurar el abastecimiento mundial y por ende la disponibilidad de guacamole para disfrutar el Super Bowl en los próximos años sin afec-

tar a los agro ecosistemas. En la Universidad de La Ciénega del Estado de Michoacán de Ocampo (UCEMICH) se desarrollan proyectos enfocados al uso de nematodos entomopatógenos, donde se cuenta con algunos nematodos nativos identificados ya a nivel de especie; además, se explora su capacidad de infectar otras plagas regionales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adams, B. J. & Nguyen, K. B. (2002). Taxonomy and systematics. En: R. Gaugler (Ed.), *Entomopathogenic Nematology*. (pp. 1-34). New York: CABI. <https://doi.org/10.1079/9780851995670.0001>
- Barrientos, P. A. F. Muñoz, P. R. B. Reyes, A. J. C. Borys, M. W. & Martínez, D. M. T. (2007). Taxonomía, cultivares y portainjertos En D. Téliz-Ortiz, & A. A. Mora (Eds.), *El aguacate y su manejo integrado*. (pp. 31-62) México, D. F.: Mundi Prensa.
- Campos, J. R. Reyes, A. E. & Eugenia, D. C. L. C. (2017). Inocuidad en aguacate: Inocuidad y trazabilidad en los alimentos mexicanos. Guadalajara: CIATEJ. Obtenido de: <http://ciatej.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1023/634>
- Equihua, M. A. Estrada, V. E. González, H. H. Gasca, C. L. Salinas, C. A. Gonzales, A. J. Mora, A. G. & Téliz-Ortiz, D. (2007). El aguacate y su manejo integrado. *Plagas*. En: D. Téliz-Ortiz & A. A. Mora (Eds.), (pp 133-165) México, D. F.: Mundi-Prensa.
- Garbanzo, M. (2011). *Manual de aguacate: buenas prácticas de cultivo variedad Hass*. 2 ed. San José: Ministerio de Agricultura y Ganadería. Obtenido de: <https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-4259.pdf>.
- González, H. H. Johansen, R. Gasca, C. Equihua, A. Salinas, C. Estrada, E. D. & Valle, A. (2000). *El aguacate y su manejo integrado*.

Plagas del aguacate. En D. Téliz y Mora, A. A. (Eds.), (pp. 117-136). México, D. F.: Ediciones Mundi-Prensa.

- Hazir, S. Kaya, H. Touray, M. Çimen, H. & Shapiro, I. D. (2022). Basic laboratory and field manual for conducting research with the entomopathogenic nematodes, *Steinernema* and *Heterorhabditis*, and their bacterial symbionts. *Turkish Journal of Zoology*, 46 (4): 305-350. <https://doi.org/10.55730/1300-0179.3085>
- Nicholls-Estrada, C. I. (2008). Control biológico de insectos. Un enfoque agroecológico. Antioquia: Editorial Universidad de Antioquia. Obtenido de: <https://archive.foodfirst.org/wp-content/uploads/2016/01/Control-biologico-de-insectos-un-enfoque-agroecologico.pdf>.
- Nicholls-Estrada, C. I. (2008). Control biológico de insectos. Un enfoque agroecológico. Antioquia: Editorial Universidad de Antioquia.



NUTRICIÓN ORGÁNICA EN EL AGUACATERO

Luis Mario Tapia Vargas¹, Adelaida Stephany Hernández Valencia² y Anselmo Hernández Pérez²

¹ Campo Experimental Uruapan-INIFAP. Uruapan, Michoacán

² Postgrado en Fitosanidad-Fitopatología. Colegio de Postgraduados, Texcoco, Estado de México.
hernandez.adelaida@colpos.mx

México se consolida como el principal productor de aguacate (*Persea americana*) a nivel mundial, nuestro país es el líder en producción y exportación de aguacate, con una producción promedio anual de 2.4 millones de toneladas (mdt), de estas, en 2022 exportó 1.67 mdt a 34 países. El aguacate mexicano se encuentra entre una de las frutas de mayor demanda en el país vecino, Estados Unidos de Norteamérica, que es el que consume la mayor parte de las exportaciones del aguacate michoacano. La nutrición orgánica es una alternativa eficiente y sostenible que puede ser de impacto positivo en el cultivo del aguacate, además, los desechos orgánicos, materia prima de las compostas y vermicompostas, son de bajo precio y el beneficio es mayor por la transformación de suelos inertes a suelos con vida microflora y microfauna. Las prácticas agrícolas convencionales fomentadas por la revolución verde han ocasionado un deterioro alto de los recursos naturales. En el cultivo del aguacate es importante el manejo integrado, donde todos los componentes en la producción están dentro de un equilibrio. La alta producción en aguacate en Michoacán demanda un compromiso al actuar con firmeza en la protección del medio ambiente y a la explotación en la agricultura dentro de un equilibrio ecológico.

Palabras clave: nutrición orgánica, aguacate Hass, manejo sostenible.

LA MICROBIOLOGÍA EN LA RIZOSFERA DEL AGUACATE

El suelo es una parte fundamental para el cultivo de aguacate, ya que le permite el anclaje al suelo, además permite a sus raíces crecer buscando agua y nutrientes. Otra parte importante es la rizosfera, esta parte se refiere a la porción de suelo que rodea y está influenciado por las raíces de una planta (Azcón & Talón, 2008).

La interacción raíz-suelo se define como el efecto de rizosfera, fisiológicamente la raíz ejerce influencia directa en las comunidades microbianas por efecto de la exudación de compuestos orgánicos que son fácilmente asimilables y que forman la principal fuente de nutrientes y energía para los diferentes microorganismos rizosféricos (Ferrera *et al.*, 2013).

En la rizosfera del aguacate se pueden encontrar bacterias capaces de estimular el crecimiento del árbol, bacterias que solubilizan fosfatos y los hacen más accesibles al árbol, bacterias productoras de hormonas vegetales y hongos micorrízicos arbusculares.

En las plantas acompañantes del aguacate puede existir la presencia de microorganismos simbióticos fijadores de N₂ atmosférico.

IMPORTANCIA DE LA MATERIA ORGÁNICA EN EL CULTIVO DE AGUACATE

Los suelos donde se produce el aguacate en Michoacán adolecen en general de materia orgánica, son de baja fertilidad y presentan baja capacidad de intercambio catiónico, debido a que las partículas que coadyuvan en esta propiedad están presentes en ba-

jas cantidades; además, el estar sometidos a altas precipitaciones en la temporada de lluvias, los cationes y los nitratos son lixiviados o arrastrados a capas profundas fuera del alcance radicular (Tapia *et al.*, 2012).

La materia orgánica tiene una alta importancia al mejorar las propiedades físicas y químicas de la tierra (suelo), que permite un mejor desarrollo del cultivo. De la devolución de la materia orgánica a las tierras agrícolas depende el mantenimiento de la fertilidad a largo plazo. Los restos orgánicos depositados en el suelo están sujetos a la degradación por hongos y bacterias, estos propician que los elementos nutritivos vuelvan a estar disponibles en el suelo para ser consumidos por las plantas (Larios *et al.*, 2019).

En este caso, la utilización de productos orgánicos en aguacate busca subsanar las deficiencias nutricionales endémicas del suelo aguacatero y proporcionar compuestos orgánicos para retener y hacer disponible los nutrientes que el cultivo requiere (Villalba *et al.*, 2015). Bajo estas consideraciones, los fermentos orgánicos han probado su eficacia en el mejoramiento de las propiedades físicas y químicas del suelo y, además, estimula el desarrollo de microorganismos benéficos, que inducen un mayor desarrollo radicular y la posibilidad de absorber agua y nutrientes que de otra forma no sería posible para el cultivo (Huitzacua, 2017).

