

5. Producción de frutales y variabilidad climática en México



JORGE ANDRÉS AGUSTÍN*

DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.296.05>

Resumen

Es necesario identificar tecnologías para reorientar la fruticultura hacia sistemas de manejo más sustentables, de modo que se evite la degradación acelerada de los recursos naturales primarios. La clasificación de sistemas frutícolas es compleja, pues se pueden usar diferentes criterios para agruparlos según el interés, experiencias y finalidades. Existen sistemas frutícolas tradicionales, sistemas convencionales o sistemas modernos de producción frutícolas, y sistemas de producción frutícola agroecológicos. La fruticultura orgánica contempla tener un sistema orientado a la producción de frutos orgánicos de alta calidad nutritiva en el que el cultivo interactúe con los ciclos naturales de todo organismo vivo de una forma constructiva que proteja la vida; que respete los ciclos biológicos; se promueva el mejoramiento de la fertilidad del suelo promoviendo la remineralización de los campos de cultivo, su desintoxicación, el incremento de la microflora y microfauna en su hábita, y el consumo responsable del agua; y se realice el control de hierbas, plagas y enfermedades sin el empleo de insumos de síntesis químico industrial. De este modo, para desarrollar una fruticultura agroecológica, conviene revalorar y adoptar algunas prácticas y conocimientos de la fruticultura tradicional, tales como el uso de abonos, compostas,

* Doctor en Ciencias en Horticultura, Universidad Autónoma Chapingo. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6735-1214>

extractos vegetales para la nutrición, así como el control de plagas y enfermedades.

Palabras clave: *sistemas frutícolas, cambio climático, México.*

Introducción

Dentro de la producción agropecuaria de México, la fruticultura es una de las actividades más importantes por su rentabilidad económica, así como por la cantidad de empleos que genera en el medio rural, la superficie cultivada, la variedad de frutos de alto valor alimenticio y la existencia de una amplia diversidad de especies introducidas y nativas de las que se obtiene una gran gama de frutos tropicales, subtropicales y de clima templado, bajo diferentes sistemas de producción hortofrutícolas. Según la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación y el Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta (Sagarpa/Siacon, 2013), la superficie cosechada con frutales representa 6.44 % del territorio nacional, y el valor de su producción 20.67 % del total de la producción del país, lo que significa que cada hectárea cultivada con frutales fue tres veces más rentable que el promedio del resto de los cultivos; cabe destacar que, como actividad económica, la fruticultura participa de manera importante en el producto interno bruto (PIB), generando gran cantidad de empleos, además de alimentos altamente nutritivos para la población nacional e internacional, puesto que varios productos hortofrutícolas son de exportación, lo que genera divisas para el país.

Cabe señalar que para la fruticultura se destina una superficie de más de 1 000 000 de hectáreas de las mejores tierras y se produce gran cantidad de especies de frutas bajo diferentes sistemas de producción acorde a las condiciones ambientales, sociales (culturales) y económicas de las regiones del país. Es importante conocer los distintos sistemas de producción frutícola para identificar las diferentes tecnologías de manejo con el fin de reorientar la fruticultura, en la actualidad, hacia sistemas de manejo más sustentables en vista del impacto ambiental que conllevan las prácticas que no son sustentables ni sostenibles con el medio ambiente no sólo en la fruticultura, sino en general en las actividades agrícolas, como responsables de la degra-

dación acelerada de los recursos naturales primarios, tales como el suelo, el agua, la vegetación (bosques y selvas), la pérdida de la biodiversidad (recursos fitogenéticos), daños ecológicos por el uso elevado y descontrolado de agroquímicos, la contribución al cambio climático, el uso excesivo y agotamiento de los recursos hídricos, los riesgos en la salud de los trabajadores, además de beneficios económicos mal distribuidos; actividades que generan objeciones a nivel nacional y mundial. La producción frutícola de México proviene de diferentes regiones agroecológicas con diversos sistemas de producción acorde a condiciones socioambientales y económicas que los agrónomos debemos de conocer y entender.

En el presente capítulo nos ocuparemos de exponer los principales sistemas de producción de frutales en México, entendiendo por sistemas de producción el conjunto de diversas formas, tecnologías y conocimientos para cultivar frutales y obtener frutos para la población a precios accesibles, altamente nutritivos, con calidad e inocuidad, además de cumplir con el rol económico de generar empleos e ingresos para los productores y jornaleros, así como para las cadenas productivas que se insertan en cada región del país.

Los sistemas de producción de frutales en México

La agricultura es la actividad humana consciente y necesaria que emplea el trabajo de hombres y mujeres que, mediante la aplicación de diferentes prácticas tecnológicas, ya sean tradicionales o modernas, con el aporte de las y los trabajadores, actúan sobre los recursos naturales primarios, que son el suelo, las plantas, el agua y el clima; esto, con la finalidad de obtener productos alimenticios para la humanidad entera, como lo son las frutas, verduras, hortalizas, los cereales o granos básicos, cultivos industriales, medicinales o las especias. Además, como actividad económica que cumple con el objetivo de producir alimentos para la población, la agricultura genera ingresos en el medio rural para los agricultores, jornaleros y todas aquellas personas que se integran en las cadenas de producción; del mismo modo, provee de materias primas para la agroindustria. Los cultivos agrícolas pueden subdividirse en granos básicos o cereales, hortalizas, frutales, cultivos industriales,

flores y flores ornamentales, plantas medicinales y especias, con diferentes sistemas o formas de producción, en cuya clasificación intervienen varios elementos o variables ambientales, sociales (culturales) y económicas.

Los sistemas frutícolas y agrícolas se definen o clasifican con base en diferentes variantes, tales como las siguientes: (a) Fuente de humedad: riego o temporal; (b) Tipo de tracción: maquinaria, tracción animal o manual, combinada; (c) Destino de la producción: comercial (venta: exportación, nacional, regional, local) o autoconsumo (auto abasto familiar); (d) Tipo de semillas o plantas: mejorada o nativa (criolla); (e) Nivel tecnológico: alto, intermedio, bajo (tradicional); (f) Tipo de productores: empresarios, campesinos, jornaleros, otros; (g) Tipo de mano de obra: familiar, asalariada, combinada (familiar y asalariada); (h) Forma de explotación: intensiva o extensiva; (i) Ciclo de cultivos: anuales o cíclicos, perennes, semi perennes; (j) Ubicación del cultivo: cielo abierto (suelo) o agricultura protegida (sustrato, ferti-irrigación, invernadero, macro túnel, acolchado); (k) Tenencia de la tierra: propiedad social (ejidal, comunal) o propietario (dueño); (l) Tipo de clima: cálido o tropical, semicálido o subtropical (transición), templado; (m) Número de especies o cultivos (disposición espacial): unicultivo (monocultivo), policultivo (asociado, intercalado, imbricado); (n) Condiciones del terreno: pendiente elevado (accidentado), medio o plano.

