Agroecología y sustentabilidad: una convergencia para el desarrollo

Por Luis Alberto Olín Fabela (et. al.)

CANTIDAD DE PALABRAS 51635

HORA DE ENTREGA 25-JUN-2024 04:17P. M.

NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN DEL TRABAJO 109855092

Agroecología y sustentabilidad: una convergencia para el desarrollo

Luis Alberto Olín Fabela
Fermín Carreño Meléndez
Fredyd Torres Oregón

COMUNICACIÓN CIENTÍFICA

Índice

Prefacio 11
Introducción 13

I. La agricultura toda una tradición 15

II. Domesticación de especies vegetales. 55

III. Abonos orgánicos 65

IV. Agricultura alternativa. 87

V. Agroecología y sustentabilidad:
una convergencia para el desarrollo 107

Reflexiones finales 129
Bibliografía 135
Sobre los autores 157

Prefacio

Dirigimos este libro a toda la comunidad científica, estudiantil, académica, así como a los productores y profesionales de la agroecología y a aquellos interesados en la agricultura alternativa como ruta a la sustentabilidad. La información y los conocimientos presentados en este libro son el resultado de una exhaustiva revisión de literatura, en la cual fue necesario leer, analizar, sintetizar y comentar varios textos que se confrontaron continuamente en el vasto campo de la ciencia, con el objetivo de llegar a una propuesta que seguramente evolucionará y madurará para dar mejores frutos con el tiempo.

El texto se estructura en cinco capítulos y una reflexión final. El primer capítulo aborda la agricultura tradicional, donde se plasma la visión y experiencia de las culturas mesoamericanas que aún perduran y que han visto amenazado su conocimiento, sabiduría y práctica en el manejo de los ecosistemas naturales y agrosistemas debido a la influencia de la agroindustria. Esto nos compromete a redescubrir y preservar la agroecología como un bien común patrimonial y universal.

El segundo capítulo se centra en la domesticación de las plantas y plantea el desafío de seguir investigando este maravilloso mundo tal como lo ha hecho el ser humano desde la antigüedad. Aún no hemos terminado de conocer la gran diversidad de flora y fauna del planeta. El espíritu de conocer la utilidad de todo lo que la naturaleza nos ofrece es motivo para incluirlo en este libro.

El tercer capítulo se enfoca en los fertilizantes orgánicos que, sin duda, representan una de las mejores alternativas para mejorar la fertilidad del

suelo y los innumerables ciclos de procesos biogeoquímicos que ocurren en él. Este capítulo presenta algunos de los fertilizantes más importantes y sus propiedades. Esto permite a los agricultores tomar decisiones informadas que beneficien sus sistemas agrícolas al proponer las mejores soluciones a los problemas de producción y calidad de los alimentos.

El cuarto capítulo aborda la agricultura alternativa, cuyas propuestas se centran en demostrar los diversos aspectos alternativos que se pueden implementar para proteger el medio ambiente natural y social. Por lo tanto, existe una solución a los problemas nutricionales que enfrenta la humanidad en su conjunto. Es evidente que hay mucho más por hacer de lo que se sugiere aquí, pero esto nos brinda un rayo de esperanza, ya que el conocimiento que cada vez está menos disponible, se resiste a desaparecer, y solo necesita ser puesto en práctica nuevamente para recuperar lo mucho que se ha perdido, considerando que esto nos permitirá alcanzar la sustentabilidad.

Finalmente, se presenta un capítulo final que describe los grandes cambios que el capitalismo ha traído al alejarnos de la tierra y reemplazarla con máquinas y herramientas. Descuidar la agricultura significa que el futuro cercano está en riesgo, ya que muchas personas necesitarán alimentos y la principal fuente de producción estará en las zonas rurales. Si no se detiene este sistema de producción capitalista en el camino hacia la sostenibilidad, las zonas rurales y el espacio para la producción agrícola serán muy limitados, y será demasiado tarde para cambiar nuestra actitud hacia la agricultura.

Por lo tanto, este material se presenta como un complemento de varios libros y textos sobre el desarrollo de la agroecología. Sorprendentemente, cuando reflejan las grandes ideas y conocimientos de las últimas décadas, siguen siendo válidos eternamente y es imposible no citarlos. Además, con esta ciencia relativamente nueva, a diferencia de las posturas neoliberales sobre la producción agrícola, la información no fluye a la misma velocidad que la necesaria en Internet, lo que la hace obsoleta para algunos. Sin embargo, para aquellos de nosotros que anhelamos redescubrir la esencia, el color y el sabor de las plantas y el suelo, es una forma de reconstruir el camino trazado por los primeros fitogenetistas y gestores de agroecosistemas, con miras a gozar de un mundo mejor.

Luis Alberto Olín Fabela

Introducción

Este trabajo se centra en la temática de la agroecología y desglosa los aspectos más importantes para resaltar su relevancia y lo que podemos hacer para preservarla. La agroecología es fundamental debido a la escasez de alimentos, su calidad y su producción, lo cual pone en juego el futuro de la humanidad. El concepto de agroecología ha evolucionado desde su surgimiento en la década de 1930 para abarcar niveles más integrales (Búrigo y Porto, 2019). Wezel *et al.* (2009) resaltan algunos puntos en los que se puede abordar la agroecología. En primer lugar, reconocen tres sentidos en el uso del concepto que abarcan la disciplina científica, el movimiento social y un conjunto de prácticas agrícolas. En segundo lugar, identifican tres grandes tipos de usos del concepto basados en una escala de enfoques a nivel parcelario, agroecosistema y sistema alimentario (Búrigo y Porto, 2019).

Por otro lado, Otmann (2005) y Merola (2015) plantean la necesidad de que la agroecología se enfoque en tres dimensiones de análisis. La dimensión técnico-productiva para el diseño sostenible de los agroecosistemas, utilizando la ecología como marco científico de referencia y dialogando con el conocimiento tradicional campesino e indígena. La dimensión socioeconómica busca la revalorización de los recursos y potencialidades locales, así como la creación de un desarrollo endógeno. Por último, la dimensión sociopolítica se involucra en procesos participativos y busca construir alternativas a la globalización agroalimentaria (Pineda, 2015).

Estas tres dimensiones de la agroecología deben complementarse para su desarrollo en cinco niveles territoriales. Estos niveles incluyen el trabajo

en la finca a nivel predial, los mercados alternativos a nivel de la comunidad local, el diseño e implementación de estrategias endógenas a nivel de la sociedad local, la articulación regional de disidencias contra el neoliberalismo y la globalización económica capitalista para la transición agroecológica a nivel estatal, y la articulación global de disidencias contra el neoliberalismo y la globalización económica capitalista para la soberanía alimentaria a nivel global (Búrigo y Porto, 2019).

En la actualidad, la agroecología debe practicarse desde una perspectiva holística, tecnológicamente autosuficiente, que dialogue con sus saberes, utilice espacios pequeños, y que sea altamente diversificada y poco contaminante. Además de utilizar energías renovables y la energía humana, es una ciencia práctica que convive con la naturaleza y depende de nosotros para impulsarla (Búrigo y Porto, 2019). Una forma segura de preservar y promover la agroecología es a través de la generación de políticas públicas suficientes para este modelo de desarrollo agropecuario y forestal. Las políticas públicas son instrumentos y estrategias diseñados e implementados por el Gobierno con la participación de diversos actores, la sociedad civil y organizaciones internacionales para guiar la ejecución de las acciones gubernamentales.

México tiene una deuda pendiente en cuanto a políticas públicas para la agroecología, ya que estas políticas se enmarcan en un contexto complejo, con un sistema institucional orientado hacia la agricultura competitiva en el mercado internacional y un alto uso de insumos. Sin embargo, quienes practican la agroecología están convencidos de que es un modelo de desarrollo alternativo que es económicamente viable, socialmente aceptable y respetuoso con el medio ambiente. Por lo tanto, es necesario generar políticas públicas que protejan, promuevan y respalden la agroecología mexicana que, más allá de ser un patrimonio de la humanidad, es la solución al problema de hambre de la actualidad y que en el futuro será imprescindible para la subsistencia humana (Búrigo y Porto, 2019).

I. La agricultura toda una tradición

Agricultura antigua

A finales del siglo pasado, una considerable proporción de las tierras cultivables en todo el mundo aún empleaba métodos tradicionales de subsistencia, especialmente en los países en desarrollo. Este tipo de agricultura ha experimentado los beneficios del desarrollo genético, social, económico y cultural, y se ha adaptado a las condiciones de su entorno más inmediato. En consecuencia, los agricultores del siglo XXI se enfrentan a un sistema agrícola complejo que, a lo largo de muchas generaciones y civilizaciones, les ha permitido sobrevivir en condiciones geográficas, culturales, políticas, económicas, sociales y ambientales adversas, dependiendo en gran medida de la fuerza humana y animal, así como de la tecnología mecanizada primitiva (Murrieta *et al.,* 2008; Canepelle *et al.,* 2018).

En este sentido, los agricultores tradicionales han adoptado prácticas que son efectivas a largo plazo y utilizan recursos locales como estiércol, fertilizantes, compost, agua, semillas, insecticidas, minerales y trabajo humano, entre otros. Estas prácticas no buscan simplemente la productividad de un solo cultivo, sino que emplean estrategias para conservar y diversificar sus cultivos, valorando la totalidad del agroecosistema a través de labranzas típica, acolchados vegetales, sistemas de siembra asociados y rotaciones de cultivos (Murrieta, 2001; Arruda, 1999).

La producción agrícola se enfrenta a múltiples obstáculos para lograr una cosecha exitosa y garantizar la seguridad alimentaria. En un agroecosistema, se deben enfrentar problemas como el anegamiento del terreno, suelos pesados o arcillosos, baja fertilidad del suelo, sequías, granizo, heladas,

plagas, enfermedades, malezas, calidad de la semilla, manejo del cultivo, nutrición, riego, clima, precipitación, tormentas eléctricas, humedad del ambiente y almacenamiento de las cosechas, entre otros factores que limitan el equilibrio del sistema productivo (Pereira *et al.*, 2008).

Los pueblos originarios de América y de todo el mundo han aprendido a lidiar con estas adversidades, desarrollando una agricultura adaptada a las peores condiciones ambientales. Han forjado estrategias de continuidad, diversidad, uso óptimo del espacio, manejo de recursos, reciclaje de nutrientes, conservación del agua, protección y rotación de cultivos que han favorecido los agrosistemas tradicionales a lo largo del tiempo (Ferreira *et al.*, 2022; Trigueros-Vazquez *et al.*, 2023).

En cuanto al reciclaje de nutrientes, los agricultores tradicionales controlan la fertilidad del suelo mediante ciclos cerrados de nutrientes, energía, agua y desechos. Utilizan biofertilizantes, lombricompostas, compost, bocashi, caldos fermentados, lixiviados de guano y recolección de desechos para enriquecer el suelo. Los nutrientes y fertilizantes provienen del ganado y animales domésticos, así como de los terrenos forestales y residuos de cultivos. En ocasiones, también utilizan guano de aves marinas o murciélagos (Khadse y Rosset, 2021).

Para conservar el agua, los agricultores tradicionales han desarrollado sistemas integrados de agricultura y acuicultura, como las chinampas de Xochimilco en la Ciudad de México o los arrozales llenos de peces en China e India. Además, han desarrollado estrategias locales para recolectar agua, como el uso de tendederos con manta de cielo en el desierto de Atacama en Chile, y la recolección de agua de cuencas, riberas de ríos, arroyos y acequias cuando la geografía lo permite (Rodríguez-Sánchez *et al.*, 2020).

En cuanto a la protección y rotación de cultivos, los agricultores tradicionales han creado diversas estrategias para controlar los organismos no deseados. Utilizan mezclas de cultivos, combinaciones de variedades y prácticas de cultivo como la aplicación de *mulch* (capa de restos de plantas o materia orgánica para cubrir el suelo) o cubiertas vegetales, nutrición orgánica, sobresiembras, épocas de siembra anticipadas, uso de variedades de plantas resistentes y repelentes. Estas estrategias reducen la presencia de plagas, enfermedades y malezas, minimizando la necesidad de controlarlos de manera intensiva con compuestos químicos (Ferreira y Coelho, 2015).

Con todo esto, los agricultores tradicionales han desarrollado prácticas agrícolas efectivas a largo plazo, adaptadas a las condiciones adversas de su entorno. Estas prácticas se basan en la conservación y diversificación de los cultivos, el reciclaje de nutrientes, la conservación del agua y la protección y rotación de cultivos. Estos procesos han favorecido la sostenibilidad de los agrosistemas tradicionales a lo largo del tiempo, permitiendo a las comunidades rurales enfrentar los desafíos y garantizar su subsistencia (Jayasinghe, 2014; Breitenbach, 2018; Adhikari *et al.,* 2017; D'Annolfo *et al.,* 2017; Garibaldi *et al.,* 2017).

Generalmente, una cosecha abundante de cultivos y árboles con diferentes hábitos de crecimiento, doseles y estructuras radiculares permiten un mejor uso del espacio, nutrientes, del agua y la radiación solar. Además, incrementa la variedad de alimentos, reduce el riesgo de su carencia y promueve la fertilidad del suelo a través de la fijación del nitrógeno, desbloqueo de fósforo, potasio y micronutrientes que mantienen y equilibran las relaciones parásito-huésped y depredador-presa en beneficio del agricultor tradicional (Ren *et al.,* 2018).

La agricultura tradicional ha enfrentado desafíos a lo largo de la historia. Por ejemplo, el exterminio que hicieron los españoles a los cientos de grupos minoritarios indígenas en el continente americano provocó que migraran a zonas marginales y montañosas, lo que limitó el espacio disponible para establecer cultivos. Sin embargo, los indígenas lograron adaptarse a estas condiciones adversas y desarrollaron técnicas agrícolas innovadoras, como el cultivo en terrazas en las montañas o el diseño de sistemas de captación de agua en zonas de sequía.

La gestión de la diversidad cultural es otro legado importante de los grupos indígenas. El policultivo (una estrategia tradicional que promueve la diversidad dietética y la producción estabilizada) ha demostrado ser más productivo en términos de rendimiento total por hectárea en comparación con el monocultivo. Estudios han demostrado que el policultivo aumenta la estabilidad de los rendimientos y reduce la incidencia de plagas, lo que contribuye a la seguridad alimentaria (Baumgärtner y Quaas, 2010). Además, el policultivo fomenta la agrobiodiversidad al promover la interacción entre diferentes especies de cultivos y la conservación de variedades locales (Birol *et al.,* 2006).

La conservación de la agrobiodiversidad es fundamental para la sostenibilidad de la agricultura. Los sistemas agrícolas tradicionales han sido reconocidos como importantes reservorios de diversidad genética de cultivos y animales (Ren *et al.,* 2018). Estos sistemas han mantenido una amplia diversidad de recursos genéticos, como variedades locales de cultivos y razas de animales adaptadas a condiciones específicas de cada región. La diversidad genética es importante para la adaptación de los cultivos al cambio climático, la resistencia a enfermedades y plagas, y la mejora de la productividad agrícola de forma natural.

Sin embargo, los desafíos ambientales y socioeconómicos actuales han reducido el atractivo de los sistemas agrícolas tradicionales (como la milpa) para los productores (Zimmerer, 2013). La expansión de la agricultura industrial y la adopción de variedades híbridas, pesticidas y fertilizantes han llevado a la pérdida de diversidad genética y a la disminución de la agrobiodiversidad en muchas regiones (Gindri *et al.,* 2017). Además, los cambios en las políticas agrícolas y la presión económica han llevado a la adopción de prácticas agrícolas intensivas que no promueven la diversidad de cultivos, sino que lo alejan de su curso natural cuando se intensifica la agroindustria (Zimmerer, 2013).