El costo económico y ecológico de producir biofertilizantes y fertilizantes industriales es mayor en estos últimos, con una diferencia de hasta 57 % mayor que en el manejo con orgánicos (Salinas, 2021). Uno de los fertilizantes orgánicos más usados es la composta además, es fácil de producir, sus insumos son residuos de cocina, del campo y pecuarios, no requiere gran infraestructura, e incrementa los contenidos de materia orgánica del suelo (Vázquez *et al.*, 2015).

En la naturaleza todo se puede reciclar, tal es el caso de excrementos de animales, hojas, flores, frutos, restos de poda, restos de

cosecha, etc. Estos al descomponerse y ser expuestos al efecto de los microorganismos permiten que los nutrientes vuelvan al suelo. La composta es definida por la Asociación Mexicana de Agricultores Ecológicos fundada en 1992, como el arte y la ciencia para obtener productos agropecuarios sanos, mediante técnicas que favorezcan las fuentes naturales de fertilidad del suelo, sin el uso de agroquímicos contaminantes, mediante un programa preestablecido de manejo ecológico (Larios *et al.*, 2019).

La utilización de microorganismos del suelo para aumentar los rendimientos de los cultivos es una alternativa amigable con el medio ambiente, barata y sustentable (Ferrera *et al.*, 2013).

El compostaje conlleva un proceso acelerado y controlado de la fermentación. Para que se logre un compostaje apropiado se debe cuidar las condiciones de humedad y aireación adecuada para que se lleven a cabo tres fases de importancia en el proceso de degradación: de latencia y crecimiento, termófila y maduración (Larios *et al.*, 2019).

COMPOSTA BOCASHI

Esta composta se realiza con pacas de paja (dos), sacos de hojarasca seca (dos), estiércol (100 Kg), carbon quebrado (15 Kg), salvado de trigo (15 Kg), cal hidratada (5 Kg), levadura (250 g), melaza (5 L) y agua. Los productos se deben mezclar completamente y se cubren con plástico, se revisa por las mañanas o por las tardes, si está muy caliente se debe voltear, esta rutina se sigue por 15 días que es cuando esta lista y se puede aplicar (Larios *et al.*, 2019). Lo ideal es utilizar inmediatamente el bocashi, no se aconseja almacenarlo por más de tres meses.

El producto se puede aplicar directamente al suelo o mezclado con turba, incorporando al suelo o cubrirlo con la hojarasca del cultivo, esta práctica produce un efecto benéfico al

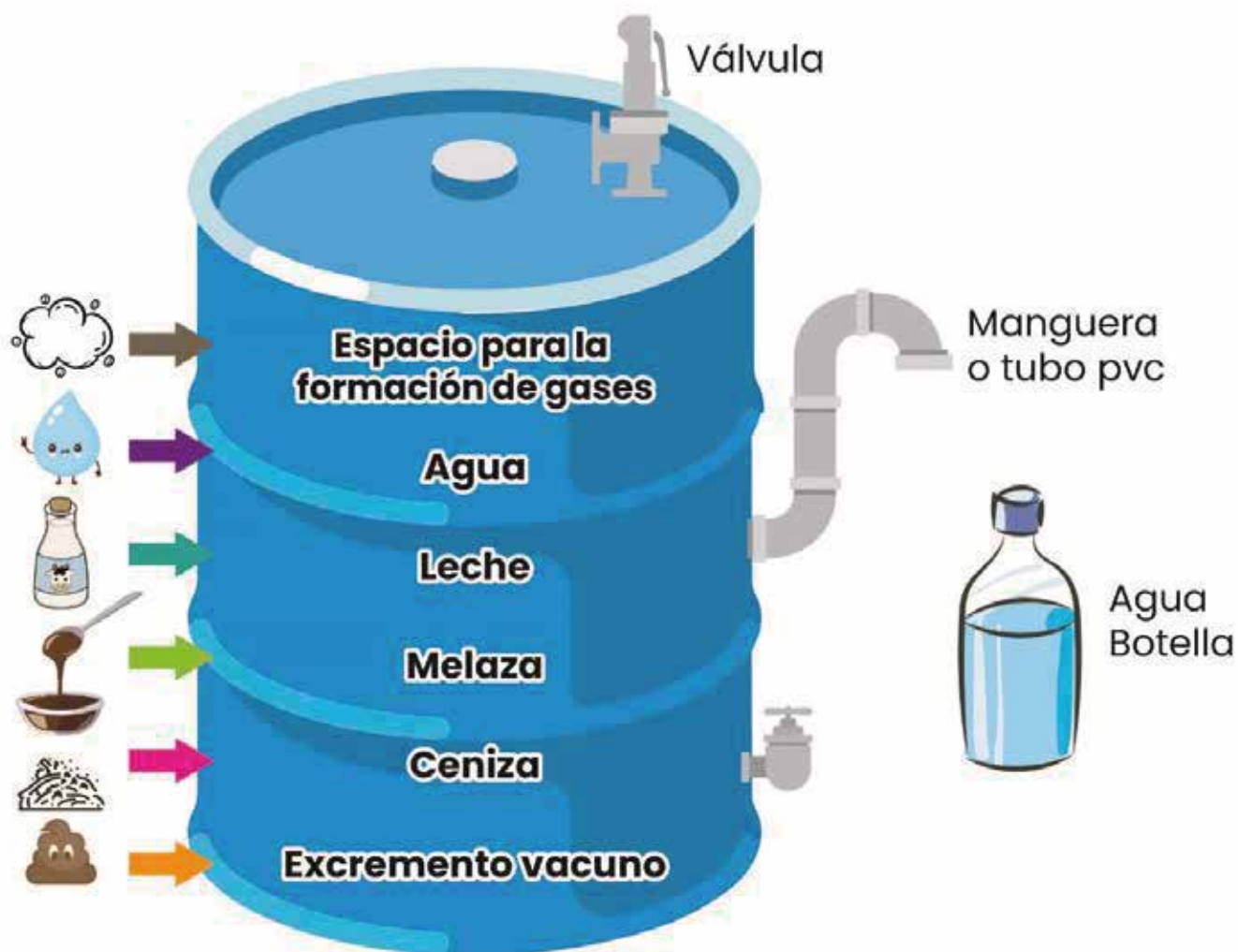


Figura 1. Biodigestor casero para inducir la fermentación de biofertilizantes en aguacate (modificado de Téliz y Mora, 2019).

recuperar la vida y salud de los suelos, facilita la disponibilidad de los nutrientes y suprimir o controlar microorganismos que causan enfermedades radiculares, a manera de un control biológico de plagas (Suchini, 2012). Los elementos nutritivos que aporta el Bokashi, además de materia orgánica, minerales como N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu y B (Mendivil *et al.*, 2020).

TIPOS DE PRODUCTOS ORGÁNICOS NUTRICIONALES EN AGUACATE

BIOFERTILIZANTES

LÍQUIDOS

Los biofertilizantes líquidos simples no llevan adición de sales minerales sintéticas, un ejemplo es el super magro, el cual se elabora en un tambo de 200 L, modificado como un biodigestor que permita la fermentación (Figura 1). Los ingredientes son agua (180 L), estiércol (50 Kg), ceniza de leña (3-5 Kg), leche cruda o suero (2 (4) L), melaza (2 L), levadura (100 g).