Con algunas de las variables anteriores, la clasificación de sistemas frutícolas es compleja, puesto que cada investigador puede usar diferentes criterios para agruparlos según su interés, experiencias y finalidades. A continuación, se señalan y describen tres grandes sistemas que agrupan a otros subsistemas de producción frutícolas que, de acuerdo con nuestra apreciación y experiencia, unimos y caracterizamos con las variables más sobresalientes que los distinguen.

Sistemas frutícolas tradicionales

Son aquellos sistemas que utilizan las prácticas agrícolas indígenas o de productores rurales o campesinos, resultado de la evolución conjunta de los sistemas sociales y medioambientales a través del tiempo y que muestran un alto nivel de sentido ecológico y sustentable expresado a través del uso

intensivo de los conocimientos sobre los recursos naturales y de los mismos recursos naturales, así como de los medios de producción, que incluyen la gestión de la agrobiodiversidad mediante sistemas agrícolas diversificados. La agricultura y fruticultura tradicional suele basarse en prácticas transmitidas de generación en generación desde hace mucho tiempo. Una característica destacada de los sistemas agrícolas tradicionales es su grado de diversidad vegetal en forma de policultivos o de sistemas agroforestales. En estos sistemas podemos distinguir: el huerto de traspatio (Andrés-Agustín et al., 2017), los huertos tolerados en orillas de parcelas cultivadas o caminos y la recolección de frutos. Cabe mencionar que los sistemas frutícolas son los sistemas de producción agrícola en donde más se emplean estas prácticas que se basan en el uso de los recursos naturales (suelo, clima, agua, plantas), recursos sociales (tenencia de la tierra, mano de obra, organización social, cultura) y económicos (autoconsumo, mercados, industria, tecnología de manejo, financiamiento) para la obtención de frutas que proporcionen la seguridad alimentaria de la población, tanto rural como urbana.

El sistema frutícola tradicional se caracteriza por el policultivo, es decir, el huerto de traspatio y la recolección, y está compuesta por varias especies de frutales (policultivo); se orienta principalmente hacia el autoconsumo y utiliza mano de obra familiar, esto es, no emplea agroquímicos y necesita escasas prácticas de manejo tecnológico; se puede encontrar en todo tipo de climas; la calidad del producto alterna entre baja y media por la diversidad genética y los daños de plagas y enfermedades; al manejarse gran número de especies de frutales, los cuidados requeridos permiten conservar *in situ* la diversidad genética de las especies frutícolas, principalmente nativas y algunas introducidas. Gracias a este sistema es posible recurrir a dichos huertos para la exploración, selección y recolección de nuevas especies y variedades, así como para conocer sus formas de uso diversificado y adquirir conocimientos agronómicos de los frutales a través de estudios etnobotánicos que hoy cobran mayor interés económico para los mercados de frutas exóticas; del mismo modo, reorienta la producción hacia la fruticultura sostenible, actualmente muy cuestionada por la fruticultura empresarial, de corte capitalista con diversos impactos ambientales, sociales y económicos, generalmente adversos a la sustentabilidad.

El huerto familiar (traspatio) es el más representativo de los sistemas frutícolas tradicionales en México; cumple con el rol de abastecer de todo tipo de productos agrícolas, no sólo frutícolas, sino hortícolas, medicinales, ornamentales, ceremoniales y especias, que son muy importantes para el auto abasto de alimentos; ocasionalmente, forman el complemento de ingresos económicos entre la población rural más pobre y con difícil acceso a los mercados de frutas por problemas de comunicación o escasez de recursos económicos para su consumo, pues resulta cada vez más inaccesibles debido a los problemas inflacionarios y la globalización de los mercados.

Otro sistema muy común se refiere a los huertos tolerados que se emplean para la recolección de frutos con especies diversas de árboles que pueden producir frutos comestibles; se toleran en orillas de caminos, de terrenos cultivados o entre áreas vegetales naturales. Especies nativas como el tejocote, capulín, ilama o papausa y canistel (Pérez-Barcena et al., 2021), entre otras, son sólo algunos ejemplos de frutales de recolección que conforman este sistema tradicional junto con los huertos de traspatio, ambos con presencia de gran diversidad morfológica, por lo que la conservación *in situ* por parte de los productores rurales, principalmente, campesinos indígenas, tiene gran importancia en los sistemas para la seguridad alimentaria de estos estratos de la población.

Es importante señalar que dentro del sistema de huertos tradicionales destacan los huertos familiares o de traspatio, que son pequeñas parcelas contiguas a la vivienda (imagen 5.1), donde se cultivan hortalizas, frutales, ornamentales, plantas medicinales y especias de manera intensiva y continua durante todo el año. La producción de alimentos por este medio se destina principalmente al autoconsumo familiar, pero el excedente puede comercializarse para generar un ingreso económico extra. Se utiliza mano de obra familiar o familiar-ampliada acorde al tamaño o superficie del huerto. En cuanto a especies frutales destacan los árboles nativos de semillas criollas con gran diversidad genética, pero también pueden establecerse frutales introducidos, como la pera en Veracruz (Sánchez-Cervantes et al., 2013).

Las condiciones agroclimáticas del sitio son las que determinan el tipo de especies frutales que pueden ser tropicales, subtropicales o de clima frío o templado. Este sistema, generalmente, es de baja productividad y calidad por tener escaso manejo tecnológico y conlleva, con frecuencia, muchos

daños por plagas y enfermedades; no obstante, la mayoría de las veces son productos agroecológicos u orgánicos sanos que no contienen residuos de agroquímicos, puesto que, de manera general, no se utilizan en ellos. También es muy importante señalar que este sistema de cultivo de frutales participa considerablemente en la conservación *in situ* de la diversidad genética de muchas especies, principalmente nativas, en donde se pueden realizar exploraciones, selecciones y recolectas de variedades nuevas, puesto que los productores, campesinos e indígenas, participan en la domesticación, selección y mejora genética de muchas especies de frutales. La agronomía debe revalorizar estos sistemas para reorientar el uso y conservación sostenible de la fruticultura y, en general, de la agricultura.