Es necesario actualizar los sistemas de producción agrícola sin perder la agrobiodiversidad. Se han realizado estudios que demuestran que los policultivos, como la combinación de maíz, frijol y calabaza en la milpa, pueden tener un mejor desempeño que los monocultivos en términos de rendimiento (Ren *et al.,* 2018). Además, se ha demostrado que los policultivos orgánicos pueden ser más productivos que los monocultivos convencionales. Sin embargo, es importante tener en cuenta las preferencias y necesidades de los productores al promover prácticas agrícolas sostenibles. Algunos agricultores pueden optar por adoptar variedades híbridas y tecnologías modernas en busca de altos rendimientos, lo que puede afectar la conservación de la agrobiodiversidad.

Entonces, se sobreentiende que los sistemas agrícolas tradicionales han demostrado ser importantes para la conservación de la agrobiodiversidad y la sostenibilidad de la agricultura. Estos sistemas promueven la diversidad de cultivos, la estabilidad de los rendimientos y la resiliencia ante perturbaciones externas (Ren *et al.,* 2018). Sin embargo, los desafíos actuales (como la

expansión de la agricultura industrial y los cambios en las políticas agrícolas) han llevado a la disminución de la agrobiodiversidad. Es necesario promover prácticas agrícolas sostenibles que combinen la conservación de la agrobiodiversidad con la mejora de la productividad agrícola y el bienestar de los agricultores.

El policultivo, también conocido como cultivo asociado, presenta claras ventajas en comparación con el monocultivo. En un estudio realizado por Dávalos *et al.* (2021), se encontró que el establecimiento de leguminosas junto al cultivo principal, como el maíz, ayudó a incrementar el contenido de agua en el suelo y reducir la evaporación, lo que benefició el rendimiento de los cultivos. Otro estudio realizado por Gitari *et al.* (2018) demostró que el intercultivo de papa y leguminosas también optimizó el rendimiento y los retornos económicos en sistemas de cultivo de secano. Estos resultados respaldan la afirmación de que el policultivo puede aumentar la eficiencia del uso del agua y mejorar los rendimientos en comparación con el monocultivo.

Además de los beneficios en términos de rendimiento, el policultivo también permite la producción de otros productos, como hortalizas y flores de calabaza, calabacines, judías verdes y caña de azúcar, además del maíz (Dávalos *et al.*, 2021). Estos productos adicionales pueden generar ingresos adicionales para los agricultores y diversificar su producción. Con este conocimiento tradicional de los agricultores indígenas se desempeña un papel importante en el policultivo y la agricultura, en general, para recuperar su aplicación.

Según Leyva-Trinidad *et al.* (2020), las comunidades indígenas de México utilizan miles de especies de plantas, muchas de las cuales tienen fines medicinales y alimenticios. Este conocimiento tradicional se basa en la interacción de las personas con su entorno y se transmite de generación en generación. El conocimiento local del entorno físico (como el clima, la vegetación y la fauna) es valioso para comprender las interrelaciones entre los seres vivos y el medio ambiente, lo que permite el desarrollo de sistemas agrícolas autosuficientes y la seguridad alimentaria.

En cuanto al control de plagas, el policultivo también puede ofrecer ventajas. Parra (2019) destacó la importancia del control biológico en la agricultura brasileña con el uso de métodos de control biológico, como la introducción de insectos benéficos, para reducir la dependencia de los pesticidas

químicos y promover un equilibrio natural en los ecosistemas agrícolas. Además, el conocimiento tradicional de los agricultores indígenas sobre los insectos puede ser útil para identificar especies beneficiosas y utilizarlas en el control de plagas de manera sostenible.

Esto señala que el policultivo ofrece claras ventajas en términos de rendimiento, diversificación de productos y control de plagas. Además, el conocimiento tradicional de los agricultores indígenas desempeña un papel importante en el desarrollo de sistemas agrícolas sostenibles y la seguridad alimentaria. El uso de métodos de control biológico y el aprovechamiento de la biodiversidad también son aspectos clave en el policultivo y la agricultura en general. Estos enfoques pueden contribuir a la mitigación de los impactos ambientales y promover la sostenibilidad en la producción agrícola.

El estudio de Posey (1986), sobre la etnoentomología de los indios Kayapo de la Amazonia brasileña, revela un conocimiento detallado de los ciclos de vida de los insectos, su utilización y su manejo. Por ejemplo, se destaca el complejo manejo de las abejas melíferas (Meliponinae) para la producción de miel, lo cual demuestra un profundo conocimiento ecológico de su biología. Además, se resalta el papel de los insectos sociales como modelos naturales de organización social, cuyo comportamiento es respetado simbólicamente en los ritos y rituales de la cultura amazónica.

En el contexto de las etnias mexicanas Tzeltales, Purepechas y Mayas, se han logrado reconocer nuevas especies de plantas, que se suman a la cantidad de información que se ha recabado. Estas etnias han desarrollado estratégicamente patrones alimentarios, agroforestería, policultivo y cuidado de la flora, la fauna, los bosques, el agua y los paisajes, basándose en un complejo sistema de clasificación etnobotánica (Toledo *et al.,* 1985). Estos sistemas han permitido asignar prácticas de producción específicas a cada paisaje y obtener diferentes productos de las plantas a través de estrategias multipropósito.

En México, los indios huastecos administraban campos agrícolas, complejos huertos y bosques que contenían más de 300 especies de plantas (Palier y Surel, 2005). En un área pequeña alrededor de la casa, era usual la siembra en promedio de 80 a 125 cultivos diferentes, incluidas plantas medicinales nativas (Alcorn, 1984). En contraste, en la Isla de Java Occidental, los pekarangan o huertos familiares suelen contener más de 100 especies de

plantas útiles diversificadas como materiales de construcción, combustible, árboles frutales, hortalizas, plantas ornamentales, plantas medicinales, especias y cultivos (Christianty *et al.*, 1985).

Los agricultores tradicionales del sur del Estado de México utilizan sus diversos conocimientos para complementar sus necesidades nutricionales y las de su ganado con la flora y fauna silvestres que se encuentran en el valle (Juan *et al.*, 2009). Estos agricultores cultivan plantas de jardín, incluidas plantas ornamentales, frutales, forestales, ceremoniales, comestibles, aromáticas, medicinales y de paisajismo, que también brindan servicios ambientales como la captura de carbono, protección contra el viento, mitigación del clima, reducción de la evaporación, estabilidad del ciclo del agua, entre otros (Palier y Surel, 2005). Además, algunas plantas son fijadoras de nitrógeno, como las leguminosas, betuláceas, casuarináceas y otras.

La elección de variedades de semillas específicas para cada entorno es el primer paso en la práctica agrícola tradicional. Por ejemplo, el cultivo de maíz tradicional en México es el resultado de una rigurosa selección ancestral masiva, al igual que las patatas en las montañas del Perú. Estos procesos permiten superar limitaciones agrícolas, biológicas, ambientales, sociales, culturales y económicas (Palier y Surel, 2005).

Los agroecosistemas tradicionales que aún se encuentran en México y América del Sur son un tesoro de recursos genéticos auténticos para plantas y animales, incluidas semillas para cultivos locales (Nabhan, 1983). Sin embargo, la existencia de estos valiosos recursos genéticos depende de su adecuada protección y uso por parte de los agricultores tradicionales. Para ello, es necesario implementar políticas públicas reales que promuevan la agricultura indígena tradicional, ya que existe el riesgo de que las corporaciones multinacionales se apropien y utilicen indebidamente estos conocimientos únicamente con fines económicos, hasta que sean erradicados (Palier y Surel, 2005).

En la agricultura tradicional, gran variedad de plantas ajenas al cultivo suelen estar presentes, ya que se dejan intencionalmente cerca de los cultivos y se utilizan con fines medicinales, ornamentales, ceremoniales y alimentarios. Entre este tipo de plantas se encuentran los quelites, chivatitos, berros, papas de agua, tréboles, malvas, quintoniles, pericón, nabos, lengua de vaca, toritos, entre muchas otras. El agricultor retiene selectivamente las

hierbas que le convienen y utiliza todo lo que produce el sistema agrícola (Chacón, 2009; Gliessman, 2001).

En cuanto al control de plagas, los agricultores tradicionales utilizan la vegetación endémica y distintas plantas con cualidades amargosas, astringentes, picosas, hedorosas y otras de sus localidades para elaborar una diversidad de repelentes. Algunas de estas plantas incluyen el ajo, cebolla, canela, pimienta, mala mujer, hinojo, romero, menta, hierba buena, chile, albahaca, ruda, cempasúchil y crisantemo (Palier y Surel, 2005). Estos repelentes son utilizados contra plagas como pulgones de la lechuga, gusano cogollero del maíz, babosas de la col, diabrótica de la calabaza, conchuela del frijol y otras plagas observadas en los cultivos del Estado de México.

Este conocimiento tradicional de las comunidades indígenas sobre la etnoentomología y la etnobotánica ha permitido un manejo sostenible de los recursos naturales y una diversificación de la producción agrícola. Estos conocimientos han sido transmitidos a lo largo de generaciones y se basan en una estrecha relación con el entorno natural. Sin embargo, es necesario proteger y promover estos conocimientos a través de políticas públicas que valoren y apoyen la agricultura indígena tradicional, evitando la apropiación indebida de estos conocimientos por parte de corporaciones multinacionales.

En Tanzania, África Oriental, los agricultores tradicionales cultivan *Tephrosin spp.*, en los bordes de los campos de maíz. Las hojas de Tephrosin se trituran y el líquido resultante se utiliza para controlar las plagas del maíz. En el estado de Tlaxcala, los agricultores cuidan de sus plantas silvestres de Lupinus en sus campos de maíz. Estas plantas actúan como cultivos trampa para controlar Macrodactylus (también llamado frailecillo), que llegan en grandes cantidades y roen las hojas del maíz, Altieri (1993).

Thurston (1991) realizó un estudio comparativo entre varios elementos de los sistemas agrícolas tradicionales en términos de productividad, sostenibilidad, estabilidad y equidad. Concluyó que el 96% de estos sistemas son sostenibles, el 92% utiliza bajos insumos y el 50% requiere mano de obra externa. Estas prácticas incluyen densidad de cultivos, profundidad de siembra, época de siembra, modificación de la planta y estructura del cultivo, control biológico de patógenos del suelo, quema, barbecho, inundación, manipulación de sombra, acolchado, cultivo en capas o estratos, abono con mulch, siembra de diferentes cultivos, en camas elevadas, rotación de cul-

tivos, elección del campo, labranza, uso de fertilizantes orgánicos y control de malezas (Schroeder y Formiga, 2012).

En el contexto de los sistemas agroforestales tradicionales en México, se ha desarrollado la preservación selectiva de componentes forestales o silvícolas, el manejo de elementos agrícolas, el manejo de animales silvestres y unidades sociales de producción que maximizan las interacciones ecológicas entre los elementos forestales y agrícolas (Moreno-Calles *et al.,* 2013). Estos sistemas agroforestales tradicionales han demostrado ser sostenibles y productivos, utilizando prácticas como la densidad de cultivos, la rotación de cultivos, la labranza, el uso de fertilizantes orgánicos y el control de malezas.

En el cultivo del café, uno de los sistemas agrícolas de gran importancia económica, social y ambiental en Latinoamérica, se han planteado preocupaciones sobre la sostenibilidad a largo plazo y las consecuencias ambientales de la intensificación de los sistemas agrícolas. Sin embargo, los sistemas agroforestales cafetaleros con diferentes intensidades de manejo en Veracruz, México, han demostrado ser una alternativa sostenible y productiva, promoviendo la conservación de los ensambles arbóreos y la provisión de servicios ecosistémicos (Gómez-Martínez *et al.,* 2018).

De ahí que los agricultores tradicionales utilizen diversas prácticas agrícolas sostenibles y basadas en el conocimiento tradicional para controlar plagas, mejorar la productividad y promover la conservación del medio ambiente. Estas prácticas incluyen entre otras cosas, el uso de cultivos trampa, el control biológico de patógenos del suelo, la rotación de cultivos, el uso de fertilizantes orgánicos y el control de malezas. Estos sistemas agrícolas tradicionales han demostrado ser sostenibles, productivos y resilientes frente a los cambios ambientales y sociales. Es importante valorar y promover estos conocimientos y prácticas agrícolas tradicionales para garantizar la seguridad alimentaria y la conservación del medio ambiente.

La agricultura en México

El año 2021 marca el 500 aniversario de la conquista de México por los españoles liderados por Hernán Cortés, y la consiguiente destrucción y saqueo del mundo indígena. También lo es la disminución del conocimiento sobre

los sistemas agrícolas, incluidos los sistemas de producción en terrazas, chinampas y milpas. La Nueva España, hoy México, fue un país dedicado principalmente a la minería, la agricultura, la ganadería y el comercio en la primera mitad del siglo XVI. Era el hogar de vastos bosques, recursos hídricos, flora y fauna. Era tierra de maíz, frijol, chiles verdes, calabazas, tomates, aguacates, sorgo, caña de azúcar, agave, amaranto, cacao, papaya, chile poblano, vainilla, salvia y nopales, entre muchas más (Araya y Navarrete-Montalvo, 2018).

En 1550, la agricultura mexicana era, por un lado, el cultivo tradicional intensivo de maíz, y por el otro, la agricultura española a gran escala operada por animales. Es incuestionable que los conquistadores del Viejo Mundo habían establecido un sistema de distribución agrícola, junto al que introdujeron las haciendas, que dominaron en su esplendor hasta principios del siglo XX, pero también peonías, la merced, la caballería de tierra y comunas indígenas, como bien lo señala Saldaña (1983). Está claro que la minería, mediante la extracción de minerales valiosos como el oro, la plata y otros minerales menores como el cobre, el hierro, el carbón y el mercurio, era una industria que dependía en gran medida de la agricultura. Así, durante casi cuatro siglos, la historia agrícola de México permaneció prácticamente sin cambios, con la excepción de exportaciones como el algodón, el tabaco, el cacao y el henequén (Araya y Navarrete-Montalvo, 2018).

La influencia de la agricultura española en México se extendió por casi cuatro siglos, especialmente a finales del siglo XIX, fomentando enormemente el cultivo en el extranjero de cultivos como henequén, cacao, café, algodón, garbanzos, frijoles, aguacates, tomates y un sinfín de cultivos de frutos tropicales cultivados en haciendas, un grande sistema de producción agrícola basado principalmente en tierras de cultivo, trabajo de esclavos y productos agrícolas (Araya y Navarrete-Montalvo, 2018).

La agricultura indígena sobrevive gracias a que desde la llegada de los españoles se refugian en zonas inhóspitas, inaccesibles del centro, sur y norte del país como los pantanos de Tabasco, las sierras húmedas de Veracruz, las frías tierras de Chihuahua, Durango, Nayarit y Zacatecas, los desiertos de Sonora y Chihuahua. Pero, también, los indígenas fueron siempre la mano de obra esclavizada de los españoles, sometidos a la influencia de la producción agrícola y ganadera europeizante en las haciendas.

Así, la agricultura original del país generó desde entonces un mestizaje cultural en la agricultura. Antes de la independencia de México, el panorama, por todos conocidos de este capítulo de la historia de México en cuanto a la dominación, racismo, exclusión de los derechos humanos y explotación de indígenas y peones, era evidente (Araya y Navarrete-Montalvo, 2018). Las haciendas eran un conjunto de edificios de gran valor arquitectónico, propiedad de la clase social rica e influyente en la vida social y política; y junto con el rancho, otra unidad de producción agrícola de dimensiones menores a las de la hacienda, eran dependiente de ésta.