El estiércol y la ceniza se mezclan en el agua, después se agregan los demás ingredientes, el biofertilizante simple estará entre 20-30 días, el compuesto en 40 días, mientras el supermagro dura 40 días y 15 días en maduración. El biofertilizante estará listo al adquirir un color ámbar brillante y olor a fermento.

La diferencia entre estos compuestos es la fermentación anaeróbica en cámaras cerradas (Larios *et al.*, 2019), otra diferencia es la utilización de leche cruda o suero, la fermentación desprende gas que debe liberarse y el producto resultante nutriente es líquido para aplicación foliar o al suelo. Un mayor tiempo de maduración proporciona mayor calidad nutritiva del producto (Benavides y Tulcan, 2015).

Una vez que está listo el biofertilizante, se cuele, se diluye en agua (5 a 10 L) de biofertilizante por cada 100 L de agua, para aplicarse al follaje; para fertirriego de 30 a 35 L por cada 100 L de agua y se aplica al suelo o al follaje (Larios *et al.*, 2019). Es importante que la botella con agua este conectada al tubo o a la manguera, porque de esta forma el biofertilizante se distribuye de manera uniforme con el agua.

La obtención de este biofertilizante provee algunas ventajas con respecto a otros productos debido a que con el incremento de temperatura derivada de la fermentación anaeróbica (García, 2016), la generación de biofertilizantes simples es más rápida (Larios, 2019), la aplicación de estos productos, incrementa las poblaciones de bacterias, hongos y actinomicetos que activan la microflora del suelo y protege la calidad del medio ambiente (Bárceñas *et al.*, 2004), liberando nutrientes como el fósforo de forma bacteriana que en los suelos aguacateros tiende a fijarse y no estar disponible (Vargas y Barquero, 2019).

LOMBRICULTURA

Se refiere a la cría de lombrices en un ambiente controlado para la producción de humus resultante de la alimentación de estas a partir de materia orgánica y para obtener la materia seca de su propio cuerpo. El uso de humus de lombriz es una alternativa de fertilización dentro del manejo ecológico de nutrición vegetal ya que es rico en nutrientes.

La especie de lombriz utilizada es la roja californiana (*Eisenya foetida*), donde una sola lombriz puede generar 10 000 descendientes en un año (Larios *et al.*, 2019). La variedad de alimentos aplicados a los dispositivos de lombricomposta enriquece la calidad y el contenido de nutrientes de alta calidad fisicoquímica y microbiológica (Félix, *et al.*, 2008).

El uso de lombricomposta en aguacate puede proteger al cultivo de las frecuentes heladas de la zona aguacatera de Michoacán. De acuerdo con Calderón *et al.*, (2023), esta práctica mejora el contenido de nitrógeno foliar e incrementa el contenido de Ca, Mg, Zn y Mn en el suelo, beneficiando al cultivo en su nutrición, sin embargo, las principales desventajas de esta tecnología es su fragilidad y el estrecho margen de temperatura para su mejor desarrollo y actividad humificadora (Domínguez y Gómez, 2010).

CONCLUSIÓN

El manejo orgánico en el cultivo de aguacate es importante al disminuir la contaminación, regenerar el suelo pues la actividad biológica de los microorganismos transforman productos contaminantes y desechos de la actividad humana a compuestos nutritivos que pueden alimentar a otros microorganismos o al cultivo bajo el cual se desarrollan, en este caso aguacate, mejoran la estructura, textura y espacio poroso del suelo al permitir mayor aereación, los desechos de los microorganismos floculan el suelo y le proporcionan estabilidad, solubilizan elementos como el fósforo por su actividad siderófora, al transcurrir la fermentación de los desechos, se eliminan por temperatura las bacterias y organismos patógenos por lo que los lixiviados y las compostas están libres de organismos patógenos, siendo inocuos para los cultivos.

Se incrementa el contenido de nutrientes y elementos esenciales para el cultivo, debido al proceso de mineralización de la materia orgánica composteada o procesada en la lombricultura. Se permite el desarrollo de

microorganismos benéficos, se obtienen productos inocuos y se reducen los costos de producción hasta un 57 % en el costo de los orgánicos y se puede tener menor dependencia de fertilizantes minerales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Azcón, B. J., & Talón, M. (2003). Fundamentos de fisiología vegetal. 2da edición. Madrid. McGraw-Hill. 651p.
- Bárcenas, O. A., Chávez, B. A.T., García, S.P.A., Olalde, P.V., Tulais, A.C.A., Zavala, G.A. (2004). Comparación de las características microbiológicas del suelo en huertos de aguacate bajo manejos orgánico y convencional. Session IV SIV-CP-04 II IBEM-PA Conference. Microorganisms for future Agriculture. Sevilla, España. 170-171 p.
- Benavides, V., Tulcan, G. (2015). Efecto de la utilización del caldo supermagro como fertilizante foliar de praderas, en la finca “El Portal” vereda Cubijan Alto – Corregimiento de Catambuco, Pasto Nariño. Tesis Profesional. Universidad de Nariño. Pasto, Colombia 47 p.
- Calderón T. C., Díaz, R.R., Contreras R. J., Pérez, R. E. (2023). Protección contra heladas mediante anticongelante, aminoácidos y lombricomposta en etapas fenológicas de frijol. Pub. Especial 29:21-31. <https://doi.org/10.29312/remexca.v14i29.3543>
- Domínguez J.M. y M. Gómez B. (2010). Ciclos de vida de las lombrices de tierra aptas para el vermicompostaje. Acta Zoológica Mexicana. Num Esp 2:309-320. Obtenido de: <https://www.scielo.org.mx/pdf/azm/v26nspe2/v26nspe2a23.pdf>
- Félix H. J. A., Sañudo, T.R., Rojo, M. G., Martínez, R.R., Olalde, P.V. (2008). Importancia de los abonos orgánicos. *Ra Ximbai*. 181:57-62. Disponible en: <https://www.re-dalyc.org/articulo.oa?id=46140104>
- Ferrera, C. R. & Alarcón, A. (2013). Microorganismos rizosféricos durante la fitorremediación de hidrocarburos de petróleo en suelos. pp 15-30. In: Alarcón, A. & Ferrera, C. R. (Eds). Biorremediación de suelos y aguas contaminadas. Editorial Trillas. México, D.F.
- García, G. G. (2016). Diseño de un Biodigestor para el mejoramiento de las aguas residuales en la parroquia de Tumbaco ejemplificado en los barrios Tola Chica, Tola Grande y Santa Rosa. Proyecto de Investigación. Universidad San Francisco de Quito, Ecuador. P. 107. Disponible en: <https://oa.mg/work/2550121877>
- Huitzacua, V. C. (2017). Evaluación de fertilizantes orgánicos y su efecto en la nutrición y desarrollo del aguacate. Tesis Profesional. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Uruapan, Mich. 75 p.
- Larios, G. A., Vidales, F. I., Tapia, V. M., Villaseñor, R. F. J. (2019). Producción orgánica y aguacate orgánico. In: Téliz O. D, A.A. Mora (2019). El Aguacate y su Manejo Integrado (pp. 237-263.). 2 Da Edición. Mundi Prensa. Mexico. 321 P.
- Mendivil, L.M., Nava, P.E., Armenta, B.A.D., Ruelas, A.R.D., Félix, H.J.A. (2020). Elaboration of an organic fertilizer type bocashi and its evaluation on germination and growth of radish. *Biotechnica* 22(1):17-23. <https://doi.org/10.18633/biotechnica.v22i1.1120>
- Salinas, G. J. (2021). Efecto de biofertilizante mineralizado a partir de cachaza en el rendimiento de caña de azúcar (*Saccharum spp. Híbrido*), ciclo soca en Central El Potrero, S.A. de C.V. Tesis de Maestría en Ciencias. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad Veracruzana. Orizaba, Ver. 83 p.