Imagen 5.1. Huertos de *traspatio* con árboles de chirimoyo y maguey en el municipio de Magdalena Peñasco, Oaxaca



Fuente: Fotografía del autor.

En un estudio de agricultura de *traspatio*, Olvera-Hernández et al. (2017) concluyen que el huerto de *traspatio*, huerto familiar o solar, es considerado como un agroecosistema integrado por plantas y animales de utilidad a la familia del medio rural, y que contribuye a la alimentación e ingreso económico por venta de excedentes. Agregan los autores que las especies vegetales del *traspatio* tienen importancia por el uso que los pro-

ductores les dan. Señalan también la composición y relevancia de las especies vegetales del traspatio de las familias campesinas de tres municipios del Noreste de Puebla, México, vinculando la situación sociodemográfica con el tamaño del traspatio, así como la importancia de especies frutales, anuales y perennes, el manejo y el cuidado del traspatio. En su estudio, se registraron al menos 20 especies de frutales y 46 de especies anuales y perennes, importantes por su contribución a la alimentación e ingreso de la economía familiar, resaltando que el manejo y cuidado del traspatio está a cargo del núcleo familiar.

Sistemas convencionales o sistemas modernos de producción frutícolas

La producción frutícola en México se desarrolla bajo este gran sistema de producción convencional o moderno que se caracteriza por manejar grandes unidades productivas y el empleo de tecnologías modernas basadas en el uso de agroquímicos tales como fertilizantes, reguladores de crecimiento, pesticidas de síntesis química, variedades mejoradas, unicultivos o monocultivos (una sola especie y variedad, ocasionalmente dos o tres), sistemas de riego presurizados con el suministro de fertilizantes solubles en el agua de riego (fertirriego), uso de maquinaria agrícola para las labores, contratación de mano de obra asalariada, productos dirigidos al mercado nacional y de exportación, elevados costos de producción, utilización de energía fósil para la maquinaria, y prácticas de inocuidad. Este sistema también es cuestionado por ser responsable del deterioro y contaminación del medio ambiente, ya que las prácticas de aplicación de agroquímicos acarrear consecuencias sobre la salud de los trabajadores jornaleros, por la falta de medidas de protección adecuadas, además de contaminar el agua, el suelo y provocar el aceleramiento del cambio climático, entre otros efectos negativos. Otra característica es el alto rendimiento y calidad esperada de los productos frutícolas que haga rentable su producción (Rojas-Pérez et al., 2022).

La mayor parte de la producción frutícola en México es obtenida bajo este sistema convencional o moderno que puede tener subsistemas, aunque para algunos investigadores, en realidad, son sistemas de producción; no

obstante, con base en las características comunes expuestas se pueden agrupar como subsistemas en el gran sistema de producción. Los frutales de mayor importancia cultivados bajo esta práctica son café, aguacate, mango, limón, naranja, durazno, nogal, papaya, coco, berries (fresa, zarzamora, arándano y frambuesa roja), toronja y plátano. Los subsistemas que pertenecen o se agrupan en este sistema de producción son los siguientes.

Huertos a cielo abierto o suelo

La actividad frutícola en México está bajo este sistema de establecimiento y manejo de huertos; que comprende a las huertas de aguacate, café, cereza convencional, naranja, plátano, guayaba, durazno (imagen 5.2), pera, manzanos, guanábana, mango, limón, nogal pecanero, nopal tunero, piña, pitahaya y pitaya, entre los de mayor superficie.

Imagen 5.2. Huerto de durazno convencional con estímulos basados en productos químicos para producción forzada en Tingambato, Michoacán



Fuente: Fotografía del autor.

Las prácticas de manejo de este sistema de producción son las siguientes: (a) elección, limpia y preparación del terreno; (b) barbecho; (c) cruza;

(d) rastreos (1-2); (e) surcado; (f) plantación; (g) podas; (h) riegos por gravedad o presurizados, generalmente integrado con el control químico de plagas (en algunas especies se utiliza el manejo integrado de plagas [MIP], enfermedades y malezas); (i) fertilización química y orgánica; (j) cosecha manual; (k) venta en campo; (l) participación industrial (proceso, selección y empaque); (m) aplicación de algunos principios del manejo postcosecha; (n) comercialización en mercados nacionales y de exportación; y (ñ) se utilizan variedades mejoradas.

En la mayoría de estos huertos se aplican buenas prácticas agrícolas con el fin de obtener los mejores rendimientos y calidad con inocuidad para la exportación. Las siembras pueden ser en surcos (herbáceas como las berries), hileras con diseños de sistemas de plantación triangular o “tresbolillo”, rectangular o en cuadro (árboles perennes). El manejo técnico no es uniforme, sino que varía mucho entre especies, regiones, tipo de productores, destino de la producción (mercado nacional o exportación) y rentabilidad del cultivo.

Además, se caracteriza por contar con unidades de producción tanto extensas como pequeñas, que en su mayoría tiene asesoría técnica con especialistas; se caracteriza también por aplicarse en monocultivos con escasa base genética (una o dos variedades) o en variedades de alto rendimiento con adaptación agroclimática; tiene un elevado uso de agroquímicos; hay una separación del cultivo con el ganado por cuestiones de inocuidad; es dependiente del uso del petróleo para el trabajo con maquinaria y equipos; y cuida el rendimiento y la calidad con inocuidad cuando el producto es para exportación.

Algunos huertos con cultivos destinados a la exportación (imagen 5.3) están siendo cuestionados por su poca sustentabilidad en el uso y conservación de los recursos naturales como el agua, suelo, cambio climático y pérdida de la biodiversidad debida fundamentalmente por extender el deterioro de los recursos vegetales (bosques y selvas) al realizar cambio de uso de suelo, también por incrementar la desigualdad social en la distribución de los ingresos y ganancias de manera inequitativa (las mayores ganancias son para dueños de empresas extranjeras), favorecen el rentismo de tierras, acaparamiento del agua de riego, riesgos por los daños en la salud de los trabajadores, contaminación ambiental, altos costos de producción y dificultades de mercado.

Imagen 5.3. *Huerto convencional de aguacate con instalaciones para manejo de inocuidad certificada en Uruapan, Michoacán*



Fuente: Fotografía del autor.