Hay un ejemplo muy emblemático de hacienda en el Valle de Toluca, la Gavia, con más de 60 000 hectáreas; producía maíz, trigo, cebada, papa, haba, hortalizas, frutales, pulque, maderas, ganado, obrajes, tenerías, curtidurías, telas de paños, sayales, jergas, curtían pieles y hacían zapatos. Operaban con una organización laboral que categorizaba a los trabajadores como aquellos dedicados a la labranza, los dedicados a la ganadería, los dedicados a la administración y enseñanza, los dedicados a limpieza, comida y cuidado de niños y a las artesanías (Araya y Navarrete-Montalvo, 2018).

Debemos resaltar que la conquista de México por los españoles en el siglo XVI tuvo un impacto significativo en la agricultura del país. La introducción de sistemas agrícolas españoles, como las haciendas, transformó la manera en que se cultivaban los alimentos y se organizaba la producción agrícola. Sin embargo, la agricultura indígena logró sobrevivir en áreas remotas y se convirtió en una forma de resistencia cultural. La influencia de la agricultura española en México se extendió durante varios siglos y tuvo un impacto duradero en la economía y la sociedad del país. A pesar de los cambios introducidos por los españoles, la agricultura indígena sigue siendo una parte importante de la identidad y la historia de México (Araya y Navarrete-Montalvo, 2018).

A partir de la Ley de Indias, se dictan las formas de apropiación del territorio mexicano, condicionando a los pueblos nativos a que se les proporcionaran extensiones de tierra de cuatro tipos para uso común: el fundo legal, 600 varas a los cuatro vientos, contadas a partir de la iglesia del pueblo, destinadas a solares, casas y corrales, declarado inalienable en 1567. Se estableció en 1573 el *ejido,* una legua de largo, ubicado en las afueras del pueblo, destinado a pastoreo, leña, piedra y agua. Terrenos propios cultivados

colectivamente y cuyos productos se destinaban a los gastos del pueblo, fueron tierras que pertenecieron a los ayuntamientos; y tierras de repartimiento concedidas en 1567 destinadas al cultivo por parte de las familias que formaban la comunidad. A la par de ello, se estableció que los indios no debían recibir agravio en sus personas y bienes, entre esos estaban las aguas y tierras que hubieren estando poseyendo. Se especificó que a los indios se les dejaran sus tierras, heredades y pastos, cuando se otorgaran mercedes de tierra y agua a los españoles. Se emitieron leyes que hablaban de la confirmación de lo que poseían los indios, de proteger los derechos de los indígenas y de repartirles lo necesario para labrar, hacer sus sementeras y crianzas, pero, en la realidad no realizaron nada de eso (Porto-Gonçalves y Leff, 2015).

A partir de lo anterior, se detonó la zonificación y organización del territorio con la llamada urbanización, que orilló a diferenciar entre las tierras agrícolas y las de vivienda, industria y demás usos. Se generó una relación entre la urbanización y el sector agrícola en la periferia de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, observando que las características de la expansión urbana y las modalidades de la urbanización periférica están relacionadas con los diferentes tipos de propiedad de la tierra y las peculiaridades de la población rural. La relación entre estos elementos ha llevado a identificar el importante papel que desempeñan en la definición de los nuevos rasgos de la urbanización periférica, lo que obliga a reflexionar sobre la complejidad de la interrelación entre lo urbano y lo rural en la periferia metropolitana (Rodríguez, 2002).

Surgió entonces un movimiento de población llamado neorruralidad, como un concepto que apareció en el contexto de los cambios en las formas de vida y trabajo en el campo. Se refiere a la migración de personas de áreas urbanas a áreas rurales en busca de una vida más sostenible y en contacto con la naturaleza. Este fenómeno ha sido objeto de reflexión y análisis, y se ha discutido la construcción de un objeto multidimensional para comprender la neorruralidad en todas sus dimensiones (Trimano, 2019).

Sin embargo, entre otros problemas, se detonó la degradación del suelo. Este es un problema importante en las regiones tropicales húmedas, como la selva Lacandona en Chiapas, México. La ausencia de cobertura arbórea, el pisoteo constante del ganado y la elevada precipitación contribuyen a la

degradación del suelo en términos de sus propiedades físicas y químicas. La compactación del suelo por sobrepastoreo es una de las condiciones de degradación más importantes en los bosques y selvas de México. Se estima que aproximadamente el 30% de la superficie total de tierras degradadas en México son tierras compactadas, lo que representa un total de 59 millones de hectáreas (Román-Dañobeytia *et al.,* 2007).

Los cambios en el uso y cobertura del suelo pueden tener impactos significativos en el medio ambiente. En el municipio de Altamira, Pará, Brasil, se han observado grandes transformaciones en la cobertura del suelo, debido al desarrollo intencionado y a la construcción de la Usina Hidrelétrica de Belo Monte. Estos cambios en el uso y cobertura del suelo han sido objeto de estudio para comprender sus impactos y evaluar las alteraciones en el paisaje urbano, pensando que se está introduciendo tecnología que orienta hacia el desarrollo (Silva *et al.,* 2020).

Entre esos y otros movimientos sociales que experimentaron los pueblos conquistados, la etnicidad y la indigenidad son conceptos que han sido objeto de debate y reflexión en América Latina. De lo que se ha discutido si la etnicidad puede reemplazar lo racial y cómo se define y se reconoce la diversidad étnica en estos países. Diversos acuerdos y convenios internacionales han facilitado el reconocimiento de los derechos colectivos sobre la tierra de los pueblos indígenas en las constituciones nacionales. Estas constituciones han abierto un nuevo espacio para el reconocimiento de la diversidad y han establecido una legislación específica basada en una noción particular de indigenidad (Ng'weno, 2013).

La conservación de los bosques nativos es un tema importante en Latino América, pues los bosques son considerados importantes reservorios de carbono y ocupan una gran extensión en los ecosistemas áridos. Estos bosques representan aproximadamente el 18% de las tierras áridas de Argentina. La estructura, distribución y estado de conservación de estos bosques han sido objeto de estudio para comprender su importancia y promover su conservación (FAO, 2013).

La reconciliación entre la naturaleza y la cultura es un tema relevante en la conservación del paisaje y los geositios. Diversas sociedades indígenas y actores locales consideran que la naturaleza y la cultura están intrínsecamente vinculadas y no deben ser separadas. En México, los pueblos mayas

de Chiapas y Yucatán consideran la tierra y el territorio como "la Madre Tierra", una dimensión inseparable de su identidad y forma de vida. La protección de los paisajes y los geositios como recursos patrimoniales requiere la participación activa y sustentable de los grupos y comunidades que han sido los guardianes tradicionales de estos valores culturales expresados en el paisaje (Ramírez *et al.,* 2010).

Un ejemplo es el uso y ocupación del suelo en el municipio de Novo Progresso, en el estado de Pará, Brasil, el cual ha sido objeto de estudio para comprender los cambios en el paisaje y evaluar las tasas de crecimiento en ciertos periodos de tiempo. Se han utilizado herramientas como el software QGIS para elaborar mapas de localización y clasificación del uso y cobertura del suelo. Estos estudios han permitido evaluar la confiabilidad de la clasificación y analizar las tendencias en el uso del suelo en la región, permitiendo visualizar que los cambios en el territorio modifican el paisaje, pero sobre todo, se crean problemas socioambientales que se visualizan en el agotamiento de recursos y la degradación del ambiente (Rosário *et al.,* 2021).

La geopolítica de la Amazonia ha sido objeto de análisis y reflexión, por ser escenario de presiones y disputas relacionadas con el poder y el control del territorio. La geopolítica ha desempeñado un papel importante en la garantía de la soberanía sobre la Amazonia y en la definición de las políticas y estrategias para su desarrollo. La geopolítica actúa a través del poder de influir en la toma de decisiones sobre el uso del territorio y ha evolucionado para adaptarse a los cambios en las relaciones internacionales y las demandas de los actores involucrados (Becker, 2005).

Este cuidado que ha florecido en las últimas décadas, surge por la valoración de los servicios ecosistémicos por su valor relevante en la ecología y la gestión ambiental. Los servicios ecosistémicos son los beneficios que los ecosistemas proporcionan a los seres humanos, como la provisión de alimentos, agua, regulación del clima y recreación. La valoración de estos servicios y las diferentes estrategias de apropiación generan diferentes posicionamientos y tensiones entre los actores sociales. Estas tensiones pueden dar lugar a disputas socioecológicas y distributivas (Cáceres y Tapella, 2022).

La ordenación territorial y el acceso a la tierra en la Amazonia brasileña han sido objeto de estudio, para comprender los procesos de colonización y los impactos en las formas tradicionales de uso y apropiación del territorio

que ocurrió en Améreica Latina. El proyecto de modernización capitalista de la Amazonia ha llevado a la ocupación y transformación del territorio, con grandes emprendimientos en actividades como la agricultura, la ganadería y la minería. Estos proyectos han generado tensiones y conflictos en relación con la subsistencia de las poblaciones locales y los recursos naturales en disputa (Ferreira *et al.,* 2021).

El Chaco boliviano ha sido objeto de estudio para comprender su historia y evolución. Se ha investigado la relación entre los sitios arqueológicos asociados al sistema fluvial Pilcomayo, Paraguay y Paraná, y las fases culturales prehispánicas. Se ha observado que estos sitios forman parte de una corriente continua de comunicación e intercambio entre diferentes culturas. Además, se ha explorado el contacto entre los pueblos indígenas del Chaco y los primeros europeos que llegaron a la región, como el portugués Aleixo García, y se ha analizado la influencia de estos contactos en la configuración de las sociedades indígenas (Arellano, 2014).

El genocidio y el ecocidio en las comunidades indígenas de Colombia han sido objeto de estudio para comprender la erosión de su forma de vida y memoria. Se han identificado las dinámicas que contribuyen a la extinción de las culturas indígenas en Colombia, y se ha establecido una conexión entre estas dinámicas y la ocurrencia simultánea de un ecocidio (Goyes *et al.,* 2021).

La deforestación en la Amazonia brasileña ha sido objeto de estudio para comprender los procesos de colonización y los cambios en el uso del suelo. En el municipio de Apuí, un punto caliente de deforestación en el estado de Amazonas, se han analizado las trayectorias de deforestación a lo largo de 35 años de colonización y cambios en las políticas y la economía. Estos estudios han permitido evaluar las opciones de política y gestión para promover la conservación de la biodiversidad y la producción agrícola (Carrero *et al.,* 2020).

Las desigualdades y los servicios ecosistémicos están estrechamente relacionados en América Latina. Se ha investigado la conexión entre las desigualdades sociales y la provisión y distribución de servicios ecosistémicos en la región. Se ha observado que las desigualdades socioeconómicas y políticas pueden influir en la disponibilidad y acceso a los servicios ecosistémicos, lo que puede generar tensiones y conflictos (Laterra *et al.,* 2019).

Las narrativas de la modernización ecológica han sido objeto de análisis en el Chaco argentino. Se ha evaluado la validez de las suposiciones clave de estas narrativas aplicadas al Chaco argentino, una zona de deforestación intensa. Se ha cuestionado la aplicabilidad de estas teorías desarrolladas originalmente para países desarrollados en contextos de países en desarrollo y se ha analizado su relevancia para comprender y orientar las transiciones socioecológicas (Mastrangelo y Aguiar, 2019).

La ampliación del espacio evaluativo para los servicios ecosistémicos es un tema relevante en la valoración de los servicios ecosistémicos. Se ha propuesto una taxonomía de valores y métodos de valoración para ampliar el espacio evaluativo y tener en cuenta la pluralidad de valores en la evaluación de los servicios ecosistémicos (Arias-Arévalo *et al.*, 2018). La reprimarización de las economías latinoamericanas, en particular en el Cono Sur, ha sido objeto de análisis sobre la cuestión territorial y las tensiones en relación con la tierra, el agua y los bosques en el contexto de la sojización en Argentina. De lo que se ha observado que estas tensiones afectan la subsistencia de las poblaciones que dependen de los recursos naturales en disputa (Manzanal, 2017).

La integración de la conservación de la biodiversidad y la producción agrícola en el Chaco se ha explorado para identificar opciones de política y gestión. Se ha analizado la eficiencia de diferentes sistemas de uso del suelo en términos de la conservación de hábitats avícolas y la productividad agrícola. Se ha observado que existen oportunidades para lograr grandes ganancias en la producción con pequeñas pérdidas en la conservación mediante la transición a sistemas de intensidad media (Mastrangelo y Laterra, 2015).

En México, una de las principales demandas de la Revolución mexicana fue la repartición de la tierra a los agricultores. Por esta razón, se estableció la Comisión Nacional Agraria el 6 de enero de 1915, la cual fue ratificada por la Asamblea Constituyente en 1917. Este sistema fue fortalecido por las Leyes Agrarias de 1934, 1940 y 1942, así como las Leyes de Reforma Agraria de 1971 y 1992, las cuales establecieron tres tipos de propiedad de la tierra: ejido, comunal y pequeña propiedad. Durante los primeros años de la Ley Agraria de 1915, se asignaron pocas tierras, pero fue hasta 1934, durante el Gobierno de Cárdenas, que se promulgaron las disposiciones de la primera

Ley Agraria y se impulsó la agricultura. A partir de 1936, se introdujo maquinaria y sistemas de riego modernos bajo la supervisión de la Comisión Nacional de Irrigación.

Después de una crisis agrícola y una disminución en la producción debido a la Segunda Guerra Mundial, México se mantuvo como uno de los líderes en producción agrícola independiente hasta 1965. Durante este tiempo, las haciendas se convirtieron en tierras privadas o ejidos, y la producción de cultivos básicos continuó hasta 1950.

Con el transcurso de los años, se han creado diversas instituciones relacionadas con la producción agrícola en México. Estas incluyen la Aseguradora Agrícola y Ganadera en 1952, Guanomex en 1951, la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos en 1976 (predecesora de la Secretaría de Agricultura y Fomento de 1917 y la Secretaría de Agricultura y Ganadería de 1946), la Comisión Nacional del Agua en 1992, la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales en 1994, la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural en 1994 (que cambió su nombre en 2000 a Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación) y finalmente en 2018 se transformó en la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER).

Actualmente, existen 5 millones 222 000 pequeños propietarios de tierra en México, en contraste con los 840 poseedores del 97% de la tierra en 1910 (Tijerina, 2017). Sin embargo, la distribución de la tierra y la producción agrícola en México presentan desafíos y problemáticas. Los antiguos hacendados y rancheros de grandes extensiones de tierra se han convertido en empresarios del sector agroalimentario exportador mexicano, junto con las firmas transnacionales.

Por otro lado, muchos ejidatarios han vendido sus tierras, lo que ha llevado a una fragmentación de la tenencia de la tierra. Además, los indígenas han experimentado procesos de urbanización y erosión de su conocimiento ancestral. La producción agrícola en México también depende en gran medida del apoyo económico del Estado. En cuanto al avance científico y tecnológico en el sector agropecuario y forestal, es limitado debido a la falta de apoyo a las universidades encargadas de generarlo, lo que genera un rezago y una dependencia de la ciencia, el comercio y la tecnología agrícola extranjera (Márquez y Morrone, 2022).