- Suchini R. J.G. (2012). Innovaciones agroecológicas para una producción agropecuaria sostenible en la región del Trifinio. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica. 44 p.
- Tapia V. L.M., Larios, G. A., Anguiano, C. J., Vidales, F. I., Barradas, M.V.L. (2012). Lixiviación de nitratos en dos sistemas de manejo nutricional y de agua en aguacate de Michoacán. *Rev. Int. Contam. Amb.* 3(28):251-258. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992012000300007&lng=es&tlng=es.
- Téliz, O. D, A.A. Mora. (2019). El Aguacate y su Manejo Integrado. 2 Da Edición. Mundi Prensa. Mexico. 321 P.
- Vázquez, V. P., García, L. M., Navarro, C.M.C., García, H. D. (2015). Efecto de la composta y té de composta en el crecimiento y producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en invernadero. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 36(1):1351-1356
- Vargas, B. P., Barquero L.C. (2019). Aislamiento y evaluación de microorganismos solubilizadores de fósforo de Andisoles de Costa Rica. *Agron Costarricense* 43(1):47-68. <http://dx.doi.org/10.15517/rac.v43i1.35649>
- Villalba, M. A., Damián, N. A., González, H.V.A., Talavera, M.O., Hernández, C.E., Palemón, A. F., Díaz, V. G. & Sotelo, N. H. (2015). Nutrición química y orgánica en aguacate Hass en Filo de Caballos, Guerrero, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. Pub. Esp.* 11:2169-2176. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i11.794>





¿DEBEN CONSUMIR AGUACATE LOS BEBÉS?

Susana Rodríguez Espino¹.

¹ Facultad de Ciencias Médicas y Biológicas "Dr. Ignacio Chavez", División de Posgrado, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. drasre@hotmail.com

La alimentación en los primeros 1,000 días de vida es esencial para una adecuada digestión y desarrollo cerebral. El aguacate es una fruta que se puede consumir como una alternativa de alimento complementario, se destaca que la composición de las grasas que contiene es semejante a la de la leche materna, por lo que, en bebés mayores de 6 meses en adelante, representan una fuente rica en: omega 3, vitamina B1, B6, E, ácido fólico y zinc, así como micronutrientes que fortalecen el sistema inmunológico disminuyendo el riesgo de contraer infecciones respiratorias y digestivas.

Es una fruta de textura suave, cremosa y de sabor agradable, fácil de preparar y conservar para ofrecer a bebés mayores de 6 meses de edad. Las grasas saludables contenidas en el aguacate son necesarias para construir un sistema nervioso sano e importantes para el desarrollo cognitivo y visual; un aporte insuficiente de este puede generar problemas intelectuales y hormonales en la vida adulta. Esta ventana crítica en el neurodesarrollo del niño implica cambios transcendentales para la salud y brinda una oportunidad para favorecer una adecuada plasticidad cerebral.

Palabras Claves: Aguacate, alimentación complementaria, bebé.

El aguacate (*Persea americana* Mill.) se originó en Mesoamérica y se cultivó por primera vez en México en el año 500 a.C (Dreher et al., 2013). Michoacán es considerado el primer productor de aguacate nacional y México el principal exportador mundial a países como: Estados Unidos, Francia, Japón, Canadá y China. Existen más de 400 variedades de aguacate, siendo la variedad Hass la más consumida y conocida por la población. Es una fruta muy accesible para consumo en territorio mexicano, el aguacate Hass contiene alrededor de 136 gramos de fruta comestible de textura suave, cremosa y de sabor agradable, es fácil de preparar y conservar.

Además, nutricionalmente es una fruta única y su consumo diario brinda beneficios positivos para la salud de niños. La alimentación en los primeros 1,000 días de vida es esencial para un crecimiento y neurodesarrollo óptimo (Comeford et al., 2016). Estos 1,000 días se dividen en dos etapas de la vida: la primera abarca desde la concepción al na-

cimiento (los primeros 270 días), y la segunda a los 2 primeros años de vida. Esta última es una etapa crítica en el desarrollo del niño, la cual brinda una oportunidad única para que los niño(a)s obtengan beneficios nutricionales e inmunológicos que necesitaran el resto de su vida.

La exposición a los alimentos y nutrientes adecuados durante los primeros 2 años puede afectar la salud futura a través de la programación metabólica o el desarrollo de gustos específicos (Hernández et al., 2016). La OMS recomienda que los lactantes comiencen a recibir alimentos complementarios además de la leche materna de 2 a 3 veces al día a partir de los 6 meses de edad.

Un mito muy extendido es que los bebés no deben comer productos grasos como el aguacate; sin embargo, los ácidos grasos monoinsaturados son necesarios para el crecimiento y desarrollo normales del sistema nervioso y cerebro del bebé, además propor-



Figura 1.- Imagen representativa . Fuente: pexels.com

cionan una fuente importante de antioxidantes (betacaroteno, luteína y zeaxantina), precursores de la vitamina A esenciales para la visión, inmunidad, salud del cabello y la piel.

La Academia de Nutrición Dietética establece que los alimentos que son ricos en energía y nutrientes como el aguacate debe usarse en bebés por su alto contenido en fibra contribuyendo a mejorar la microbiota intestinal y digestión. El aguacate es rico en ácidos grasos esenciales monoinsaturados (MUFA) y poliinsaturados (PUFA), principalmente del ácido oleico (MUFA), aunque también contiene una fuente importante ácidos grasos Omega 3, que ayudan con el desarrollo cognitivo del bebé (Comeford *et al.*, 2016).

El aguacate, también representa una fuente rica en vitamina B1, B6, E, ácido fólico y zinc, micronutrientes que fortalecen el sistema inmunológico disminuyendo el riesgo de contraer infecciones respiratorias y digestivas.

Su bajo contenido en azúcar con respecto a otras frutas lo hace el alimento ideal para ofrecer a los bebés en cualquier etapa de su crecimiento, evitando los efectos indeseables del consumo elevado de azúcar en edades tempranas.

En este sentido, la densidad energética moderada del aguacate, sus más de 20 vitaminas y minerales lo hace una fruta ideal para su consumo en lactantes. Otro de los mitos en torno al consumo de aguacate en los bebés, es el desarrollo de alergia alimentaria secundaria a la ingesta. El aguacate es un alimento seguro para los bebés y únicamente debe consultarse su consumo con un médico pediatra cuando existan antecedentes de alergia en los papás o hermanos (Comeford, *et al.*, 2016).

En cuanto a su aporte diario, la Encuesta Nacional de Examen en Salud y Nutrición (NHANES) recomienda de 30 a 60 gramos diarios

de aguacate en mayores de 6 meses (Dreher *et al.*, 2012). Se recomienda iniciar con una pequeña cantidad en las primeras porciones y aumentar gradualmente la cantidad durante las próximas comidas; comience ofreciendo rebanadas grandes y gruesas de aguacate maduro o pulpa molida y servir con cuchara.

Si los pedazos de aguacate se resbalan de las manos del/la bebé cubra los trozos con algún alimento nutritivo que ayude al agarre como: semillas de ajonjolí, coco rallado, etc. A partir de los 9 meses de edad, se pueden reducir los trozos de aguacate del tamaño de un bocado y continuar ofreciendo rebanadas. Entre los 12-24 meses de edad pueden continuar con trozos pequeños de aguacate en cubitos o rebanadas mas grandes. Los aguacates se combinan de excelente manera con pollo asado, carne de res y frutas tropicales como mango o piña (Vazquez, *et al.*, 2023).