Agricultura protegida

Según la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (Sader, 2023), la agricultura protegida es aquella en la que los cultivos se encuentran resguardados con cubiertas plásticas, malla sombra u otro tipo de material que permiten tener un control de las condiciones ambientales, como la temperatura, la humedad o la luz. Al contar con condiciones controladas, el productor puede proteger sus cultivos de fenómenos como las heladas, las intensas lluvias, sequías o plagas, lo que previene la pérdida de los plantíos y genera un aumento en la producción. Esta manera de producir trae grandes beneficios como el ahorro de agua, la generación de empleos, una mayor disponibilidad de alimentos, productos con calidad superior, un mejor control de la producción, menor incidencia de plagas y enfermedades, la oportunidad de cultivar productos fuera de sus respectivas temporadas y mayores ganancias para los productores.

Este sistema se centra en la producción de especies herbáceas o arbustivas tales como las berries (fresa, frambuesa roja, arándano o blueberry y zarza-

mora), tomate rojo, pimiento y pepino europeo. Si bien proporciona una serie de beneficios, también conlleva inconvenientes como los elevados costos en su aplicación, la posible contaminación de los terrenos (imagen 5.4) al término del ciclo por los plásticos usados, las grandes cantidades de agroquímicos y agua que se utilizan, y los polinizadores requeridos por estar en ambientes cerrados.

En las berries (frutillas) y hortalizas de la región centro occidente y en Sinaloa de México se están utilizando los macro túneles de plástico, algunos invernaderos y la malla sombra. Además, en este sistema se ha estado usando el acolchado plástico y el fertirriego (sistemas de riego presurizado por goteo con inyección de nutrientes a base de fertilizantes altamente solubles), que puede aplicarse junto con agroquímicos o mediante manejo orgánico y control biológico de plagas y enfermedades; no obstante, requiere de buenas prácticas agrícolas para la inocuidad (el cercado, las instalaciones, la señalización, el uso de productos autorizados, la capacitación de personal, entre otras), y de asesoría técnica especializada. La producción está orientada hacia la exportación en mercados internacionales y los costos son muy elevados para adoptar estos sistemas.

Imagen 5.4. Sistema de cultivo de agricultura protegida en arándano (blueberry) con macro túnel y acolchado plástico en Zamora, Michoacán



Fuente: Fotografía del autor.

Producción recirculante (hidroponía)

Este sistema es el más novedoso y se encuentra en fase de desarrollo; aunque algunos productores ya lo están utilizando a escala comercial, conviene señalar que probablemente se utilice de manera masiva en los próximos años no sólo para frutillas, sino también para muchas especies de hortalizas. El sistema utiliza estructuras de plástico o invernaderos (agricultura protegida), pero incorpora la hidroponía; tiene mayor control en el manejo de agua; emplea soluciones nutritivas preparadas y sustratos inertes en lugar de suelo (arena, tezontle, vermiculita, germinaza o fibra de coco, entre otros); a través de este sistema se obtienen muy altos rendimientos, puesto que permite aplicar y controlar las prácticas de inocuidad; no obstante, el mayor inconveniente es el elevado costo de la inversión inicial, además de que requiere, forzosamente, de la asesoría de expertos en hidroponía.

Sistemas de producción frutícola agroecológicos

Actualmente, la agricultura convencional o industrial está recibiendo fuertes cuestionamientos por favorecer el deterioro ambiental (principalmente, por acelerar el cambio climático, su influencia en el daño y contaminación del suelo y agua, y la pérdida de la biodiversidad), la desigualdad social y económica, la afectación de salud de trabajadores y productores, así como de los consumidores, entre otros. Se discute y propone, por lo tanto, la incursión en un sistema de producción frutícola con orientación agroecológica que contemple su vínculo con los policultivos, la inclusión de animales y el rediseño del paisaje, el uso de materia orgánica como fuente de nutrientes y la mejora del suelo, el empleo racional del agua, el control biológico de plagas y enfermedades, y la revalorización de la tecnología tradicional de producción ya caracterizada (es decir, la producción sostenible). Esta nueva forma de generar productos agrícolas es reciente y nace como una respuesta a la necesidad de la transición de la agricultura en general, y de la horticultura y fruticultura en particular, hacia un modelo sustentable. Aunque de manera lenta, poco a poco existe una tendencia hacia la mudanza a este nuevo sistema de producción agrícola a nivel nacional y mundial.

Gliessman (2016) consigna que la agroecología es una forma de rediseñar los sistemas alimentarios desde la granja hasta la mesa con el objetivo de lograr la sostenibilidad ecológica, económica y social; además, menciona el mismo autor, que para transformar o transitar de la agricultura industrial o convencional hacia la agricultura agroecológica se requiere de las acciones en por lo menos 5 niveles:

Nivel 1: Incrementar la eficiencia de las prácticas industriales y convencionales para reducir el uso y consumo de productos costosos, escasos o perjudiciales para el medio ambiente.

Nivel 2: Sustitución de prácticas alternativas por insumos industriales o convencionales.

Nivel 3. Rediseñar el agroecosistema para que funcione sobre la base de un nuevo conjunto de procesos ecológicos.

Nivel 4: Restablecer una conexión más directa entre quienes cultivan nuestros alimentos y quienes los consumen.

Nivel 5: Sobre la base creada por los agroecosistemas sostenibles a escala de finca alcanzados en el Nivel 3 y las nuevas relaciones de sostenibilidad del Nivel 4, se pretende construir un nuevo sistema alimentario mundial, basado en la equidad, la participación, la democracia y la justicia, que no sólo sea sostenible, sino que ayude a restaurar y proteger la vida de la tierra a través de sistemas de apoyo de los que todos dependemos.

En suma, la Agroecología es una ciencia nueva que nace de las discusiones, cuestionamientos y preocupaciones de la agricultura convencional para ofrecer la alternativa de un nuevo sistema de producción agrícola y frutícola que incorpore conocimientos de la ecología y la agronomía hacia prácticas sostenibles. Los principios y estrategias de la agroecología, según Infante y San Martín (2016), son los siguientes: (a) Altas tasas de reciclaje para mantener un flujo permanente de nutrientes y disminuir los requerimientos de insumos externos; (b) Estimular la máxima diversificación de los agroecosistemas; (c) Asegurar la mejor condición de suelo manteniendo estable el contenido de materia orgánica, permitiendo un funcionamiento biológico de suelo que sostenga la fertilidad y la sanidad de los cultivos; (d) Aumentar las interacciones de los componentes del sistema

fortaleciendo los procesos internos que apoyan y refuerzan la estabilidad; (e) Disminuir las pérdidas del sistema cerrando los ciclos de agua, materia orgánica, nutrientes, etc.; (f) Considerar las bases culturales de los sistemas tradicionales para el diseño y fortalecimiento de agroecosistemas de base agroecológica.