Por lo anterior se puede asegurar que la distribución de la tierra y la producción agrícola en México han experimentado cambios significativos a lo largo de la historia. Aunque se han implementado políticas y leyes para promover la distribución equitativa de la tierra, aún persisten desafíos en términos de fragmentación de la tenencia de la tierra, dependencia económica del Estado y falta de avances científicos y tecnológicos en el sector. Estos desafíos requieren una atención continua para lograr un desarrollo agrícola sostenible y equitativo en el país (Tijerina, 2017; Márquez y Morrone, 2022). Logrando la suficiencia alimentaria, disminuyendo también, la importación de alimento transgénico, al que se le modifica su fisiología para acelerar su producción, y que además tiene grandes cantidades de fertilizantes químicos que son dañinos a la salud por su consumo.

Agricultura y enfermedades de las plantas

Es importante hacer énfasis en la incorporación adecuada de nutrientes y materia orgánica en el suelo; es un factor clave en las estrategias agrícolas tradicionales (Sánchez *et al.,* 2010). Esto se debe a que los mecanismos de defensa de las plantas requieren una gran cantidad de energía, lo que garantiza el equilibrio adecuado de nutrientes dentro de la planta. Sin embargo, se debe considerar que los niveles más altos de nutrientes, como el nitrógeno, pueden tener efectos negativos en las plantas. Por ejemplo, altos niveles de nitrógeno en los tejidos vegetales pueden aumentar la susceptibilidad a patógenos biotróficos (Sánchez *et al.,* 2010). Esto se debe a que estos patógenos se alimentan de aminoácidos y azúcares, que son más abundantes en tejidos envejecidos.

Por lo tanto, como agrónomos, debemos tener cuidado con el exceso de nitrógeno en los cultivos. El exceso de nitrógeno, combinado con la deficiencia de azufre, puede reducir el contenido de azúcares reductores y la síntesis de proteínas en las plantas, lo que aumenta los carbohidratos y aminoácidos solubles en las hojas y crea un ambiente propicio para hongos, bacterias y plagas (Sánchez *et al.,* 2010). Es importante mantener un equilibrio adecuado de nutrientes en el suelo para evitar estos problemas.

Además de la nutrición adecuada, existen otras estrategias para el control de enfermedades en los cultivos. Una de ellas es el uso de plantas antagónicas como plantas defensivas y trampas para combatir nematodos. También es importante utilizar semillas limpias o material de propagación sano para eliminar patógenos. El uso de instrumentos esterilizados para cortar el material de crecimiento y evitar la propagación de enfermedades también es una práctica recomendada (Toledo y Barrera-Bassols, 2009).

La densidad de las plantas también puede afectar la aparición y la intensidad de las enfermedades. Las plantas altas generalmente aumentan la incidencia de enfermedades, pero también pueden reducir la incidencia de algunas enfermedades virales (Benito *et al.*, 2014). Por lo tanto, es importante manipular la densidad de las plantas ajustando las proporciones de las plantas y el espacio entre hileras. La profundidad a la que se siembran las semillas y la distribución del material también pueden influir en la aparición y la intensidad de las enfermedades. La plantación poco profunda suele ser una forma eficaz de controlar las enfermedades fúngicas de las raíces, ya que las plantas emergen rápidamente del suelo si no se plantan profundamente.

Los periodos de barbecho también pueden ayudar a reducir las pérdidas por enfermedades de las plantas, especialmente las del sistema radicular. El barbecho es eficaz cuando se combina con la rotación de cultivos (Benito *et al.*, 2014). Además, el fuego y el calor se consideran formas de controlar las enfermedades de las plantas, ya que las altas temperaturas pueden eliminar el inóculo de muchos patógenos. En la agricultura tradicional, las inundaciones también se utilizan para controlar los patógenos de las plantas, como en los arrozales, donde además de los beneficios agrícolas, también juegan un papel fundamental en la reducción de enfermedades del suelo.

La aplicación de mantillo plástico puede reducir la dispersión del suelo debido a la lluvia y reducir las enfermedades de las plantas. Además, afecta el contenido de humedad y la temperatura del suelo, lo que aumenta la actividad de los microorganismos que matan los patógenos de las plantas. También se ha demostrado que los cultivos múltiples (policultivo) utilizando nutrientes orgánicos pueden ayudar a controlar las plagas, enfermedades y malezas en cierta medida, ya que la diversidad vegetal garantiza una mejor protección de la zona de cultivo.

Los sistemas multicapa, que han existido en las regiones tropicales durante siglos, también pueden ser una estrategia útil para el control de enfermedades en los cultivos. La manipulación combinada de la estructura y la sombra de las plantas, junto con el uso de variedades locales y la diversidad de especies en sistemas estratificados, puede ser beneficioso en otras regiones tropicales (Benito *et al.,* 2014).

Además de estas estrategias, los agricultores tradicionales han utilizado diferentes técnicas para controlar enfermedades en los cultivos. Por ejemplo, han hecho un uso extensivo de canteros elevados, canales y otros sistemas durante miles de años. Estos sistemas tienen beneficios como un mejor drenaje e irrigación, mayor fertilidad y supresión de heladas. Plantar plantas en el suelo por encima de la superficie del suelo es una práctica común para controlar enfermedades causadas por patógenos del suelo (Benito *et al.,* 2014).

La rotación de cultivos también es una estrategia importante para el control de enfermedades en los cultivos. Sin embargo, es importante utilizarla con prudencia y adaptarla a las condiciones específicas de cada lugar, ya que el valor de la rotación de cultivos para controlar enfermedades específicas puede variar (Benito *et al.,* 2014).

Es evidente que para el control de enfermedades en los cultivos se requiere una combinación de diferentes estrategias, que incluyen una nutrición adecuada, el uso de plantas antagónicas, la utilización de semillas limpias, el manejo adecuado de instrumentos, la manipulación de la densidad de las plantas, la profundidad de siembra de las semillas, la rotación de cultivos, el uso de periodos de barbecho, el control de la temperatura y el uso de sistemas de cultivo tradicionales. Estas estrategias pueden ayudar a reducir la incidencia y la intensidad de las enfermedades en los cultivos, promoviendo así una agricultura más saludable y sostenible (Grain, 2013).

Mantenimiento de recursos agrícolas

Los agroecosistemas tradicionales son genéticamente diversos e incluyen poblaciones fluctuantes y adaptadas, así como especies silvestres de los cultivos. Los agricultores de los Andes cultivan más de 50 variedades de papa

en sus campos y tienen un sistema de clasificación especial para clasificarlas. Los agricultores de Tailandia e Indonesia también cultivan diferentes variedades de arroz que se adaptan a diferentes condiciones ambientales. Hay evidencia de que las taxonomías populares se vuelven más apropiadas cuando las áreas se vuelven marginales y peligrosas. En Perú, por ejemplo, la proporción de variedades nativas de papa aumenta a medida que aumenta la altitud (Toro *et al.*, 2016).

En México, los agricultores todavía permiten que el teocintle permanezca en o cerca de los campos de maíz para que se produzca una hibridación natural cuando el viento poliniza el maíz (Toro *et al.*, 2016). A través de esta conexión continua, se estableció un equilibrio estable entre cultivos, malezas, enfermedades, prácticas culturales y hábitos humanos. El equilibrio es complejo y difícil de cambiar sin alterarlo, lo que puede conducir a la pérdida de recursos genéticos. Por esta razón, el concepto de conservación *in situ* de muchas especies terrestres nativas y especies silvestres asociadas. La diversidad genética en los agroecosistemas es esencial para la adaptación de la agricultura al cambio climático (Nicholls y Altieri, 2019).

La diversificación agrícola reduce los riesgos y hace que la producción sea más estable. Los sistemas biodiversificados proporcionan beneficios ambientales, como la regulación del agua, la creación de un microclima favorable, la protección del suelo y el mantenimiento de las reservas de carbono. Introducir una mayor diversidad en los agroecosistemas puede servir como un amortiguador frente a los patrones cambiantes de las precipitaciones y la temperatura, y posiblemente permitir revertir las tendencias a la baja de los rendimientos a largo plazo (Nicholls y Altieri, 2019).

La diversidad genética también se encuentra en otros cultivos, como la oca, que tiene diferentes grupos de variedades con diferentes prácticas culturales y propiedades organolépticas (Bradbury y Emshwiller, 2010). Además, se ha encontrado diversidad genética en especies de Metarhizium presentes en agroecosistemas (Ramirez-Milanes *et al.*, 2021). Estos estudios demuestran la importancia de conservar y utilizar la diversidad genética en la agricultura. La diversidad genética no se limita a los cultivos, también se encuentra en otras especies como los monos aulladores de manto en México (Toro *et al.*, 2016). Además, se ha estudiado la diversidad genética en especies de Alouatta en América Central y del Sur, encontrando diferencias

en la variabilidad de microsatélites entre las especies (Ruiz-García *et al.*, 2007).

La diversidad genética también se encuentra en especies de arroz, como el arroz rojo, que puede competir con el cultivo de arroz y causar pérdidas en la producción (Ortega y Alvarado, 2012). Además, se ha estudiado la diversidad genética de diferentes genotipos de arroz en Brasil, encontrando diferencias en la capacidad de emitir perfillos y en la respuesta al déficit hídrico (Menezes *et al.*, 2011; Menezes *et al.*, 2012).

La diversidad genética no solo es importante para la adaptación al cambio climático y la producción agrícola, sino también para la conservación de especies nativas y silvestres (Alpala *et al.*, 2020). La conservación *in situ* de especies terrestres nativas y especies silvestres asociadas se fortalece, según lo refieren, Toro *et al.* (2016), así como se observa en la conservación de papas nativas en comunidades indígenas en Colombia, encontrando diversidad fenotípica y potencial de adaptación sin explorar, pero de carácter natural (Alpala *et al.*, 2020).

Con todo ello, se puede decir que la diversidad genética en los agroecosistemas es esencial para la adaptación de la agricultura al cambio climático y la conservación de especies nativas y silvestres. Los agricultores tradicionales cultivan una amplia variedad de cultivos adaptados a diferentes condiciones ambientales. La diversidad genética se encuentra en diferentes cultivos, como la papa y el arroz, así como en el maíz y otros cultivos. La conservación *in situ* de especies terrestres nativas y especies silvestres asociadas es una estrategia importante para mantener la diversidad genética en los agroecosistemas.

Los huertos familiares, una economía de traspatio

El huerto familiar, también conocido como huerta, huerto de traspatio o huerto solar, es una propiedad que incluye una casa adyacente a una zona de cultivo que alberga una variedad de especies vegetales y ganaderas. Este jardín representa las necesidades e intereses de la familia, proporcionando alimentos, forraje, leña, mercancías, materiales de construcción, medicinas y plantas ornamentales a familias y comunidades (Reyes-García *et al.*, 2010).

En estos huertos se cultivan árboles comunes que se encuentran en bosques naturales cercanos, como la papaya (*Carica papaya*), guayaba (*Psidium sp.*), plátano (*Musa spp.*), limón (*Citrus limon*) y naranjo (*Citrus aurantium*); (Martínez *et al.,* 2020). Además, se cultivan hierbas, arbustos, enredaderas y epífitas nativas y exóticas en áreas con poca luz o sombra (Pérez, 2010).

Los huertos familiares tienen una superficie media que oscila entre 600 y 6,000 metros cuadrados y sus prácticas tradicionales de manejo han contribuido a la cubierta forestal de la península de Yucatán (Reyes-García *et al.,* 2010). Estos huertos son valiosos para la conservación de la biodiversidad y los sistemas culturales (Martínez *et al.,* 2020). Además, se ha encontrado diversidad genética en especies cultivadas en huertos familiares, como las papas nativas, que presentan un potencial de adaptación sin explorar (Alpala *et al.,* 2020).

La diversificación agrícola en los huertos familiares es clave para la adaptación de la agricultura al cambio climático y la seguridad alimentaria. La introducción de una mayor diversidad en los agroecosistemas puede servir como un amortiguador frente a los patrones cambiantes de las precipitaciones y la temperatura, y posiblemente permitir revertir las tendencias a la baja de los rendimientos a largo plazo (Nicholls y Altieri, 2019). Además, los huertos familiares proporcionan diversidad de alimentos y distintos macro y micronutrientes, contribuyendo a la seguridad alimentaria (Kanter *et al.,* 2020).

Se observa el peso que tienen, los huertos familiares son sistemas agroforestales que proporcionan una amplia variedad de productos y beneficios a las familias y comunidades. Estos huertos albergan una diversidad de especies vegetales y ganaderas, incluyendo árboles comunes y especies nativas y exóticas. Los huertos familiares son valiosos para la conservación de la biodiversidad y los sistemas culturales, y su diversificación agrícola contribuye a la adaptación al cambio climático y la seguridad alimentaria.

Relación entre agricultura y producción animal

Los sistemas agrícolas que involucran la producción de animales y cultivos se conocen como sistemas agropastorales (Silva *et al.,* 2010). Estos sistemas se

encuentran en diferentes partes del mundo. Por ejemplo, en las llanuras asiáticas se cultiva arroz y se utilizan búfalos de agua para la tracción en los campos, así como para obtener leche y carne para el consumo y la venta. También, se crían otros animales como vacas, aves (gallinas y patos) y cerdos, cuya alimentación se basa en residuos de cultivos, malezas y otros subproductos agrícolas de acuerdo con la autora.

En las zonas montañosas, además de cultivos como el arroz, el maíz, la yuca, los frijoles y los cereales pequeños, se crían cerdos, aves, búfalos y ganado vacuno. En los trópicos húmedos de África, los sistemas de cultivo están dominados por el arroz, el ñame y el plátano, y los animales principales son las cabras y los pájaros, aunque hay menos presencia de ovejas y cerdos. En las pequeñas tierras agrícolas de América Latina se cultivan una combinación de frijoles, maíz, chiles, calabazas y arroz, y se cría ganado para obtener leche, carne y tracción (Silva *et al.,* 2010).

Los sistemas agropastorales tienen la ventaja de tener poco impacto en la productividad de los cultivos, ya que los animales se alimentan de residuos vegetales y otros subproductos agrícolas, lo que ayuda a convertir la biomasa desperdiciada en proteína animal. Además, los animales reciclan los nutrientes de las plantas y los convierten en fertilizantes, lo que contribuye al manejo de nutrientes agrícolas (Silva *et al.,* 2010).

La diversificación de los cultivos en los sistemas agropastorales también tiene beneficios adicionales, como la conservación del suelo y el agua. Por ejemplo, las legumbres se plantan para proporcionar forraje de alta calidad y mejorar el contenido de nitrógeno del suelo. Además, las interacciones entre cultivos y animales en estos sistemas desempeñan un papel importante en la economía agrícola, ya que proporcionan ingresos a través de la venta de carne, leche y fibra. El valor del ganado aumenta con el tiempo y se puede vender cuando sea necesario, lo que proporciona una fuente de ingresos (Silva *et al.,* 2010).

En conclusión, los sistemas agropastorales son sistemas agrícolas que combinan la producción de animales y cultivos. Estos sistemas se encuentran en diferentes partes del mundo y tienen beneficios tanto para la productividad agrícola como para la conservación del suelo y el agua; además, contribuyen a la economía agrícola al proporcionar ingresos a través de la venta de productos animales desde lo local, y que va escalando a un sistema

económico, superando la actividad comercial local conforme a la sinergía de la economía de cada región.

Revolución verde

La revolución verde es un ejemplo de uso inadecuado de la tecnología en la solución de los problemas de producción agrícola en el Tercer Mundo. Esta revolución se caracteriza por el desarrollo de variedades de cereales de alto rendimiento que requieren grandes cantidades de pesticidas, fertilizantes e irrigación. Aunque se promovió como una forma de aumentar la producción de alimentos a gran escala y para mitigar el hambre a nivel mundial, diversos autores han señalado que este modelo agrícola no ha logrado alcanzar dicho objetivo y ha generado consecuencias negativas (Laya *et al.,* 2016).