CONCLUSIÓN

Los aguacates son únicos como alimentos complementarios por su alto valor nutricional, debe considerarse como un alimento que complementa la lactancia materna a partir de los 6 meses de vida. El aguacate, satisface las demandas de energía necesarias proporcionando grasas saludables como el omega 3 y un bajo contenido de azúcar que permite un óptimo crecimiento de los bebés. Su alto contenido de fibra y vitaminas mejoran la digestión y disminuye el riesgo de infecciones. Su textura, el sabor neutro y olor favorecen la formación de conexiones cerebrales involucradas en el desarrollo de experiencias sensoriales, recordando que, la exposición a ciertos alimentos y nutrientes durante los primeros 2 años de vida puede afectar su salud futura del niño a través del desarrollo de gustos específicos y rechazo a ciertos alimentos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Comerford, K.B., Aynoob, K.T., Murray, R.D., & Atkinson, S.A. (2016). The role of avocados in complementary and transitional feeding. *Nutrients*, 8(5). <https://doi.org/10.3390/nu8050316>
- Hernández, N.G., López, GA, R., & Prado, LM.,L. (2019). Importancia de la nutrición: primeros 1,000 días de vida. *Acta Pediátrica Hondureña*, 7(1):597- 607 . <https://doi.org/10.5377/pediatrica.v7i1.6941>
- Dreher, M.L., & Davenport, A, J. (2013). Hass Avocado Composition and Potential Health Effects, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 53:7, 738-750. <https://doi.org/10.1080/10408398.2011.556759>
- Vázquez-Frias R, Ladino L, Bagés-Mesa MC, Hernández-Rosiles V, Ochoa-Ortiz E, Alomía M, Bejarano R, Boggio-Marzet C, Bojórquez-Ramos MC, Colindres-Campos E, Fernández G, García-Bacallao E, González-Cerda I, Guisande A, Guzmán C, Moraga-Mardones F, Palacios-Rosales J, Ramírez-Rodríguez NE, Roda J, Sanabria MC, *et al.* (2023) Consensus on complementary feeding from the Latin American Society for Pediatric Gastroenterology, Hepatology and Nutrition: COCO 2023. *Rev Gastroenterol Mex (Engl Ed)*, 88(1):57-70. <https://doi.org/10.1016/j.rgm xen.2023.01.005>



REVISTA **C+TEC**

Divulgar para Transformar

KIDS

año 1 • número 1 • Junio-Diciembre 2023.





HISTORIETA CIENTÍFICA: “CAOS EN EL HIPOTÁLAMO”

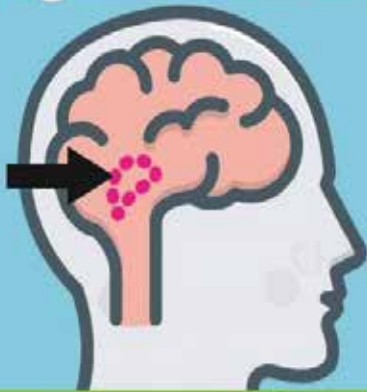
Diana Guadalupe Sánchez Rubio^{1,2}, Benjamín de Jesús Gutiérrez García^{1,2}, Omar Guzmán Quevedo¹

¹ Laboratorio de Neuronutrición Experimental e Ingeniería de Alimentos, Tecnológico Nacional de México (TECNM) / Instituto Tecnológico Nacional de Tacámbaro.

² Facultad de Químico Farmacéutico Biólogo, Universidad de Guadalajara.



El cerebro, es un órgano de tu cuerpo que trabaja mucho. Y existe una zona muy especial: **EL HIPOTÁLAMO**



Ahí existen zonas que ayudan a regular el sueño cuando debes dormir



Otras zonas vigilan el nivel de agua, y cuando hay muy poca en el cuerpo, nos produce sed.



Pero la zona estrella del día de hoy, se en carga de mantener los niveles adecuados de energía.



Normalmente todo es luz y felicidad cuando se tiene una buena alimentación.

Pero en oca



¡¡¡Al fin llegamos!!!



Ahora si hipopótamo, es hora de hacer estragos.

POOF!

¡Se llama **hipotálamo!**
Y así es, vamos a causar un desequilibrio de energía



DOOPS!

Comerás y comerás hasta que tengas **OBESIDAD**

¡No tan rápido chatarras!

¡Sí! Destruyamos el equilibrio energético



Nosotros somos del grupo de alimentos saludables.

WTF!

¡No! Somos de un grupo de verduras y frutas cargados de antioxidantes que ayudan a mantener el cuerpo sano.

¿Y qué hacen aquí?

¡Venimos a detenerlos!

¿Para saludar?



Y lo haremos con uno de nuestros poderes más grandes "EL RAYO ANTIOXIDANTE".

BOOM!



Las frutas y verduras tienen un poder: los "ANTIOXIDANTES"

WOW!

¡Ahora comida chatarra adios!

¡Oh, no!

¡CORRAN!

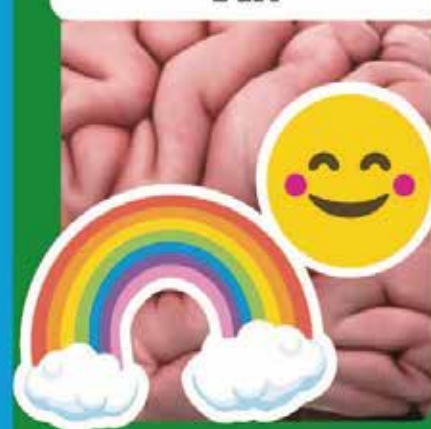
¡¡¡RESTAURAN EL EQUILIBRIO!!!



Este poder deshace los daños provocados por la comida chatarra.



ASÍ ES QUE COMIENDO SALUDABLE, EL HIPOTÁLAMO Y EL CEREBRO SE PONEN FELICES Y BRILLANTES.
FIN



La lección de hoy es...



YEAH!

¡Y PROTEGE TU HIPOTÁLAMO!



BIBLIOGRAFÍA:



**REVISTA
C+TEC**
Divulgar para Transformar

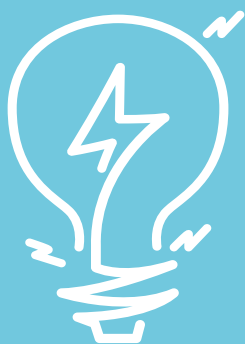
André, C., Guzman-Quevedo, O., Rey, C., Rémus-Borel, J., Clark, S., Castellanos-Jankiewicz, A., Ladeveze, E., Leste-Lasserre, T., Nadjar, A., Abrous, D. N., Laye, S., & Cota, D. (2017). Inhibiting Microglia Expansion Prevents Diet-Induced Hypothalamic and Peripheral Inflammation. *Diabetes*, 66(4), 908–919. <https://doi.org/10.2337/db16-0586>

Lacerda, D. C., Urquiza-Martínez, M. V., Manhaes-de-Castro, R., Visco, D. B., Derosier, C., Mercado-Camargo, R., Torner, L., Toscano, A. E., & Guzmán-Quevedo, O. (2022). Metabolic and neurological consequences of the treatment with polyphenols: a systematic review in rodent models of noncommunicable diseases. *Nutritional neuroscience*, 25(8), 1680–1696. <https://doi.org/10.1080/1028415X.2021.1891614>