Fruticultura orgánica

La producción orgánica en la agricultura y horticultura en general, y particularmente en la fruticultura, se puede considerar como el sistema agroecológico de mayor importancia en relación con la superficie cultivada, los volúmenes de producción y el número de productores que participan bajo este esquema en México. La Federación Internacional de Movimientos de Agricultura Ecológica (IFOAM, 2005) define a la agricultura orgánica como un sistema de producción que mantiene y mejora la salud de los suelos, los ecosistemas y las personas. Señala también como principios de la agricultura orgánica los siguientes: (a) Principio de salud: la agricultura orgánica debe sostener y promover la salud de suelo, planta, animal, persona y planeta como una sola e indivisible; (b) Principio de ecología: la agricultura orgánica debe estar basada en sistemas y ciclos ecológicos vivos, trabajar con ellos, emularlos y ayudar a sostenerlos; (c) Principio de equidad: la agricultura orgánica debe estar basada en relaciones que aseguren equilibrio con respecto al ambiente común y a las oportunidades de vida; (d) Principio de precaución: la agricultura orgánica debe ser gestionada de una manera responsable y con precaución para proteger la salud y el bienestar de las generaciones presentes y futuras, y del medio ambiente.

Los siguientes requerimientos pueden considerarse como básicos para la producción orgánica de frutos: (a) Tener un sistema orientado a la producción de frutos orgánicos de alta calidad nutritiva; (b) Que el cultivo interactúe con los ciclos naturales de todo organismo vivo de una forma constructiva y que promueva la vida; (c) Que respete los ciclos biológicos, los estudie y comprenda; (d) Que promueva el mejoramiento de la fertilidad del suelo promoviendo la remineralización de los campos de cultivo, su desintoxicación y el incremento de la microflora y microfauna en donde

habita, y que cuide la calidad y el uso del agua; y (e) Que el control de hierbas, plagas y enfermedades se realice sin el empleo de insumos de síntesis química industrial.

Cabe destacar que la producción orgánica en México está regulada por la Ley de Productos Orgánicos (2010), que fue elaborada por el Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (Senasica) y aprobada por la Cámara de Diputados. Por lo tanto, el término agricultura orgánica se refiere al uso de técnicas y procesos que utiliza métodos que respetan el medio ambiente, la salud de las personas, desde las etapas de producción hasta las de manipulación y procesamiento, y que respetan el reparto justo y equitativo de las ganancias. La producción orgánica no sólo se ocupa del producto, sino también de todo el sistema que se aplica para producir y entregar el fruto al consumidor final. Hoy en día la producción orgánica se entiende como la obtención de productos agrícolas y frutícolas en la cual alguna empresa especializada extiende un certificado donde constata que efectivamente ese producto ha sido manejado con las prácticas orgánicas establecidas, de lo contrario no se considera orgánico. Esto desde luego implica contratar empresas y hacer pagos elevados, lo que desanima a muchos productores; no obstante, para la venta y exportación de dichos productos definitivamente se exige ese certificado.

A nivel mundial, la producción orgánica crece año con año. Los países con la mayor superficie de cultivo orgánico en el mundo en 2021 son: Australia, que, sin ninguna duda, es el país líder en agricultura orgánica al contar con una superficie agraria destinada a este tipo de cultivos cercana a los 35 700 000 hectáreas. La diferencia con los otros dos países que completan el podio supera los 30 millones de hectáreas. En concreto, el área dedicada a cultivos ecológicos en Argentina, que ocupa el segundo lugar de la clasificación mundial, se situó en torno a los 4 100 000 hectáreas durante el mismo año. España perdió una posición con respecto a 2020, quedando relegada al séptimo puesto (Orus, 2023). Aunque México no figura en la lista anterior, se conoce que ocupa el tercer sitio a nivel mundial. Según la Sader (2019), en México los productos que más se producen de manera orgánica son el café, aguacate, guayaba, limón, uva, fresa, coco, plátano, cártamo, mango, chía, zarzamora, naranja, garbanzo, tomate y maíz; destacan los frutales y algunas hortalizas en este sistema de producción. Las

entidades con mayor producción orgánica son: Chiapas, Baja California y Oaxaca. Más de 164 mil hectáreas de cultivo están certificadas bajo la Ley de Productos Orgánicos, 38 107 productores han sido autenticados en cumplimiento a la citada ley, y de ellos, 86 % son pequeños productores que cuentan con una superficie de hasta 5 hectáreas.

En la práctica, la fruticultura orgánica se centra en el manejo de la fertilidad del suelo por medio de la aplicación de estiércoles y compostas, residuos orgánicos como abonos verdes y otros materiales orgánicos; no se permite la aplicación de fertilizantes de síntesis química. El control de plagas y enfermedades es el otro aspecto importante dentro del manejo orgánico de las huertas a través del uso de extractos vegetales, control biológico y uso de algunos minerales como el cobre. Se incluyen las buenas prácticas de manejo para la inocuidad. Además, se aceptan como sinónimos de la agricultura orgánica denominaciones como agricultura alternativa, ecológica, biológica, natural, bio-dinámica y regenerativa, siendo la fruticultura orgánica la de más alto desarrollo en la actualidad. El sector campesino es el que mayor dinamismo ha tenido en la transformación de la agricultura orgánica en México debido a que han venido utilizando tecnologías más cercanas a las agroecológicas por varias razones, entre ellas, por los altos costos de los agroinsumos.

Hacia la sustentabilidad de la producción frutícola

La Food and Agriculture Organization of the United Nations / Sagarpa (FAO / Sagarpa, 2014) señalan que por cambio climático se entienden las variaciones del clima atribuidas directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos comparables y sus efectos sobre el sector agropecuario, ya que éste es altamente dependiente del clima y, por tanto, vulnerable a los cambios que presenta. Agregan que entre los efectos del cambio climático se tiene el incremento en la temperatura, lo cual presenta alteraciones negativas en el desarrollo vegetativo de los cultivos y provoca la proliferación de malas hierbas e insectos dañinos, así como la aparición o reemergencia de enfermedades. También, como

efecto del cambio climático se registran eventos extremos como las sequías, las heladas y las inundaciones, las cuales afectan de manera negativa la producción agropecuaria, por lo que, en el contexto de la actual crisis internacional de precios de los alimentos, los sucesos climáticos extremos juegan un papel importante.