La revolución verde ha llevado a un cambio hacia la agricultura de subsistencia, donde se busca la independencia de los recursos externos, el control de los mercados locales y regionales, y la producción ligada a la nación y la cultura (Patel, 2013 y Shiva, 2013). Sin embargo, este cambio también ha generado una serie de desafíos y problemas. Por un lado, ha habido una transición a la producción de mercado con transferencia de producción y especialización a través del mercado, lo que ha llevado a la competencia entre modelos campesinos y agrícolas. Además, se ha observado una alta dependencia de recursos tecnológicos externos, lo que ha generado una ruptura ecológica con la tierra y ha aumentado la competencia entre los agricultores (Coolsaet, 2016).

Como resultado de la revolución verde, se ha producido una eliminación gradual de parcelas, fincas y fincas no competitivas que no se han adaptado bien a las revoluciones tecnológica y financieras. Esto ha llevado a la migración de personas no competitivas del campo a las zonas urbanas en busca de mejores oportunidades en otros sectores de la economía (Carvalho *et al.,* 2015). En el caso de México, se ha observado que las condiciones ambientales características de la agricultura campesina no están favorecidas por las estaciones de investigación que desarrollan las líneas mejoradas, lo que ha llevado a una exclusión de los beneficios de la revolución verde para estas zonas (Mastretta-Yanes *et al.,* 2019).

La agricultura familiar juega un papel importante en el contexto rural brasileño, y se ha observado un creciente interés del gobierno en este sector (Carvalho *et al.,* 2015). En Brasil, se ha implementado el Programa Rede Brasil Rural, que busca facilitar el contacto entre las cooperativas y asociaciones de productores rurales y los proveedores de insumos, la logística de transporte y los consumidores públicos y privados. Este programa es una muestra de la innovación en el contexto de la agricultura familiar y busca fortalecer este sector económico y socialmente importante.

La agroecología ha surgido como una alternativa a la agricultura convencional y a la revolución verde. Esta agroecología busca producir alimentos de manera sostenible, reduciendo la dependencia de insumos químicos y minimizando el impacto ambiental de la actividad agropecuaria (Saquet, 2014). Se ha observado que la agricultura familiar agroecológica puede contribuir al desarrollo rural al participar en mercados dinámicos, competitivos e innovadores (Breitenbach, 2018). Sin embargo, es importante contar con los medios necesarios para que la agricultura familiar pueda participar en estos mercados.

La revolución verde ha tenido un impacto significativo en la agricultura del Tercer Mundo, generando tanto beneficios como desafíos. Si bien ha aumentado la producción de alimentos, también ha generado una serie de problemas, como la dependencia de recursos tecnológicos externos y la competencia entre modelos campesinos y agrícolas. La agroecología se presenta como una alternativa sostenible a la agricultura convencional, promoviendo la producción de alimentos saludables y la conservación de los recursos naturales. Es importante promover políticas y programas que apoyen a la agricultura familiar y fomenten la adopción de prácticas agroecológicas.

El cambio tecnológico en la agricultura ha estado determinado por un conjunto de contradicciones. Estas contradicciones incluyen las incongruencias regionales, las de clase y las ecológicas. Las contradicciones regionales se refieren al hecho de que el uso de nuevas semillas ha tenido resultados positivos solo en áreas con sistemas de riego establecidos, mientras que en la mayoría de los países solo se riega una pequeña porción del área cultivada (Iwata *et al.,* 2012).

Por otro lado, las contradicciones de clase se deben a que los beneficiarios de los programas de modernización agrícola eran agricultores comer-

ciales, lo que aumentó la desigualdad entre los grandes y pequeños agricultores debido a los beneficios del aumento de los rendimientos, además, la contradicción ecológica, se relaciona con el uso de pesticidas para asegurar altos rendimientos de semillas mejoradas, lo cual tiene un impacto negativo en el ecosistema al envenenarlo y contaminarlo, y al reducir la diversidad mediante el monocultivo de semillas homogéneas (Iwata *et al.*, 2012). La contradicción ecológica, por su parte, es una incongruencia a producir grandes cantidades de alimento, pero con el insumo de fertilizantes agroquímicos que resultan altamente nocivos para el suelo y en general para el ambiente dónde se suministran, bajo la lógica de aumentar la producción, sin importar el costo. Costo que se queda en tierras de países subdesarrollados y no en los países hegemónicos.

La base jurídica para la modernización agrícola fue la creación de la Ley de Semillas, la cual permitió garantizar la identidad de las semillas propagadas y regular su producción, uso y venta. Esta ley se basa en el paradigma de productivismo y estandarización de productos agrícolas para la industrialización, mencionado por Santilli (2012) y Iwata, *et al.* (2012).

La evidencia científica ha establecido criterios para diferenciar las semillas en dos categorías: las semillas mejoradas o certificadas desde el sistema formal y las semillas locales, criollas o atrasadas que caen en el llamado sistema informal. Las semillas informales forman la base de los programas de mejoramiento genético y son el resultado de la colaboración humana desde los albores de la agricultura hace más de 10 000 años (Iwata *et al.*, 2012).

Entre 1960 y 1970, se impulsaron programas de semillas en países tropicales subdesarrollados con el apoyo de diversas fuentes de financiación de organizaciones internacionales. Al mismo tiempo se introdujeron leyes de semillas promovidas por la FAO en 60 países con el objetivo de crear condiciones para que el sector privado asumiera y centralizara la producción y comercialización de semillas (González, 2005a). Desde entonces, la Ley de Semillas ha guiado la política agrícola basada en evidencia científica y ha proporcionado vínculos con centros de investigación agrícola y políticas públicas, excluyendo a la agricultura tradicional y sus semillas (Iwata *et al.*, 2012).

A pesar de las políticas actuales que promueven la creación de variedades certificadas adaptadas a un modelo agroindustrial que consume grandes

cantidades de pesticidas y fertilizantes (Ruiz, 1999), las semillas de agricultores locales siguen representando una gran proporción de las semillas utilizadas en la producción de alimentos en los países no industrializados y en América Latina y el Caribe (Iwata *et al.*, 2012).

Los sistemas de producción agrícola se caracterizan por el uso de bajos insumos, condiciones ambientales cambiantes y riego limitado. Por lo tanto, es importante seleccionar y mejorar cultivos eficientes en estos sistemas para obtener mayores rendimientos. Los criterios de manejo basados en el conocimiento tradicional son fundamentales en este sentido. Además, la diversidad de semillas desempeña un papel crucial en la preservación de experiencias biológicas y culturales, así como en la creatividad y la capacidad de descubrimiento (Iwata *et al.*, 2012).

Entonces, el cambio tecnológico en la agricultura ha estado marcado por contradicciones regionales, de clase y ecológicas. La Ley de Semillas ha sido la base jurídica para la modernización agrícola, pero ha excluido a la agricultura tradicional y sus semillas. A pesar de las políticas actuales, las semillas de agricultores locales siguen siendo fundamentales en la producción de alimentos en países no industrializados y en América Latina y el Caribe. Los sistemas de producción agrícola requieren criterios de manejo basados en el conocimiento tradicional y la diversidad de semillas para obtener mayores rendimientos en condiciones de bajos insumos y riego limitado.

Hace treinta años, con el desarrollo de la biotecnología, surgieron en el mercado semillas modificadas genéticamente, lo que generó cambios en los patrones tecnológicos de producción agrícola. Este fenómeno se conoce como la segunda revolución verde o revolución biotecnológica. La renovación de la modernidad agrícola global se basa en nuevas tecnologías en el campo de la biología para producir semillas transgénicas. Esto ha llevado a la transformación de la agroindustria en agronegocio, con la valorización de los productos agrícolas por parte del capital financiero global y el acaparamiento de tierras por parte de las corporaciones multinacionales que invierten en este nuevo modelo productivo.

Según Jacobsen *et al.* (2013) y Hornedo *et al.* (2017), los países con mayores áreas de cultivo transgénico son Estados Unidos, Argentina, Brasil, Canadá e India. La soja, el algodón y el maíz son algunos de los cultivos

genéticamente modificados más utilizados en todo el mundo. Estos cultivos han sido modificados para resistir herbicidas, como el glifosato, y para controlar insectos, como el gusano cogollero del maíz, mediante la introducción de la toxina Bt (*Bacillus thurigensis*) (Hornedo *et al.,* 2017). De acuerdo con este autor, en Estados Unidos, los cultivos genéticamente modificados representan la mayor parte de la superficie cultivada, con porcentajes que van desde el 73% en el caso del maíz, hasta el 91% en el caso de la soja.

A pesar de la gran propaganda realizada en torno a las semillas transgénicas, numerosas evaluaciones y experimentos han demostrado que estas semillas no son necesariamente más productivas. En un estudio realizado por (Barker y Dale, s. f.), se compararon maíz híbrido y maíz transgénico Bt pertenecientes a las corporaciones Monsanto y Syngenta. Los resultados mostraron que algunos de los cultivos Bt produjeron rendimientos hasta un 12% por debajo de los rendimientos de las semillas híbridas convencionales, y tuvieron un mayor contenido de humedad del grano en la madurez, lo que aumenta el costo de secado (Barker y Dale, s. f.). En el caso de la soja, una revisión de más de 8,200 ensayos realizados en universidades encontró que la soja transgénica RR presentaba un rendimiento entre un 6% y un 10% menor en comparación con la soja no transgénica (Quispe, 2015).

Es importante destacar que la investigación en el campo de la biotecnología agrícola se ha centrado principalmente en las técnicas moleculares y en la ingeniería genética relacionada con el desarrollo de cultivos transgénicos. Sin embargo, áreas de investigación relacionadas con la agrobiodiversidad, la fisiología de los cultivos y los enfoques desde la ecología han recibido menos atención (Hornedo *et al.,* 2017).

Esta claro que la introducción de semillas transgénicas ha generado cambios significativos en la producción agrícola a nivel global. Sin embargo, a pesar de la promoción de estas semillas como más productivas, numerosos estudios han demostrado que no necesariamente ofrecen mayores rendimientos. Además, la investigación en el campo de la biotecnología agrícola ha estado sesgada hacia el desarrollo de cultivos transgénicos, dejando de lado áreas importantes como la agrobiodiversidad y la ecología. Es necesario seguir investigando y evaluando de manera rigurosa los impactos de las semillas transgénicas en la agricultura y considerar enfoques más holísticos que promuevan la sostenibilidad y la diversidad en la producción agrícola.

Los cultivos y alimentos modificados genéticamente presentan una serie de riesgos que han sido identificados en la investigación científica. Estos riesgos incluyen aspectos alimentarios, ecológicos, técnicos y de producción, así como riesgos geopolíticos y de soberanía alimentaria nacional. En relación a los riesgos alimentarios, se ha encontrado que los alimentos *transgénicos* pueden tener efectos alergénicos y tóxicos inmediatos, debido a las proteínas presentes en ellos (Rivera-Krstulović y Duran-Aniotz, 2020). Además, existe el riesgo de acumulación de herbicidas y transferencia horizontal del genoma de bacterias simbióticas a humanos y animales (List y Coomes, 2019).

En términos de riesgos ecológicos, la introducción de monocultivos transgénicos puede llevar a la erosión de la diversidad varietal (Silva *et al.*, 2003). También, se ha observado la transmisión incontrolada de resistencia a herbicidas debido a la hibridación de cultivos transgénicos con parientes silvestres, lo que puede dar lugar a la aparición de supermalezas y resistencia a insecticidas (Ortiz-García *et al.,* 2005).

Para el caso de los riesgos técnicos y de producción, se ha observado la pérdida de resistencia a las plagas después de varios años de cultivo a gran escala de variedades transgénicas (Paz y Zapata, 2021). Además, existe la posibilidad de un monopolio en la producción de semillas por parte de las empresas propietarias de la tecnología de plantas transgénicas (Maia-Elkhoury *et al.,* 2021).

En términos de riesgos geopolíticos y de soberanía alimentaria nacional, se ha observado que en algunos países se está sustituyendo el cultivo de ciertos alimentos, lo que reduce la producción ganadera y la superficie cultivada de otros cultivos (Campos y Velez, 2015). Además, se ha señalado la participación de empresas transnacionales en eventos políticos, lo que plantea preocupaciones sobre la influencia y el control que estas empresas pueden tener sobre los sistemas agroalimentarios (Plata *et al.,* 2022).

En cuanto al mercado de las semillas transgénicas, se ha identificado que está dominado por empresas trasnacionales, lo que plantea preocupaciones sobre el control que estas empresas tienen sobre los sistemas agroalimentarios y el mercado de agroquímicos y semillas (Quintero-Pertuz *et al.,* 2020). Esto representa una brecha con acceso al mercado controlado, pero que la investigación científica ha identificado una serie de riesgos asociados

con los cultivos y alimentos modificados genéticamente. Estos riesgos abarcan aspectos alimentarios, ecológicos, técnicos y de producción, así como riesgos geopolíticos y de soberanía alimentaria nacional. Es importante tener en cuenta estos riesgos al evaluar la seguridad y la sostenibilidad de los cultivos y alimentos transgénicos.

Por tanto, es un hecho que los cultivos y alimentos transgénicos presentan una serie de riesgos en diferentes aspectos, desde la salud alimentaria hasta la diversidad ecológica y la soberanía alimentaria nacional. Estos riesgos han sido identificados en la investigación y plantean desafíos importantes para la agricultura y la seguridad alimentaria.

Varios expertos estiman que en las últimas cinco décadas, los proyectos de la revolución verde han logrado aumentar la productividad alimentaria que sustenta a la humanidad en la actualidad, a expensas de un incremento del 700% en el uso de fertilizantes químicos. Por supuesto, el empleo de otros productos químicos y el uso excesivo de agua es preocupante. La agroecología ha estado cuestionando este modelo de producción de alimentos durante décadas, especialmente debido a que en los últimos 60 años ha dado lugar a procesos alarmantes de mayor contaminación del aire y del agua, salinización del suelo, expansión de las fronteras agrícolas y pérdida de tierras forestales y biodiversidad, más pronunciados que en cualquier otro momento de la historia de la Tierra.

La revolución verde, aunque ha logrado aumentar la producción de alimentos, ha tenido consecuencias negativas en términos de impacto ambiental y sostenibilidad. El uso intensivo de fertilizantes químicos ha llevado a la contaminación del agua y del aire, lo que afecta tanto a los ecosistemas como a la salud humana. Además, el uso excesivo de agua en la agricultura ha contribuido a la escasez de este recurso en muchas regiones del mundo.

La agroecología se presenta como una alternativa más sostenible y respetuosa con el medio ambiente en la producción de alimentos. Se basa en principios de manejo integrado de los recursos naturales, promoviendo la diversificación de cultivos, la conservación del suelo y la protección de la biodiversidad. Estudios han demostrado que la agroecología puede ser igual de productiva e incluso más rentable que los sistemas convencionales de agricultura intensiva.

En conclusión, la revolución verde ha logrado aumentar la productividad alimentaria, pero a costa de un mayor uso de fertilizantes químicos y otros productos químicos, así como del agotamiento de los recursos hídricos. La agroecología se presenta como una alternativa más sostenible y respetuosa con el medio ambiente en la producción de alimentos, promoviendo la conservación de los recursos naturales y la biodiversidad.

La revolución verde y la agroecología

La denominada *revolución verde* se refiere a la transferencia de conocimientos y tecnología agrícolas de los países desarrollados a los países en desarrollo, con el objetivo de mejorar la producción de alimentos y combatir el hambre a través de mayores rendimientos en los monocultivos. Esta perspectiva busca mejorar los cultivos y la productividad mediante un conjunto de tecnologías que incluyen variedades mejoradas, fertilizantes, productos fitosanitarios, técnicas de riego, maquinaria agrícola, expansión de la superficie cultivada, servicios financieros y mercados.