Romero-Juárez, P. A., Visco, D. B., Manhães-de-Castro, R., Urquiza-Martínez, M. V., Saavedra, L. M., González-Vargas, M. C., Mercado-Camargo, R., Aquino, J. S., Toscano, A. E., Torner, L., & Guzmán-Quevedo, O. (2023). Dietary flavonoid kaempferol reduces obesity-associated hypothalamic microglia activation and promotes body weight loss in mice with obesity. *Nutritional neuroscience*, 26(1), 25–39. <https://doi.org/10.1080/1028415X.2021.2012629>

Tavares, R. L., de Araújo Vasconcelos, M. H., Dorand, V. A. M., Torres Junior, E. U., Tavares Toscano, L. L., de Queiroz, R. T., Alves, A. F., Magnani, M., Guzman-Quevedo, O., & Aquino, J. (2021). *Mucuna pruriens* treatment shows anti-obesity and intestinal health effects in obese rats. *Food & function*, 12(14), 6479–6489. <https://doi.org/10.1039/d0fo03261a>

Urquiza-Martínez, M. V., Martínez-Flores, H. E., Guzmán-Quevedo, O., Toscano, A. E., Castro, R. M. D., Torner, L., Mercado-Camargo, R., Pérez-Sánchez, R. E., & Bartolome-Camacho, M. C. (2020). Addition of *Opuntia ficus-indica* Reduces Hypothalamic Microglial Activation and Improves Metabolic Alterations in Obese Mice Exposed to a High-fat Diet. *Journal of Food and Nutrition Research*, 8(9), 473–483. <https://doi.org/10.12691/jfnr-8-9-4>



DESCUBRE EL MARAVILLOSO MUNDO DE LA ELECTRICIDAD

Zaira Itzel Bedolla Valdez¹, José Pérez Villarreal¹, Brenda Crystal Suárez Espinosa¹

¹ Tecnológico Nacional de México/IT Superior de Uruapan
zaira.bv@uruapan.tecnm.mx, jose.pv@uruapan.tecnm.mx, brenda.se@uruapan.tecnm.mx

Te has preguntado: ¿Qué es un circuito eléctrico?, ¿Qué función tiene cada parte del circuito eléctrico?, ¿Qué es un material aislante?, ¿Qué es un material conductor? ¡Con este experimento podrás descubrirlo!

Primero... identifiquemos que es un circuito eléctrico.

Se le llama circuito a una trayectoria cerrada que sirve como un camino, por ejemplo, una carrera atlética o de carros se lleva a cabo en un circuito, el cual puede tener diferentes formas geométricas como las que puedes observar en la Figura 1.



Figura 1. Formas que puede adquirir la trayectoria cerrada, también conocido como circuito.

La electricidad puede seguir la misma trayectoria que un atleta en una pista cerrada. Por ejemplo, al presionar el apagador de luz de nuestros hogares hacemos que la electricidad viaje a través de los cables de cobre, los cuales forman un circuito, son la pista o camino que seguirá la electricidad hasta llegar al foco cuando encendemos la luz.

El circuito más simple por el cual fluye la electricidad está constituido por los siguientes componentes que puedes observar en la figura 2:

Batería o pila: Es la fuente de energía

Cables: Ayudan a conectar cada componente del circuito, generalmente, son de cobre.

Apagador de luz: Permite o impide el paso de la corriente

Foco: Reciben y transforman la energía eléctrica, por ejemplo, en calor o luz.

En nuestra vida diaria estamos rodeados de materiales conductores y aislantes, pero... ¿Qué quiere decir esto?: los materiales conductores permiten el paso de corriente eléctrica en un circuito, mientras que los materiales aislantes no conducen corriente eléctrica.

Te gustaría saber: ¿Qué materiales de tu vida diaria tienen la propiedad de conducir la electricidad y cuáles no? ¡Te invitamos a que realices el siguiente experimento en el que crearás tu propio circuito eléctrico y comprobarás que materiales son conductores y cuales no!

MATERIALES:

Una pila AA, una liga ancha, mini foco de 1.5 Volts, socket para foco, mini foco con cables y cables con caimanes.

INSTRUCCIONES:

Coloca la liga alrededor de la pila AA para que sujete el cable con caimán y el otro extremo del cable con caimán únelo al socket para mini foco. En el otro extremo usa dos cables

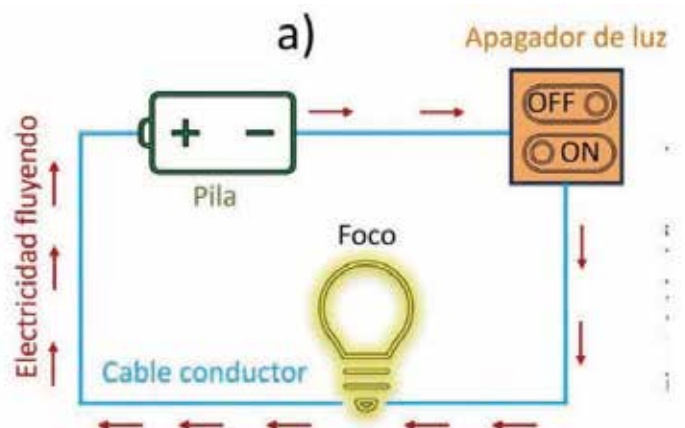


Figura 2. Circuito eléctrico simple y sus componentes

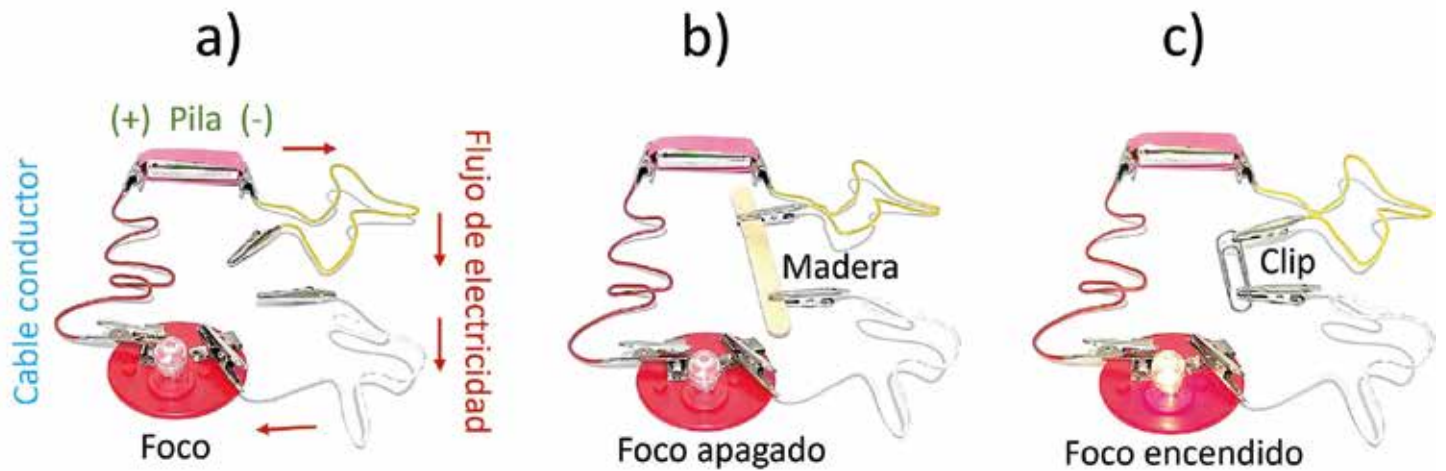


Figura 3. a) Circuito eléctrico simple abierto, b) Foco apagado cuando hay un material aislante y c) Foco encendido cuando hay un material conductor.