Actualmente, existe un debate mundial sobre los efectos adversos que produce el cambio climático, no sólo en la agricultura, sino en la población en general, con inundaciones, sequías, calor excesivo, erosión del suelo, granizadas, heladas, agotamiento y escasez del agua, ciclones y huracanes, que ocasionan diferentes alteraciones en la población humana, en la producción agrícola y la seguridad alimentaria, y que provoca mayor pobreza y desigualdad, principalmente en zonas rurales, con el consecuente aumento en los índices de migración en busca de alternativas de sobrevivencia. La agricultura ha recibido severas críticas por el impacto que el uso de agroquímicos y fertilizantes ha generado por décadas, las prácticas de quema de residuos de cosecha, el consumo de mayores volúmenes de agua, la deforestación y el cambio de uso de suelo para la fruticultura y la ganadería.

Al reconocer que el cambio climático está alterando las condiciones de vida en el planeta, los debates sobre las causas y responsabilidades se incrementan; no obstante, la población aumenta y se requieren grandes volúmenes de alimento y una distribución más equitativa. Es claro que se debe reorientar la tecnología de producción agrícola hacia el manejo sostenible, atendiendo no sólo el uso racional de los recursos naturales, sino también la cuestión social y económica. La respuesta al cambio climático es variable entre países; casualmente, los países que más contaminan con las emisiones de CO₂ (países industrializados) son los que menos responsabilidades adquieren para combatir este fenómeno que año con año se vuelve una gran amenaza para la humanidad.

En la agricultura en general, y en la fruticultura en particular, se manejan plantas que responden a los elementos del clima, como la temperatura y humedad, para su crecimiento y desarrollo normal, de acuerdo con respuestas de adaptación agroecológica a través del tiempo; de esta manera, se reconocen en la actualidad tres principales tipos de frutales acorde a la adaptación por su clima: frutales tropicales, subtropicales y de clima templado. Por lo tanto, el crecimiento y desarrollo de estas especies frutícolas

dependen de la influencia que las actividades fisiológicas reciben directamente de los elementos del clima: temperatura, precipitación, humedad relativa, viento, insolación, nubosidad, evaporación y presión atmosférica. Por otro lado, los factores del clima como la altitud, latitud, circulación de la atmósfera, orografía o relieve del lugar e influencia de corrientes marinas, también influyen sobre la ecofisiología y morfología de los frutales. Ante los cambios de estos elementos climáticos es de esperar que la actividad fisiológica se modifique, afectando directamente la fenología del árbol frutal, lo que impacta directamente en el rendimiento y calidad de los frutos.

El cambio climático sucede a nivel mundial, pero tiene sus expresiones regionales (Avilés-Reyes et al., 2022) y por zonas variables de un año a otro, que presenta muchas dificultades para una predicción acertada. En la fruticultura nacional, por lo tanto, dependiendo de regiones y especies, las afectaciones son inconstantes y se ha visto en los últimos años alteraciones causadas por granizadas o heladas atípicas, bajas temperaturas que afectan la floración y el amarre de frutos; cambios en la humedad relativa; precipitaciones escasas que provocan sequía o elevadas, que producen inundaciones; presencia de huracanes y ciclones con caídas de árboles, resquebrajaduras de ramas y troncos, deshoje y desprendimiento de frutos; mayor presencia y daño de plagas y enfermedades; incidencia de malezas; inundaciones y sequías, con un aumento en la demanda de recurso hídricos.

No siempre el impacto es negativo, puede haber algunos puntos positivos en este cambio de los elementos del clima, pero se requiere conocer a profundidad el manejo de la tecnología actual para sacar provecho de aquellos elementos del clima que afectan positivamente la fisiología de los frutales. Para ello, es necesario crear y actualizar las estaciones meteorológicas que monitorean el clima en cada región frutícola con el fin de asociar esos elementos y sus niveles de cambio y para ajustar las prácticas de manejo tecnológico. El ajuste tecnológico es muy necesario y muchos productores de frutales están dando esta batalla en México y a nivel mundial; así, aunque el cambio tecnológico influye sobre el incremento en los costos, se justifica la inversión, como en el caso del sistema de agricultura protegida para la producción de berries y hortalizas que se ha incrementado de manera general, precisamente para contrarrestar los efectos del cambio climático y proteger la elevada inversión que se hace en este sistema de producción.

La producción de un frutal depende de la diaria interacción de los árboles con el clima, el suelo, la humedad, la nutrición, la presencia de plagas, enfermedades y malezas, además de las intervenciones tecnológicas, que permiten a las plantas desarrollar su potencial en la medida en que se minimizan las causas de estrés (García-Barreda et al., 2021). En el caso del aguacate, un frutal de gran importancia económica para el país, y especialmente para Michoacán, Avilés et al. (2022) menciona que el cambio climático ha puesto en riesgo sus cosechas en los diferentes países productores.

Se calcula que para finales de siglo *xxi* la temperatura aumente entre 1.1°C, en el mejor de los casos, y 6.4°C, en el peor. Para las zonas productoras de aguacate en México se prevé un aumento en la temperatura, lo que provocará que durante la floración no sólo se acorte el periodo de apertura de flores, sino que se reducirá la cantidad de estas; las lluvias excesivas en poco tiempo traerán consigo mayor incidencia de plagas, enfermedades e inundaciones, lo que provocará un menor crecimiento de la raíz, además de problemas con los agentes polinizadores, como es el caso de las abejas, lo que repercutiría en una menor eficiencia de polinización, menos cuajado de fruto y menor rendimiento.

Con el fin de disminuir los mencionados riesgos causados por el cambio climático se debe implementar un plan integral que incluya la creación y uso de variedades con mayor rango de adaptabilidad, y que contemple el manejo sustentable de los recursos naturales y de agroquímicos. La fenología del aguacate ‘Hass’ cultivado en Michoacán es vulnerable al cambio climático debido a la presencia de dos amenazas: (a) El aumento de la temperatura máxima media anual; y (b) El retraso de la inflexión (descenso) de la temperatura mínima (Álvarez-Bravo et al., 2017).

Los impactos del cambio climático se ven reflejados en el ciclo hidrológico al influir en la evapotranspiración y en la precipitación, afectando la demanda de riego y la gestión de los sistemas de riego (Ojeda-Bustamente et al., 2011). De igual manera, las consecuencias de las variaciones en la disponibilidad de agua durante el crecimiento de los cultivos alteran su rendimiento puesto que el inicio de la estación se modifica. En el caso del café, en Veracruz, se encontró que los escenarios de cambio climático apuntan a serios riesgos en la producción de café; por ejemplo, un exceso en las

condiciones de humedad podría generar la aparición de enfermedades como el *mal de hilachas*; el cambio de temperatura afecta el promedio de lluvias mensuales; la amplitud de la sequía preestival durante el invierno modifica el inicio de la floración; y la variación de humedad y sequía altera el crecimiento del fruto (Villers et al., 2009).