Además de estos aspectos técnicos, la revolución verde ha tenido múltiples resultados e impactos, a los cuales se han dado respuestas desde la agroecología. Según Patel (2013) y Shiva (2013), la revolución verde también ha implicado una transición del modelo tradicional de agricultura a pequeña escala hacia una agricultura a gran escala basada en contratos. Para lograr esto, se ha llevado a cabo la transferencia de semillas de variedades modificadas para monocultivos, la promoción de la agricultura intensiva de regadío (que requiere grandes cantidades de agua) y la promoción de una ciencia agrícola centralizada y unificada, lo cual ha implicado una compleja relación entre la ciencia y el gobierno. Lo que se contrapone al tema del desarrollo y sustentabilidad es que este tipo de producción requiere grandes inversiones en recursos y espacio, lo que ha llevado al control de la tierra por parte de grandes propietarios, la dependencia de productos agroquímicos y la necesidad de los agricultores de acceder a servicios y mercados financieros como bancos, seguros y subastas (Coolsaet, 2016).

Paralelamente al auge de los agronegocios internacionales asociados con la revolución verde, se formó el actual régimen alimentario global, un mer-

cado libre para el ciclo de vida de la producción de alimentos, desde los insumos hasta la comercialización de los alimentos (Millman *et al.*, 1990). Además, la liberalización del comercio agrícola y el *dumping* (venta de productos por debajo del precio para eliminar la competencia) aumentarán en todo el sector agrícola. Este proceso conduce a cambios en la política agrícola en varios países, liberalizando los mercados agrícolas e ignorando o debilitando políticamente a los pequeños productores. Ahora, los defensores de la nueva revolución verde proponen la misma dialéctica con la esperanza de combatir el hambre de la población (Holt-Giménez *et al.*, 2006). Sin embargo, la agroecología rechaza el modelo agroindustrial. A continuación se presentan algunas diferencias notables que debe conocer entre los modelos agroecológicos y agroindustriales; se debe tener una ciencia general, no especializada. Técnicamente, el primero es autosuficiente y el otro depende en gran medida de la tecnología. Se requiere de un diálogo con el conocimiento hacia un dominio epistemológico asumido. La primera es utilizar espacios pequeños en lugar de grandes extensiones de territorio. Uno está muy diversificado y el otro está muy especializado. Uno utiliza energía renovable y humana, el otro utiliza energía fósil. Racionalmente, uno convive con la naturaleza y el otro intenta dominarla (Toledo, 2012).

El ímpetu por la revolución verde

En la agricultura convencional de nuestros tiempos, se ha observado un predominio de paquetes tecnológicos generados desde la década de los setenta, los cuales están orientados a obtener altos rendimientos de los cultivos mediante el uso intensivo de insumos agrícolas de origen inorgánico o de síntesis química, como los fertilizantes y los plaguicidas (Trebbi *et al.*, 2016). Este tipo de agricultura se caracteriza por la especialización de monocultivos, que son sembrados en terrenos planos y extensos, y por el empleo intensivo de maquinaria en todo el proceso productivo, lo cual ha permitido alcanzar mayores niveles de producción por unidad de superficie (FIRA, 2004).

El problema es que esta forma de hacer agricultura ha sido fuertemente criticada debido a sus impactos negativos en el medio ambiente y la salud

humana (Ruiz, 1999). Por un lado, se ha demostrado que la agricultura convencional es altamente consumidora de energía fósil, lo que contribuye al cambio climático y a la escasez de recursos naturales. Además, este autor refiere que un sistema de este tipo de producción es frágil desde el punto de vista económico y biológico, ya que depende en gran medida de insumos externos y puede ser vulnerable a plagas y enfermedades (Juárez-Ramón y Fragoso, 2014).

Uno de los insumos más utilizados en la agricultura convencional son los fertilizantes químicos, debido a sus efectos inmediatos sobre el crecimiento de las plantas (Prada *et al.*, 2019). Sin embargo, su uso inadecuado puede ocasionar daños físico-químicos y biológicos en el suelo, el aire y el agua, lo cual ha sido evidente en varias regiones agrícolas donde se practica la agricultura intensiva (Barrales, 1998). Estos daños pueden tener consecuencias graves, incluso la muerte de seres humanos y animales que consumen alimentos contaminados con estos compuestos (Prada *et al.*, 2019).

Además, se ha observado que el uso frecuente de plaguicidas en la agricultura convencional ha provocado daños a la biodiversidad y ha sido la causa de la muerte de personas en todo el mundo. Estos productos químicos pueden acumularse en el suelo y ser transportados por el agua de lluvia y de riego hacia los depósitos naturales de agua, lo que puede llevar a la intoxicación de seres humanos y animales que consumen estos recursos (Basso *et al.*, 2021).

Otro impacto negativo de la agricultura convencional es el desequilibrio que provoca en los agroecosistemas al propiciar el desarrollo de monocultivos. Esto puede incrementar la presencia de plagas y enfermedades específicas de los cultivos, lo cual obliga a utilizar mayores cantidades de plaguicidas. Además, se ha observado que el excesivo tránsito de maquinaria y el uso de altas dosis de insumos químicos pueden degradar física, química y biológicamente el suelo, lo que afecta la productividad y la sostenibilidad a largo plazo (Lewandowski *et al.*, 1999).

Es clara la situación que guarda la agricultura convencional que ha sido ampliamente criticada debido a sus impactos negativos en el medio ambiente y la salud humana. El uso intensivo de insumos químicos y la especialización de monocultivos han generado daños en el suelo, el agua y el aire, así como la pérdida de biodiversidad y la aparición de plagas y enfermedades

específicas de los cultivos. Estos impactos evidencian la necesidad de buscar alternativas más sostenibles y amigables con el medio ambiente, como la agricultura orgánica y agroecológica (Adriano-Felito *et al.*, 2023; Lázaro y Tur, 2018). Es la opción que mejores perspectivas se vislumbran en este camino a la sustentabilidad.

La revolución verde y la agricultura orgánica

Este sistema de producción se basa en el uso de insumos naturales, como las compostas, abonos verdes, repelentes y plaguicidas botánicos y minerales; se prohíbe la aplicación de plaguicidas y fertilizantes de síntesis química, Gómez (2000). Esta forma de producción incluye en su particular filosofía el mejoramiento de los recursos naturales y las condiciones de vida de sus practicantes, cumpliendo así con los principios básicos de la sustentabilidad. A cambio, el mercado ofrece un sobreprecio por los productos orgánicos, pero exige una garantía de los métodos de producción empleados, corroborados a través de un proceso de certificación (Peron *et al.*, 2018).

La agricultura orgánica es un sistema holístico de producción que promueve y mejora la salud del agrosistema, y en particular de la biodiversidad, de los ciclos biológicos y de la actividad biológica del suelo (Guadarrama-Nonato *et al.*, 2018). En la actualidad, casi todos los productos agroalimentarios se pueden encontrar en el mercado internacional en su versión orgánica, incluyendo cereales, pan, frutas y hortalizas (frescas y procesadas), carne, leche, derivados lácteos, azúcar, miel, jarabe, café, jugo de frutas o verduras, bebidas refrescantes, cervezas, vinos, pastas, nueces, cacahuates, chocolates, galletas, dulces y golosinas, telas confeccionadas, artesanías de diferentes materiales, madera y palmas, entre otros (González, 2005a).

En México, la producción orgánica se practica en una superficie aproximada de 216 000 hectáreas, y genera alrededor de $280 000 000 de dólares en divisas, así como 34 500 000 jornales al año. Existen 53 000 productores dedicados a la agricultura orgánica en 262 zonas de producción de 28 entidades federativas, con una tasa media de crecimiento de la actividad del 45% (Gómez *et al.*, 2004). El 85% de la producción orgánica nacional se destina a la exportación. La horticultura orgánica es la cuarta rama de la

producción orgánica en el país, con una superficie cultivada de 3,831 hectáreas y una generación de divisas de $47 000 000 de dólares. Sin embargo, el consumo nacional de hortalizas orgánicas es bajo debido a la falta de conciencia ecológica de la población, bajos ingresos per cápita, falta de promoción y un abasto deficiente de los productos. Sólo el 5% de la producción orgánica se comercializa en las principales ciudades del país (Gómez, 2000).

En México, la mayoría de los pequeños productores se dedican a la agricultura orgánica, representando el 98% del total de los productores en esta actividad. Cultivan el 84% de la superficie y generan el 69% de las divisas por concepto de productos orgánicos. Los productores nacionales representan más del 50% de los productores orgánicos. A pesar de la fortaleza de México en la agricultura orgánica a nivel internacional, el principal mercado para los alimentos producidos es el mercado de exportación (González, 2005b). La producción se dirige principalmente a Estados Unidos, Alemania, Países Bajos, Japón, Reino Unido, Suiza y Canadá. México se posiciona internacionalmente como un productor y exportador orgánico más que como un consumidor. El mercado interno de productos orgánicos no está desarrollado debido al bajo conocimiento sobre estos productos entre la población general (Guadarrama-Nonato *et al.*, 2018).

La producción orgánica de hortalizas en México incluye cultivos como el jitomate, chile jalapeño, pimiento, berenjena, pepino, melón, sandía, calabaza, tomate de cáscara, lechuga, col, coliflor, brócoli, chícharo, cebolla, apio, cilantro, betabel y ajo. Sin embargo, el consumo nacional de hortalizas orgánicas es bajo debido a la falta de conciencia ecológica de la población, bajos ingresos per cápita, falta de promoción y un abasto deficiente de los productos. Sólo el 5% de la producción orgánica se comercializa en las principales ciudades del país (Guadarrama-Nonato *et al.*, 2018).

En cuanto a la percepción de los consumidores, se ha encontrado que la mayoría de los entrevistados manifiesta estar dispuesto a pagar más por alimentos orgánicos, aunque el conocimiento sobre estos productos entre la población general es bajo (Buquera y Marques, 2022). Además, se ha identificado que existen diferentes segmentos de consumidores de alimentos orgánicos, con actitudes, valores y creencias ambientales distintas (Beltrán, 2018). Sin embargo, el mercado interno de productos orgánicos en México

no está desarrollado debido al bajo conocimiento sobre estos productos entre la población general (Guadarrama-Nonato *et al.*, 2018).

De lo que antecede, se entiende que la agricultura orgánica se basa en el uso de insumos naturales y promueve la salud del agrosistema y la biodiversidad. En México, la producción orgánica se practica en una superficie considerable y genera divisas y empleo. Sin embargo, el consumo nacional de productos orgánicos es bajo debido a la falta de conciencia ecológica de la población, bajos ingresos *per capita* y falta de promoción. El mercado interno de productos orgánicos no está desarrollado y la mayoría de la producción se destina a la exportación. Existe una demanda creciente de alimentos orgánicos en el mercado internacional, y México se posiciona como un productor y exportador orgánico.

La agricultura orgánica corresponde a nuestras características ecológicas, económicas y socioculturales. Se debe considerar que la agricultura apunta a los siguientes objetivos:

a) Los alimentos naturales y de alta calidad se producen en cantidades suficientes; tienen el equilibrio adecuado de nutrientes; están libres de residuos químicos que violan los ciclos naturales; saben bien, y tienen una gran vitalidad.
b) Maximizar la conservación de los recursos naturales mediante la creación de sistemas agrícolas estables, diversos, amigables con el medio ambiente y el respeto a la vida.
c) Conservación de los recursos naturales como la vida silvestre, tierras agrícolas fértiles, aguas continentales, combustibles fósiles, fertilizantes, especies y variedades de cultivos nativos y ganado.
d) Desuso de productos tóxicos o nocivos para el medio ambiente, como pesticidas, fertilizantes sintéticos, aditivos alimentarios no naturales.
e) Aprovechamiento óptimo y equilibrado de los recursos locales a través de materiales orgánicos (fertilizantes, residuos de cultivos, residuos agroindustriales, residuos biodegradables de origen nacional y urbano), energías renovables y reciclaje autosuficiente.
f) El uso de la tecnología para trabajar con la naturaleza en lugar de intentar controlarla. Son compatibles con el desarrollo de la creativi-

dad humana y requieren poco capital, por lo que están al alcance de todos.

g) Reducir los tiempos de transporte y almacenamiento y promover el consumo de productos locales, frescos y de temporada a través de canales de comercialización orientados al productor y al consumidor.

h) Permitir a los agricultores ganarse la vida con su trabajo y garantizarles ingresos suficientes para satisfacer sus necesidades materiales y espirituales.

La agricultura orgánica (AO) ofrece oportunidades tecnológicas para reducir y reembolsar los costos de producción, proteger la salud, mejorar la calidad de vida y el medio ambiente y promover interacciones biológicas en los agroecosistemas. A través de ésta, se minimizan los insumos extranjeros y se optimiza el uso de recursos locales en la producción, permitiendo crear un modelo compatible con los factores educativos, climáticos y socioeconómicos del país. La agricultura orgánica pasa por tres momentos. Primero, se busca mejorar la fertilidad del suelo utilizando biofertilizantes, abonos verdes, compost, vermihumus, estimulantes vegetales y polvo de roca mineral. En segundo lugar, se busca controlar plagas, enfermedades y malezas mediante el uso de plantas protectoras, cultivos asociados, rotación de cultivos, insectos benéficos, pesticidas de origen vegetal y minerales puros como cobre, azufre y cal. Por último, se busca implementar una visión holística de la agricultura orgánica, teniendo en cuenta tanto los aspectos económicos como sociales, en beneficio de los productores locales tradicionales.

La agricultura ecológica tiene como objetivo producir alimentos nutritivos y con gran sabor. La siembra y el trasplante con rotación de cultivos y enmienda del suelo utilizando abono verde y compost conducen a mayores rendimientos, ya que el suelo está protegido y crea una agricultura rentable, competitiva y sostenible. Además, la agricultura orgánica ayuda a la biodiversidad mediante algunas prácticas; según Nieto *et al.* (2012):

- Abonos verdes y orgánicos (humus y compostaje).
- Caldos microbianos activadores de la vida del suelo.
- Prácticas de rotación o cultivos intercalados en franjas.
- Agricultura de sol y malezas.

- Estiércoles de animales: caballar, bovinos, ovinos, conejos, caprinos, aves de corral, porcinos, y otros, complementados con materiales minerales ricos en fósforo, calcio, magnesio y otros elementos.
- Aprovechamiento de sistemas agríosilvopastoriles.
- En la producción pecuaria, mejoramiento de pastos con especies y variedades de gramíneas, forrajes, leguminosas y plantas nativas para la salud de los animales y los sistemas agrícolas.

Para el control de plagas y enfermedades de las plantas, la agricultura orgánica utiliza sulfatos, y aunque son de origen químico, su uso está permitido porque están presentes en el proceso de transformación por microorganismos en los fertilizantes y el suelo. De esta forma, se convierten en elementos que las plantas pueden absorber fácilmente en pequeñas cantidades sin dejar residuos tóxicos.

Este tipo de agricultura utiliza los principios de la alelopatía para combatir los problemas fitosanitarios, que son los sistemas de defensa de los tejidos vegetales. Estas sustancias, llamadas aleloquímicos o alonómicos, son compuestos moleculares que actúan como señales o mensajeros de desviación produciendo efectos desagradables, aversivos, tóxicos y antialimentarios, y activando la fisiología y el comportamiento sexual de las poblaciones de insectos. Por ejemplo, la artemisa, cuyas raíces son venenosas, no se puede cultivar en grupos. Sin embargo, la misma raíz se utiliza en forma de té para combatir caracoles y pulgones. Otro ejemplo es la ruda que contiene extractos que controlan el antracnosis (Cheng y Cheng, 2015). El tomillo se ha utilizado con ingredientes activos fúngicos para combatir las chinches de la col, y actuar como repelente de mosquitos y combatir la sigatoca en plantaciones de banano (Nieto *et, al*., 2012).