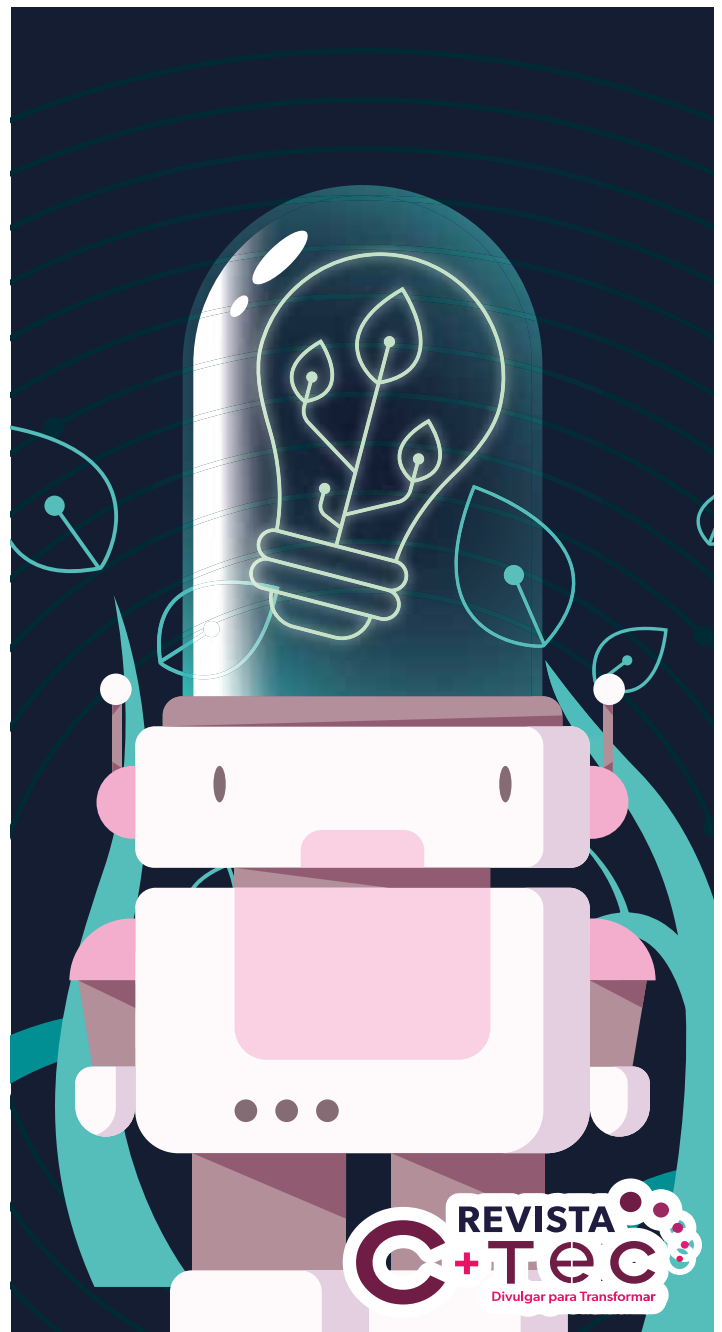
con caimán, sujeta uno de ellos entre la liga y la pila y el otro al socket para mini foco tal y como se observa en la figura 3a), de esta manera el circuito estará ABIERTO y el foco APAGADO.

Para CERRAR el circuito y averiguar si el material de tu interés es conductor de electricidad o no, coloca dicho material sujetándolo con los caimanes como en la Figura 3b en el que utilizan madera o la figura 3c en la que utilizan un clip.

Si el material es AISLANTE, como la madera (Figura 3b), la electricidad no fluirá y el foco seguirá APAGADO. Pero si se coloca un material CONDUCTOR, como un clip de metal (Figura 3c), la electricidad fluirá y el foco ENCENDERÁ.

Prueba tus propios materiales, te recomendamos recolectar los siguientes: moneda de metal*, clip*, lápiz de madera, globo, papel aluminio*, clavo*, un trozo de papel, corcholata de metal*, cuchara de metal*, cuchara de plástico, un vaso con agua, un vaso con agua y un poco de sal de mesa*.

Ahora puedes clasificar los materiales utilizados en el experimento y anotarlos en la siguiente lista:





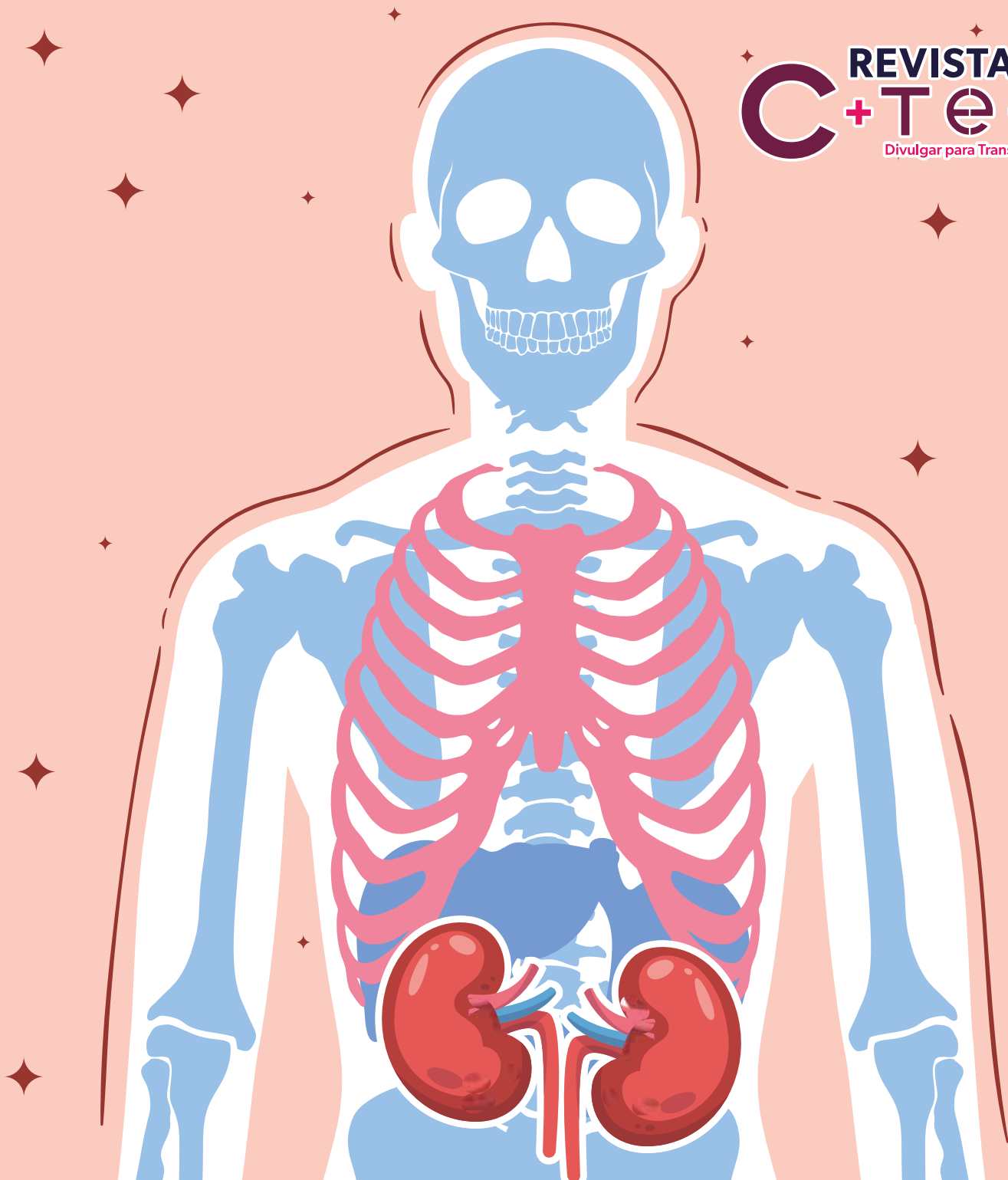
Conductor	Aislante

Prueba diferentes materiales y dinos: ¿Cuáles son conductores y cuáles no?