Otro de los efectos del cambio climático se ve reflejado en la distribución de plagas y enfermedades en animales y plantas. De acuerdo con el Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria (Sinavef), la sequía prolongada y el incremento constante de temperatura, al igual que otros fenómenos derivados del calentamiento global (ciclones y nortes) favorecerán de manera general a las especies invasoras de insectos (transfronterizas), lo que incrementaría la presión de las plagas sobre los cultivos.

Por lo que respecta a los frutales de clima templado o caducifolios en México, estos se cultivan en el centro y norte del país, donde la temperatura al final del otoño y durante el invierno es baja para que ocurra una defoliación de los árboles y presenten letargo durante el invierno. El calentamiento global, como efecto del cambio climático, tiene el potencial de reducir las horas frío (HF) disponibles en el invierno y afectar la producción de los árboles frutales caducifolios (Medina-García et al., 2019). Las HF son temperaturas menores o iguales a 7.2°C y tienen un efecto directo en la fisiología de los frutales de clima templado, ya que les permite adaptarse de acuerdo con sus necesidades en la degradación de las reservas (almidón) en azúcares simples para la rebrotación foliar y la floración después de completar los requerimientos de las HF como mecanismos de adaptación. Por lo tanto, el efecto del cambio climático puede alterar la temperatura, las HF y las horas calor (HC), impactando directamente en la brotación foliar y floral, esto es, el rendimiento y calidad de frutos.

El estudio de Medina-García et al. (2019) sobre los efectos del cambio climático, en cuanto a la acumulación de horas frío en el periodo invernal, concluye que, en análisis histórico sobre la variación del número de horas frío (HF) y un análisis similar en los escenarios climáticos de 2030, 2050 y 2070, en varios escenarios, se encontraron efectos del cambio climático, los cuales serán desfavorables para los frutales de clima templado, provocando la disminución de la superficie establecida con frutales. Si eso pasa en el norte, podemos esperar que en el centro del país el efecto sea mayor. No

sólo se trata de reducción de HF, sino que también pueden presentarse situaciones adversas de cambio de clima por la presencia de heladas, granizadas, sequías y mayores requerimientos de agua para el riego.

Las experiencias prácticas de los efectos del cambio climático en la fruticultura son diversas; por ejemplo, las granizadas han aumentado en frecuencias y en el tamaño de los granizos de tal manera que en los cultivos de pepino, jitomate y aguacate se han observado daños totales en el follaje, caída de frutos y rajaduras, impactando directamente en el rendimiento y la calidad de las cosechas. Las granizadas no sólo se presentan en la temporada normal de lluvias de junio a septiembre, sino que se han registrado durante los meses fuera de la temporada de lluvias. En el cultivo de aguacate, se pueden ver huertas en la región de Uruapan, Michoacán, con daños casi totales en el follaje y caída de frutos en desarrollo, lo que resulta en cuantiosas pérdidas. Del mismo modo, en la región de Maravatío, Michoacán, hemos visto daños al follaje en la fresa cuando la planta comienza su desarrollo vegetativo a fines del mes de agosto, y aunque la planta se recupera, se atrasa el crecimiento inicial de la planta y, con ello, la producción. Una de las razones por las que se utilizan plásticos en los invernaderos o macro túneles en frutales pequeños es precisamente para evitar los daños por granizo y heladas. Así, con el fin de reducir los daños generados por el granizo en la fruticultura se incrementa el uso de caños antigranizo, que quizá también perjudiquen el ambiente; no obstante, además de que se desconoce su efectividad, impactan directamente en los costos de producción.

Es muy necesario que en nuestro país se continúe con los estudios sobre el cambio climático, utilizando todas las herramientas científicas al alcance, como el uso de los sistemas de información geográfica (SIG), el establecimiento de estaciones climatológicas para monitorear los cambios predecibles y detectables y para prevenir, hasta donde sea posible, el impacto negativo de los cambios en los elementos del clima, como el cambio de la temperatura y precipitación, la presencia de fenómenos atmosféricos como los huracanes y ciclones, entre otros. También, es importante señalar que se debe continuar con la conservación *in situ* y *ex situ* de los recursos fitogenéticos de los frutales, pues el cambio climático puede ocasionar la pérdida de dichos recursos; además de mantener la mejora genética para crear nuevas variedades con resistencia o tolerancia a las adversidades como la sequía,

inundaciones, resistencia a plagas y enfermedades, requerimientos de horas frío y horas calor, entre otros parámetros. Se debe apoyar a los productores con capacitación en el uso de las prácticas agroecológicas y las necesidades de transformación de la agricultura convencional hacia la agroecológica.

Los actuales cuestionamientos que se hacen sobre la fruticultura con tecnología convencional basada en agroquímicos y energía fósil que provoca el deterioro de los recursos naturales (suelos, clima, ciclo hidrológico, agotamiento de los recursos vegetales, pérdida de la biodiversidad, riesgos sobre la salud de los trabajadores agrícolas, aumento del cambio climático), así como la falta de inequidad en el reparto de las ganancias derivadas de la actividad frutícola, hacen indispensable que la investigación agronómica y la formación docente reoriente los contenidos hacia la sostenibilidad. No está de más plantear la necesidad de capacitar a los agrónomos que se dedican a brindar asesoría técnica a los productores y a los mismos trabajadores (jornaleros agrícolas) para seguir el camino de las prácticas sostenibles en la fruticultura; esta reorientación, además de necesaria, es urgente.

Por lo anterior, la adopción de prácticas agroecológicas es fundamental para la fruticultura sostenible, siguiendo el ejemplo de algunos productores y empresas que están ya utilizándolas (agricultura orgánica) en la fruticultura con algunos cultivos como el café, aguacate, durazno, papaya, mango, berries, coco, limón, hortalizas y otros frutales, como una nueva alternativa de producción más sostenible. Así mismo, conviene revalorar y adoptar algunas prácticas y conocimientos de la fruticultura tradicional, tales como el uso de abonos, compostas, extractos vegetales para la nutrición y el control de plagas y enfermedades; de manera que podamos desarrollar la fruticultura agroecológica.