Existe un buen argumento de que la agricultura orgánica puede ser un modelo de producción alternativo a los sistemas de producción convencionales actuales, sólo que se tiene que proteger el proceso de comercialización, que supone myores ganancias por su origen natural. Sin embargo, ese también es un problema generado por la acumulación de la riqueza. No se puede generar tanta ganancia, si el tiempo de recuperación del orden natural es menor que el de la demanda y el consumo.

II. Domesticación de especies vegetales

Las plantas y su domesticación

La edad de la agricultura se puede estimar utilizando la datación por carbono-14. El carbono-14 es un isótopo radiactivo del carbono que está presente en la atmósfera y es absorbido por las plantas a través de la fotosíntesis. Cuando las plantas mueren, ya no absorben carbono-14, y el isótopo comienza a descomponerse a un ritmo conocido. Al medir la cantidad de carbono-14 restante en el material orgánico, los científicos pueden determinar su edad. En el contexto de la agricultura, la datación por carbono-14 se puede utilizar para estimar la edad de las prácticas agrícolas o la edad de los paisajes agrícolas. Sin embargo, es importante tener en cuenta que la datación por carbono-14 se usa típicamente con fines arqueológicos y puede no ser el método más preciso para determinar específicamente la edad de la agricultura. Un estudio de Zelarayán *et al.* (2015) se centró en el impacto de la degradación en las reservas totales de carbono de los bosques ribereños en la Amazonía oriental, Brasil. Si bien este estudio no aborda directamente la edad de la agricultura, destaca la importancia de las reservas de carbono en diferentes compartimentos de los bosques, incluida la biomasa sobre el suelo.

La incorporación de estos hallazgos en los modelos regionales de carbono podría ayudar en la restauración de los bosques ribereños donde se establece la agricultura. Otro estudio de Oliva *et al.* (2017) examina las propiedades físicas y químicas del suelo en diferentes etapas de la agricultura migratoria en el Área de Conservación Privada Palmeras de Ocol en Chachapoyas, Perú. El estudio encontró que el contenido de carbono orgá-

nico aumenta con la edad del suelo después de cambiar la agricultura, con una tasa más lenta de aumento en los barbechos más jóvenes en comparación con los bosques más antiguos. Si bien este estudio no aborda directamente la edad de la agricultura, proporciona información sobre los cambios en las propiedades del suelo asociados con las diferentes etapas de las prácticas agrícolas.

Salvador-Morales *et al.* (2019) señalan la diversidad, estructura y contenido de carbono de la vegetación arbórea en los sistemas agroforestales de cacao. En este estudio se encontró que la edad de los sistemas agroforestales no era el factor más determinante en el almacenamiento de carbono. En cambio, los sistemas con mayor diámetro y árboles más altos acumularon más biomasa y carbono. Este estudio proporciona información sobre el potencial de almacenamiento de carbono de los sistemas agroforestales, pero no aborda directamente la edad de la agricultura.

Los hechos, rasgos arqueológicos, la genética y los aspectos físico-químicos han sido fundamentales para comprender el origen de los cultivos de nuestros antepasados en América y en todo el mundo. Ahora se sabe información valiosa sobre la domesticación de plantas como el maíz, el frijol, la calabaza, el chile, la papa, el cacao y la quínoa. Estos cultivos son de gran importancia para los pueblos americanos y han sido cuidadosamente cultivados por diferentes grupos indígenas a lo largo de la historia.

La domesticación de las plantas ha sido un proceso que ha ocurrido a lo largo de miles de años de manera natural. A medida que las civilizaciones antiguas desarrollaron tecnología y habilidades en el manejo de los cultivos, se pudo controlar y mejorar aún más las cualidades deseables de las plantas, como el tamaño, el sabor, el color, el aroma, la textura y el contenido nutricional. Los antiguos grupos indígenas de América, como los Totonacos, los Mayas, los Purépechas, los Zapotecos, los Mijes, los Nahuas y los Incas, fueron expertos en el manejo de estos cultivos y seleccionaban cuidadosamente las mejores plantas, frutos y semillas.

La domesticación de las plantas también se ha asociado comúnmente con la domesticación de animales, como el perro, las aves de corral, el caballo, las ovejas, las cabras y las vacas. Tanto las plantas como los animales domesticados han respondido a las necesidades básicas del ser humano, como la carga, los viajes, la protección, el abrigo y la disponibilidad inme-

diata de alimento (Chacón, 2009). Al mejorar las cualidades indeseables de las plantas, como las sustancias tóxicas en las leguminosas, éstas se volvieron aún más apreciadas.

La diversidad genética es un aspecto importante en la domesticación de las plantas. La reducción de la diversidad genética se ha observado en cultivos como el trigo y la sandía debido a la domesticación relativamente reciente y al uso de un número limitado de plantas en los primeros estadios de la domesticación (Chacón, 2009). Sin embargo, la diversidad genética es crucial para la adaptabilidad y la supervivencia de las especies cultivadas (Guerra *et al.*, 2018). Por ejemplo, en el caso del mango, se ha encontrado una alta diversidad genética en las poblaciones cultivadas en Ecuador, lo que es importante para la conservación de la especie y para la adaptación a diferentes condiciones ambientales.

La domesticación de las plantas también ha sido objeto de estudio en el campo de la genética. Los avances en los marcadores moleculares han permitido investigar la diversidad genética y las relaciones de parentesco entre las poblaciones silvestres y cultivadas de diferentes cultivos. Estos estudios han revelado información sobre los centros de origen de las principales plantas comestibles, como el maíz, los frijoles y la papa. Por ejemplo, se ha propuesto la existencia de siete centros geográficos de domesticación, que incluyen Mesoamérica, los Andes y la Amazonía, el Mediterráneo, el Cercano Oriente, Etiopía, el Sudeste Asiático y el Pacífico Sur, y China (Ugalde *et al.*, 2006).

La variabilidad genética es esencial para la adaptación de las plantas a diferentes condiciones ambientales y para su supervivencia a largo plazo. Las mutaciones aleatorias en el genoma y la recombinación genética durante la reproducción sexual contribuyen a la variabilidad genética dentro de una población. Además, la domesticación de las plantas ha sido influenciada por factores como el apareamiento interespecífico, la endogamia, el aislamiento geográfico y la interacción con insectos, aves y mamíferos. La selección continua, tanto sexual como asexual, y la mejora artificial por parte de los seres humanos también han desempeñado un papel importante en la domesticación de las plantas (Ortega-Gaucin y Velasco, 2013).

Esta evidencia arqueológica, genética y físico-química ha proporcionado valiosa información sobre el origen y la domesticación de los cultivos de

nuestros antepasados en América y en todo el mundo. Estos estudios han revelado la importancia de la diversidad genética en la adaptación y supervivencia de las especies cultivadas, así como la interacción entre los seres humanos y los cultivos a lo largo de la historia. La investigación en genética ha permitido investigar la diversidad genética y las relaciones de parentesco entre las poblaciones silvestres y cultivadas de diferentes cultivos, lo que ha contribuido a nuestro conocimiento sobre los centros de origen de las principales plantas comestibles. En general, estos estudios nos han ayudado a comprender mejor el proceso de domesticación de las plantas y su importancia para la alimentación y la supervivencia de las sociedades humanas.

Por esta razón, la evidencia más fuerte para establecer la región de origen y la frecuencia de domesticación de las especies vegetales proviene de regiones del genoma (nuclear o citoplasmáticas) consideradas "características centrales" desde una perspectiva de domesticación, porque reflejan mejor las características precursoras de lo que ahora es el maíz. Por ello, se cree que el maíz se originó, según evidencia botánica, arqueológica y genética, en el valle del río Balsas en México, a partir de poblaciones silvestres de teocintle.

Las excavaciones de Richard Mac Neish en la década de 1960 en el Valle de Tehuacán, Puebla, centro de México, recuperaron los restos arqueológicos de mazorcas de maíz domesticadas más antiguos de la época, hace aproximadamente 3 000 años de Antigüedad (A.P.) y nombraron a México como la zona más probable de origen del maíz. Posteriormente, se descubrieron restos arqueológicos más antiguos de maíz domesticado, que datan del año 6300 a.C., en Guilá Naquitz, en el estado de Oaxaca, en el sur de México.

Plantas domesticadas

La biodiversidad agrícola se refiere a la variedad de plantas, frutas, semillas, raíces, hojas, tallos y flores comestibles de hierbas, arbustos y árboles, incluyendo los cultivos. Esta biodiversidad se encuentra en diferentes escalas genéticas, específicas y ecológicas, y es necesaria para mantener las funciones básicas del sistema agrícola, su estructura y sus procesos productivos. Sin embargo, es importante destacar que la biodiversidad agrícola no se

limita sólo a las plantas cultivadas, sino también incluye otros componentes como la diversidad microbiana, la energía, la materia orgánica, el suelo, el agua, el aire y los ciclos biogeoquímicos de gases y sedimentos.

La biodiversidad agrícola es el resultado de un proceso a largo plazo gestionado por el ser humano. No es sólo el resultado de la interacción de factores bióticos y abióticos en el contexto de la selección natural darwinista, sino que también ha sido influenciada por la selección artificial o mejoramiento genético realizado por los agricultores y los científicos. A lo largo del tiempo, los agricultores han sido capaces de manejar los procesos naturales y transformarlos en la selección de mejores genotipos y fenotipos, lo que ha dado como resultado numerosas variedades de plantas domésticas. Algunos ejemplos de estas variedades son cereales, leguminosas, brasicáceas, asteráceas, umbelíferas, quenopodáceas, cactáceas, mirtáceas, moráceas, pináceas, rosáceas, rutáceas, sapotáceas, vitáceas, juglandáceas y muchas otras familias de especies de plantas domesticadas que producen alimentos comestibles.

La conservación de la biodiversidad agrícola es fundamental para nuestro beneficio presente y futuro. Sin embargo, los límites entre lo cultivado y lo silvestre son imprecisos, y cada vez se descubren más ejemplos de especies en situaciones intermedias. Además, la introducción de nuevas variedades con mayor productividad y resistencia a enfermedades ha llevado a una reducción en la diversidad genética de los cultivos. Aunque la introducción de nuevas variedades no es el problema en sí, ya que ha sido una práctica común a lo largo de la historia de la humanidad, el abandono del papel de los agricultores en la dispersión y propagación de estas plantas ha llevado a una concentración de la responsabilidad de la creación de nuevas variedades en un pequeño número de empresas y centros especializados. Esto ha llevado a una pérdida de diversidad en los criterios de selección y en las técnicas utilizadas para el mejoramiento genético de los cultivos.

La conservación de la biodiversidad agrícola es crucial para garantizar la seguridad alimentaria y la resiliencia de los sistemas agrícolas frente a los desafíos actuales, como el cambio climático y la degradación del suelo. Además, la biodiversidad agrícola también tiene un valor intrínseco y cultural, ya que representa la diversidad de la vida en la Tierra y está estrechamente vinculada a las tradiciones y conocimientos de las comunidades agrícolas.

Por lo tanto, es necesario promover la conservación *in situ* de las variedades tradicionales de los cultivos y fomentar la participación activa de los agricultores en la selección y propagación de nuevas variedades.

La biodiversidad agrícola es fundamental para mantener el funcionamiento de los sistemas agrícolas y garantizar la seguridad alimentaria. Sin embargo, la introducción de nuevas variedades y el abandono del papel de los agricultores en la selección y propagación de plantas han llevado a una reducción en la diversidad genética de los cultivos. Es necesario promover la conservación *in situ* de las variedades tradicionales de los cultivos y fomentar la participación activa de los agricultores en la selección y propagación de nuevas variedades para garantizar la resiliencia de los sistemas agrícolas y la conservación de la biodiversidad agrícola.

Con esta información, se puede asegurar que el inventario de la diversidad genética mundial, así como su conservación es sin duda una misión casi imposible, si no se adoptan medidas urgentes y drásticas para desarrollar proyectos basados en la conservación a través del establecimiento y mantenimiento de bancos de germoplasma; la promoción de la diversidad de los cultivos; la identificación y protección de hábitats naturales; el control en la introducción de especies exóticas; las amenazas climáticas y la protección a comunidades que actualmente siguen utilizando recursos y saberes tradicionales.

El uso de las plantas a lo largo de la historia

Desde la perspectiva de la etnobiología, la domesticación de las plantas ha sido un fenómeno de gran importancia en diversas culturas ancestrales. Estas culturas han identificado y utilizado las plantas para una variedad de propósitos, como alimento para humanos y animales domésticos, fines terapéuticos o medicinales, materia prima en actividades agrícolas y urbanas, adornos y prendas de vestir, así como en mitos, tradiciones, leyendas y ceremonias religiosas y civiles (Moncayo y Diago, 2022).

Sin embargo, no siempre las plantas de una región fueron utilizadas por el grupo humano que habitaba en ese lugar. Esto se debía a diversas razones, como la dificultad o imposibilidad de recolección de las plantas o la necesi-

dad de buscarlas en otro lugar debido a rituales o tradiciones. Por lo tanto, la etnobiología se ha dedicado a investigar las causas que determinan estos hechos, como la distribución de los recursos naturales y la dificultad o imposibilidad de acceso a ellos. Además, se han estudiado las consecuencias de estas prácticas, como las migraciones individuales o de grupo, los métodos de obtención de las plantas y los rituales asociados a su recolección (Moncayo y Diago, 2022).

En algunos casos, puede suceder que los habitantes de una región no utilicen las plantas que se encuentran en su entorno, mientras que personas de otras regiones acuden a esa área para obtenerlas debido a tradiciones o rituales. También puede ocurrir que los habitantes de una región se desplacen a otra para obtener las plantas que necesitan. De esta manera, el uso y la preservación de las plantas pueden llevarse a cabo tanto en el lugar de origen como en lugares lejanos, lo que da lugar a nuevas modalidades y usos (Moncayo y Diago, 2022).

Estos estudios etnobiológicos han demostrado la importancia de comprender las prácticas de manejo y conservación de las plantas en diferentes culturas y regiones. Además, han destacado la necesidad de investigar las causas y consecuencias de la utilización de los recursos naturales, así como de promover la preservación de la diversidad biológica y cultural asociada a las plantas. Así, la etnobiología ha proporcionado una perspectiva ecológica de la domesticación de las plantas, analizando las prácticas de diferentes culturas ancestrales en relación con el uso y conservación de los recursos naturales.

Estos estudios han revelado la importancia de factores como la distribución de los recursos y la dificultad de acceso a ellos, así como las consecuencias sociales y culturales de estas prácticas. La etnobiología ha contribuido a ampliar nuestro conocimiento sobre la relación entre los seres humanos y las plantas, así como a promover la preservación de la diversidad biológica y cultural asociada a ellas (Maldonado-Koerdell, 1940).

Desde la perspectiva de la etnobiología, la domesticación de las plantas ha sido un fenómeno de gran importancia en diversas culturas ancestrales. Estas culturas han identificado y utilizado las plantas para una variedad de propósitos, como alimento para humanos y animales domésticos, fines terapéuticos o medicinales, materia prima en actividades agrícolas y urbanas,

adornos y prendas de vestir, así como en mitos, tradiciones, leyendas y ceremonias religiosas y civiles.