REFERENCIA

Penny Norman, Ann Einstein (2016). Projects in Electricity. <https://sciencewiz.com/product/electricity-book-kit/>

Los materiales propuestos que tienen un asterisco (*), son conductores. Comprueba tu respuesta.



CÓMIC: EL SECRETO DEL RIÑÓN

Elodia Nataly Díaz De la Cruz, Walter Ángel Trujillo Rangel, Gabino Estévez Delgado

EL SECRETO DEL RIÑÓN

Panel 1 (Top Left): A kidney character says, "¡Hola! Soy tu amigo, el riñón. Soy un órgano muy importante para ti. Te contaré mi historia." A speech bubble from the human body says, "Tu cuerpo tiene un par de riñones que se encuentran detrás de tu estómago."

Panel 2 (Top Right): A kidney character says, "Dentro de mi hay unas partes llamadas glomérulos. Estos son como un colador que evita que cosas grandes pasen, ya que me pueden lastimar."

Panel 3 (Middle Left): A kidney character says, "Me encargo de purificar tu sangre al filtrarla." It is shown filtering out sad face icons (toxins) from happy face icons (clean blood).

Panel 4 (Middle Right): A kidney character says, "¡Muchas Gracias!" It is shown with a heart. Labels include "Aldosterona", "Angiotensina", and "Renina". A speech bubble says, "Otra de mis funciones es apoyar junto con otros órganos a mantener la presión del corazón normal."

Panel 5 (Bottom Left): A kidney character says, "También elimino sustancias que pueden enfermarte por medio de la orina." It is shown with a toilet. Labels include "Urea", "Sodio", "Creatinina", and "Orina".

Panel 6 (Bottom Right): A kidney character says, "Ahora que ya sabes que trabajos hago por ti, te dejo algunos tips de como cuidarme." It is shown with icons for "Alimentate con frutas y verduras variadas", "Haz ejercicio", and "Bebe agua natural siempre que puedas aunque no tengas sed."

Referencias

Ogobuiro, I., & Tuma, F. (2023). Physiology, Renal. In StatPearls. StatPearls Publishing. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK538339/>



LA ENERGÍA QUE MUEVE A MICHOACÁN

Ana Claudia Nepote González

Probablemente has escuchado decir a alguien que la “energía no se crea ni se destruye, solo se transforma”, en otras palabras, esto expresa que la vida misma es energía. Nosotros somos energía y en cada una de nuestras células existen procesos energéticos. Obtenemos energía a través de los alimentos, mientras que las plantas transforman la energía del sol por medio de la fotosíntesis, un proceso químico que ocurren en las plantas, en las algas y en algunos tipos de bacterias cuando reciben la luz del sol.

La energía que guarda nuestro planeta ha permitido el desarrollo de los seres humanos y de las culturas. Con el paso de millones de años, los restos de vegetales y animales muertos se fueron cubriendo de barro y rocas en lo profundo de la tierra. La presión del suelo combinada con el calor de nuestro planeta transformó esta materia en sustancias que hoy llamamos combustibles fósiles. El carbón, el petróleo o el gas natural son ejemplos de la energía fósil, también conocida como energía no renovable. Es decir que es una fuente de energía limitada y no se podrá crear en el futuro. Hasta nuestros días, las principales actividades humanas en la industria o en el transporte se basan en el uso de la energía fósil, la cual emite grandes cantidades de gases a la atmósfera de nuestro planeta, y esto ha provocado cambios importantes a nivel global que modifican las condiciones ideales para la vida.

Existe otro tipo de energía que es la renovable cuyas fuentes provienen de elementos naturales como el sol, el agua, el viento o la biomasa; que no es otra cosa que materia orgánica que se utiliza como fuente energética. Un ejemplo de biomasa puede ser el aserrín o la leña que encontramos en los bosques. En la actualidad, varios países del mundo han acordado aprender a generar energía de formas menos dañinas para la salud de los ecosistemas y la salud humana que aquella energía basada únicamente en combustibles fósiles.

Un grupo de investigadoras e investigadores de la Universidad Nacional Autónoma

de México calculó el uso de energía en una población rural en Michoacán llamada San Francisco Pichátaro. Ahí descubrieron que la energía que mueve a las poblaciones rurales de Michoacán es la que proviene de la leña.

La leña se quema en fogones que permiten la preparación de alimentos, calentar agua o generar calor en fogatas durante los tiempos fríos. Estos fogones resultan ineficientes porque el calor que emiten se dispersa y genera humo que afecta los pulmones y los ojos de las personas que pasan mucho tiempo frente a la lumbre. Casi toda la energía que se consume en esta comunidad se usa en la preparación de alimentos, y en menor medida, en el uso de autos o camiones.



Actualmente los investigadores junto con algunos habitantes de San Francisco Pichátaro trabajan para que cada vez más personas utilicen tecnologías amigables con el ambiente. Las principales ecotecnologías que promueven son las estufas ahorradoras de leña y el uso de paneles solares que permite obtener energía del sol para producir energía que facilite la iluminación de calles o plazas públicas.

Es muy importante que todas las personas participemos en una transición energética que nos permita producir energía de manera más amigable con el medio ambiente, que nos ayude a disminuir la contaminación, y que cada vez más personas tengan acceso a energías que promuevan el bienestar de los ecosistemas y de la propia salud.



REFERENCIAS CONSULTADAS

Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF). 2022. La energía sostenible: una guía para jóvenes. 66 pp.

Martínez Bravo, R. y C.A. García Bustamante (coords). 2022. Energía, Ambiente y Sociedad. Libro de apoyo a la docencia. Editorial ENES Morelia, UNAM. 357 pp.



AGUACATE

SOPA DE LETRAS

DIVIÉRTETE Y APRENDE ENCONTRANDO LAS SIGUIENTES PALABRAS.

O	S	O	C	I	F	I	T	N	E	I	C
E	L	V	I	E	I	R	R	Z	T	E	H
N	O	I	A	B	B	U	U	H	N	R	A
E	L	T	C	A	R	I	T	T	R	A	S
R	O	L	I	D	A	D	R	I	A	O	S
G	B	U	R	U	O	G	P	S	I	N	C
I	R	C	E	L	O	M	A	C	A	U	G
A	A	G	U	A	C	A	T	E	H	A	X
J	H	J	N	S	E	M	I	L	L	A	H

- CIENTÍFICOS
- ENERGÍA
- CULTIVO
- ÁRBOL
- AGUACATE
- SEMILLA
- FRUTA
- GUACAMOLE
- HASS
- FIBRA
- SALUD







INSTITUTO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA
E INNOVACIÓN DEL ESTADO DE MICHOACÁN



**Gobierno
de Michoacán**

HONESTIDAD Y TRABAJO