Conclusiones

Los sistemas de producción frutícolas quedan entendidos, entonces, como el conjunto de diversas formas, tecnologías y conocimientos para cultivar frutales y obtener frutos destinados a la población a precios accesibles, altamente nutritivos, con calidad e inocuidad, que cumplan con el rol econó-

mico de generar empleos e ingresos para los productores, jornaleros y las cadenas productivas que se insertan en cada región y país. Los principales sistemas de producción frutícolas en México son: los sistemas tradicionales, donde se incluyen los huertos de traspatio; los sistemas convencionales o industriales con tecnología basada en agroquímicos, maquinaria agrícola, y producción orientada a la comercialización en los mercados nacionales y de exportación; y los sistemas agroecológicos, donde la producción orgánica está encaminada a la producción sostenible, y continúa su desarrollo en crecimiento con muchos frutales.

El cambio climático afecta el rendimiento y la calidad de la producción frutícola por la presencia de diversos fenómenos adversos como granizadas, heladas, inundaciones, sequía, calor elevado, aumento de daños por plagas y enfermedades, incidencia de malezas, presencia de ciclones, huracanes, temperaturas bajas y elevadas que afectan la fisiología de los frutales, así como lluvias torrenciales que aumentan la erosión del suelo.

Referencias

- Álvarez-Bravo, A., Salazar-García, S., Ruiz-Corral, J., y Medina-García, G. (2017). Escenarios de cómo el cambio climático modificará las zonas productoras de aguacate 'Hass' en Michoacán. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8(19): 4035-4048.
- Andrés-Agustín, J., Soto, M., Famiani, F., y Cruz-Castillo, J. G. (2017). *In situ* characterization of fruits and seeds of a number of white sapote (*Casimiroa edulis* Llave & Lex.) accessions in Mexico. *HortScience*, 52(12), 1849-1852.
- Avilés-Reyes, A., Castro Acosta, E., López Fuentes, A., Mendoza Bautista, C. y Secundino José, K. (2022). *Cambio climático y producción de aguacate*. www.researchgate.net/publication/357662730_Cambio_climatico_y_produccion_de_aguacate
- Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión (2010). *Reglamento de la Ley de Productos Orgánicos* [01 de abril de 2010]. Diario Oficial de la Federación.
- Delgado, I. (14 de junio de 2017). Los principios de la agricultura orgánica: IFOAM. *Agro Excelencia*.
- Dimitri, G. M., y Trambusti, A. (2014). Precision agriculture for wine production: A machine learning approach to link weather conditions and wine quality. *Heliyon*, 10, e31648. <https://doi.org/10.1060/j.heliyon.2024.e31648>
- García-Barreda S., Sangüesa-Barreda G., Madrigal-González J., Seijo F., González de Andrade E., y Camarero, J. (2021). Reproductive phenology determines the linkages between radial growth, fruit production and climate in four Mediterranean tree

- species. *Agricultural and Forest Meteorology*, 307. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2021.108493>
- Gliessman, S. (2016). Transforming food systems with agroecology. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 40(3), 187-189.
- Infante-Lira, A., y San Martín, K. (2016). *Manual de Producción Agroecológica*. Instituto de Desarrollo Agropecuario / Ministerio de Agricultura.
- Medina-García, G., Grageda-Grageda, J., Ruiz-Corral, J., Casas-Flores, I., Rodríguez-Moreno, V., y de la Mora-Orozco, C. (2019). Disminución de las horas frío como efecto del cambio climático en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(6): 1325-1337.
- Ojeda-Bustamante, W., Sifuentes-Ibarra, E., Ñíguez-Covarrubias, M., y Montero-Martínez, M. (2011). Impacto del cambio climático en el desarrollo y requerimientos hídricos de los cultivos. *Agrociencia*, 45, 1-11.
- Olvera-Hernández, J., Álvarez-Calderón, N., Guerrero-Rodríguez, J., y Aceves-Ruiz, E. (2017). Importancia de especies vegetales en el traspatio de familias campesinas del Noreste de Puebla, México. *Revista Agroproductividad*, 10(7): 27-32.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura / Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (2012). *México: el sector agropecuario ante el desafío del cambio climático*. FAO / Sagarpa.
- Orús, A. (2024). *Ranking de los 10 países con la mayor superficie agraria destinada a cultivos orgánicos en el mundo*. Statista. <https://es.statista.com/estadisticas/542958/paises-con-la-mayor-superficie-de-cultivo-organico-en-el-mundo/>
- Pérez-Bárcena, J. F., Cruz-Castullo, J. G., De Jesús-Sánchez, A., Jiménez-Aparicio, A. R., y Evangelista-Lozano, S. (2021). Germinación y desarrollo de plantas de *Pouteria campechiana* (Sapotaceae). *Botanical Sciences*, 99(2), 377-387. <https://doi.org/10.17129/botsci.2796>
- Posgraduados y Escuela Nacional de Agricultura. SADER. (2019). *Productos orgánicos, naturalmente importantes*. www.gob.mx/agricultura/articulos/productos-organicos-naturalmente-importantes.
- Rojas-Pérez, L., Cruz-Castillo, J. G., Monterroso-Rivas, A. I., y Flores-Magdaleno, H. (2022). Avocado (*Persea americana* Mill.) production in Huatusco, Veracruz, Mexico. *Agro Productividad*, 15(12), 127-136. <https://doi.org/10.32854/agrop.v15i12>
- Sánchez-Cervantes, M., Cruz Castillo, J.G., y Inurreta-Aguirre, H.D. (2013). Agronomía y ambiente de la pera (*Pyrus communis* L.) en la región central de Veracruz. *Revista de Geografía Agrícola*, (50-51), 55-63. <https://www.redalyc.org/pdf/757/75749283005.pdf>
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (2019). *Productos orgánicos, naturalmente importantes*. Gobierno de México / Sader. www.gob.mx/agricultura/articulos/productos-organicos-naturalmente-importantes
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (2023). *Agricultura protegida, otra manera de cultivar*. Gobierno de México / Sader. www.gob.mx/agricultura/articulos/agricultura-protegida-otra-manera-de-cultivar
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación / Sistema

de Información Agroalimentaria de Consulta (2013). Sistema de información agroalimentaria de consulta de producción frutícola. Sagarpa/Siacon.

Villers, L., Arizpe, N., Orellana, R., Conde, C., y Hernández, J. (2009). Impactos del cambio climático en la floración y desarrollo del fruto del café en Veracruz, México. *Interciencia*, 34(5): 322-329.