Sin embargo, no siempre las plantas de una región fueron utilizadas por el grupo humano que habitaba en ese lugar. Esto se debía a diversas razones, como la dificultad o imposibilidad de recolección de las plantas o la necesidad de buscarlas en otro lugar debido a rituales o tradiciones. Por lo tanto, la etnobiología se ha dedicado a investigar las causas que determinan estos hechos, como la distribución de los recursos naturales y la dificultad o imposibilidad de acceso a ellos. Además, se han estudiado las consecuencias de estas prácticas, como las migraciones individuales o de grupo, los métodos de obtención de las plantas y los rituales asociados a su recolección.

En algunos casos puede suceder que los habitantes de una región no utilicen las plantas que se encuentran en su entorno, mientras que personas de otras regiones acuden a esa área para obtenerlas, debido a tradiciones o rituales. También puede ocurrir que los habitantes de una región se desplacen a otra para obtener las plantas que necesitan. De esta manera, el uso y la preservación de las plantas pueden llevarse a cabo tanto en el lugar de origen como en lugares lejanos, lo que da lugar a nuevas modalidades y usos.

Estos estudios etnobiológicos han demostrado la importancia de comprender las prácticas de manejo y conservación de las plantas en diferentes culturas y regiones. Además, han destacado la necesidad de investigar las causas y consecuencias de la utilización de los recursos naturales, así como de promover la preservación de la diversidad biológica y cultural asociada a las plantas.

En México, se ha identificado una gran cantidad de plantas vasculares, muchas de las cuales son útiles para diferentes grupos étnicos. Se estima que cerca del 30-40% de estas plantas son utilizadas por más de 50 grupos étnicos en el país. Además, se ha determinado que México alberga al menos 500 especies de plantas cultivadas, de las cuales alrededor de 200 son especies nativas. Estos datos resaltan la importancia del manejo tradicional de los ecosistemas por parte de los grupos indígenas, ya que han sido clave para la conservación de la biodiversidad y la preservación de la cultura asociada a las plantas (Lira *et al.*, 2009).

El conocimiento tradicional de las plantas y su manejo por parte de los grupos indígenas ha sido fundamental para la conservación de la diversidad

biológica. Estos sistemas de manejo tradicional son dinámicos y se renuevan constantemente, lo que demuestra la importancia de reconocerlos y valorarlos como estrategias de conservación. Además, es necesario identificar los recursos de mayor relevancia para los pobladores en distintas regiones, así como su consumo anual, la frecuencia de uso y las cantidades utilizadas. Esto permitirá desarrollar estrategias que ayuden a identificar las especies que están bajo una mayor presión humana y que requieren medidas de conservación especiales (Giorgis *et al.*, 2021).

La explotación de ciertas especies vegetales, como el Maguey Mezcalero, la Pitaya, los Quelites, la Verdolaga y la Yerba Mora, ha sido registrada debido a su valor cultural y económico (Casas y Blancas, 2014). Estas especies son utilizadas en diferentes contextos y su explotación puede ponerlas en riesgo. Por lo tanto, es importante considerar los procesos organizativos, las reglas de uso, la organización productiva y las técnicas de almacenamiento en la gestión de estas especies para disminuir su vulnerabilidad (Campos *et al.*, 2013).

La domesticación de las plantas ha sido un proceso en el que los seres humanos han moldeado las formas y funciones de los organismos a través del manejo de la variabilidad genética. Este proceso ha sido influenciado por la cultura y ha permitido mantener y generar diversidad en los sistemas agrícolas. A través de la domesticación, se han creado nuevas variedades y se ha incorporado diversidad de otros lugares, lo que ha contribuido a la adaptación de las plantas a diferentes condiciones y necesidades humanas (Bernal-Ramírez *et al.*, 2019).

La agroforestería juega un papel crucial en la conservación de la biodiversidad. Estos sistemas no sólo contribuyen a la conservación de la diversidad biológica, sino que también interactúan con los ecosistemas forestales naturales. Los sistemas agroforestales actúan como reservas de recursos y promueven la interacción entre componentes de sistemas silvestres y domesticados. Sin embargo, es importante tener en cuenta el riesgo de deterioro y pérdida de estos sistemas a medida que la agricultura se intensifica en estas áreas (Leff, 2012).

El conocimiento tradicional de las plantas y los mecanismos de manejo, tanto *in situ* como *ex situ*, son fundamentales para la existencia, uso y conservación de las especies vegetales. Para evaluar la extracción de recursos,

es necesario estudiar la estructura y dinámica de las poblaciones, así como las etapas críticas del ciclo de vida de las plantas. También es importante considerar las interacciones con otras plantas y animales, así como los sistemas de polinización y el tipo de reproducción de las especies. La demanda del mercado también puede aumentar el riesgo de extinción de ciertos recursos. Por lo tanto, es necesario observar los procesos organizativos, las reglas de uso, la organización productiva y las técnicas de almacenamiento para disminuir la vulnerabilidad de las especies vegetales y animales (Pinzón y Zamudio, 2016).

En conclusión, el manejo tradicional de las plantas por parte de los grupos indígenas ha sido clave para la conservación de la biodiversidad y la preservación de la cultura asociada a las plantas. Estos sistemas de manejo son dinámicos y se renuevan constantemente, lo que demuestra su importancia en la conservación de la diversidad biológica. Además, es necesario identificar los recursos de mayor relevancia para los pobladores en distintas regiones y desarrollar estrategias que permitan identificar las especies que están bajo una mayor presión humana. La domesticación de las plantas ha sido un proceso en el que los seres humanos han moldeado las formas y funciones de los organismos, lo que ha permitido mantener y generar diversidad en los sistemas agrícolas. La agroforestería también desempeña un papel crucial en la conservación de la biodiversidad, pero es importante tener en cuenta el riesgo de deterioro y pérdida de estos sistemas. En general, el conocimiento tradicional y los mecanismos de manejo son fundamentales para la existencia, uso y conservación de las especies vegetales y animales.

III. Abonos orgánicos

Nutrición natural del suelo

La nutrición orgánica se refiere al uso de abonos orgánicos, que son productos derivados de la descomposición de residuos animales, humanos, restos vegetales de alimentos y otras fuentes orgánicas y naturales aplicados al suelo (López-Morales, 2022). Estos abonos estimulan el crecimiento y la nutrición de las plantas de forma directa e indirecta, mejorando las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo y suministrando nutrientes en cantidades significativas (Benedicto-Valdés *et al.,* 2019).

En la agricultura se ha experimentado con gran éxito la aplicación de abonos orgánicos, en diversos cultivos hortícolas en los valles altos. Los resultados han sido prometedores en cultivos como rábano, verdolaga, cilantro, acelga, alcachofa, betabel, zanahoria, papa, elote de maíz, calabacita, flores de calabaza, frijol ejotero, chícharo, tomate, jitomate, ajo, albahaca, menta, hierba buena, apio, lechuga, cebolla, col, brócoli, coliflor, nopalitos, espinaca y cempasúchil, entre otros (Olán *et al.,* 2020).

En cuanto a la aplicación de abonos orgánicos, se ha observado que la aplicación de 10 kg de abono por metro cuadrado, principalmente de origen bovino, equino y en ocasiones de borrego, bajo el sistema de doble volteado, ha dado buenos resultados (Méndez, 2017). Este sistema consiste en separar y voltear los primeros 20 cm de suelo, dejando los siguientes 20 a 40 cm en la superficie. El abono se aplica exactamente en el centro del perfil del suelo, a una profundidad de 20 cm, con el objetivo de mantener permanentemente la fertilidad de un área de suelo de 40 cm (Dávalos-Sotelo, 2016).

El uso de abonos orgánicos tiene múltiples beneficios, ya que mejora el crecimiento de las plantas, reduce la necesidad de fertilizantes minerales y contribuye a la restauración y recuperación de los suelos degradados al mantener la materia orgánica y la fertilidad del suelo (Benedicto-Valdés *et al.*, 2019). Además, estos abonos pueden influir en la minimización de la severidad de patógenos del suelo y tienen efectos positivos en la mejora de la fertilidad del suelo (Zanor *et al.*, 2018).

Como se ha descrito, la nutrición orgánica se basa en el uso de abonos orgánicos derivados de residuos animales, humanos y vegetales para estimular el crecimiento y la nutrición de las plantas. Estos abonos mejoran las propiedades del suelo y suministran nutrientes de manera significativa. La aplicación de abonos orgánicos ha demostrado resultados prometedores en diversos cultivos hortícolas, y se ha observado que la aplicación adecuada de estos abonos puede mantener la fertilidad del suelo y contribuir a la restauración de suelos degradados.

Lo que se observó en aproximadamente 10 años de investigación (tabla 1), sobre fertilizantes orgánicos en áreas de producción orgánica de suelos muy arcillosos, duros, duros y con problemas de drenaje, en aproximadamente 1 000 metros cuadrados con suelo que presenta un mejor equilibrio de componentes estructurales (arcilla, limo, arena), incluyendo el análisis de suelo realizados para ver su productividad y rendimiento, y particularmente su fertilidad son los siguientes:

Estos datos confirman que el suelo previamente arcilloso ha sido modificado a un suelo franco arcilloso, como lo demuestran los resultados del análisis de suelo. La aplicación de abonos orgánicos ha demostrado mejorar las condiciones físico-químicas y biológicas del suelo, como han señalado varios autores (Zimmermann *et al.*, 2007). Entre los abonos orgánicos que han dado buenos resultados se encuentran el estiércol, bocashi, lombricomposta, biofertilizantes de base microbiana, residuos o desechos de cultivos, bioles, biopreparados, abonos verdes, aguas residuales y derivados, efluentes de biodigestores, desechos animales y agroindustriales, López-Martínez *et al.* (2001). La textura y el contenido de humedad del suelo también influyen en las respuestas espectrales y en la estimación de propiedades como el carbono orgánico del suelo. En suelos arcillosos con alto índice de plasticidad y retención de humedad, se observa una disminución en la reflectancia

en los espectros (Zimmermann *et al.*, 2007). Además, se ha encontrado que la lombricomposta incorporada al suelo incrementa la materia orgánica, la densidad microbiana y la respiración edáfica. Los fertilizantes orgánicos han demostrado ser más eficaces que los inorgánicos para estimular la respiración microbiana del suelo (Ayala-Tafoya *et al.*, 2022).

Tabla 1. *Resultados del análisis de fertilidad del suelo*

Propiedad	Unidad	Resultado
pH		7.05
Capacidad de intercambio calórico	Cmol/kg S	42.5
Carbono orgánico	%	3.19
Materia orgánica	%	5.49
Conductividad eléctrica	dS/cm	0.68
Nitrógeno total	%	0.12
Fósforo	ppm	157.0
Potasio	ppm	130.6
Relación carbono/nitrógeno	%	27.1
Calcio	ppm	2472.9
Magnesio	ppm	179.5
Sodio	ppm	19.0
Densidad aparente	g/cm^3	0.88
Clase textural	% arena	22.2
	% arcilla	38.4
	% limo	39.4

Fuente: Laboratorio de Suelos, Facultad de Ciencias Agrícolas-UAEMÉX (2019).

En cuanto a la utilización de residuos orgánicos como fertilizantes, se ha encontrado que el lixiviado de la fermentación de desechos de camarón puede ser utilizado como biofertilizante en cultivos de pasto y como alimento para cerdos. El residuo líquido de la producción de compostaje también se considera un abono orgánico que puede ser empleado directamente en el suelo (García *et al.*, 2020).

Esta aplicación de abonos orgánicos ha demostrado ser una alternativa viable y competitiva para los fertilizantes de síntesis química, ya que mejora las condiciones del suelo y promueve la actividad microbiana (Zimmermann *et al.*, 2007). Además, la incorporación de lombricomposta y el uso de residuos orgánicos como biofertilizantes también han mostrado que los beneficios en la fertilidad del suelo son mayores (Ayala-Tafoya *et al.*, 2022; García *et al.*, 2020).

El suelo tratado orgánicamente contiene una mayor cantidad de microorganismos, como algas, bacterias, hongos y ascomicetos. Estos microorganismos producen sustancias que se combinan con los minerales del suelo, haciéndolos más disponibles para ser absorbidos por las raíces de las plantas. Esto es especialmente importante para la absorción de hierro, ya que puede estar presente en el suelo en cantidades suficientes pero en una forma no disponible para las plantas (López-Morales *et al.*, 2022).

La presencia de microorganismos y las sustancias derivadas de su metabolismo explican en parte la diferencia en el contenido de hierro de los alimentos orgánicos en comparación con los alimentos producidos en cultivos convencionales. Además, las plantas cultivadas orgánicamente suelen tener un menor contenido de nitrógeno, lo que se traduce en un mayor contenido de vitamina C, menos nitratos y menos proteínas, pero de mayor calidad (López-Morales *et al.*, 2022).

El uso de compost y fertilizantes orgánicos también tiene el beneficio de suprimir la presencia de patógenos en el suelo, tanto en las raíces como en las partes aéreas de las plantas Hoitink, 1997; Santos, 2013). Esto contribuye a la salud de las plantas y reduce la necesidad de utilizar productos químicos para el control de enfermedades. Sin embargo, es importante realizar análisis microbiológicos del suelo al menos cada tres años para obtener información sobre los tipos y cantidades de microorganismos presentes (López-Morales *et al.*, 2022). Estos datos pueden ser utilizados para evaluar la fertilidad del suelo y tener una comprensión más precisa de su estado (tabla 2). Aunque es cierto que existen pocos laboratorios en el país que realizan este tipo de análisis, invertir en ellos puede ser beneficioso para los agricultores.

Tabla 2. *Resultados del perfil microbiológico del suelo*

Nombre científico:	**Coriandrum sativum**	
Nombre común:	Cilantro	
Tipos de análisis:	Bacterias (x)	Hongos(x)
Técnica/método:	Técnica de dilución en placa y pruebas bioquímicas	
Resultados:	Bacteria: *Xanthomona sp. Pantea sp*	

Fuente: Laboratorio de Fitopatología, Facultad de Ciencias Agrícolas-UAEMÉX (2019).

En el contexto de la agricultura es fundamental que los productores, tanto convencionales como orgánicos, vean sus parcelas como negocios que

requieren cuidados e inversiones constantes (López-Morales *et al.,* 2022). Los agrónomos asesores desempeñan un papel importante al apoyar y asesorar a los productores, ayudándoles a mejorar su producción y expandir sus redes comerciales (Bautista-Calles, 2008).

Los materiales orgánicos desempeñan un papel fundamental en el funcionamiento de los microorganismos del suelo, ya que ayudan a que los nutrientes estén disponibles para el crecimiento de los cultivos (Zhang *et al.,* 1998). Además, la materia orgánica tiene varios beneficios físicos en el suelo. Por ejemplo, ayuda a conservar la humedad, regulando la temperatura, protegiendo contra la sequedad causada por el viento, el agua y el sol, reduciendo la evaporación, mejorando el balance hídrico, reduciendo la erosión y el escurrimiento del agua superficial, y mejorando la estructura del suelo (Zhang *et al.,* 1998; Yáñez-Chávez *et al.,* 2018; Dávalos *et al.,* 2021; Martínez-Aguilar *et al.,* 2020; Llanes *et al.,* 2020; Pedroza-Parga *et al.,* 2022; Ordóñez, 2022; Oscanoa y Flores, 2016).

Estos beneficios son especialmente importantes en suelos arcillosos (Martínez-Aguilar *et al.,* 2020; Pedroza-Parga *et al.,* 2022), porque la materia orgánica también puede mejorar la estabilidad térmica y reducir la formación de costras en la superficie del suelo (Zhang *et al.,* 1998). Sumado a esto, la conservación de la humedad es uno de los beneficios más importantes de la materia orgánica en el suelo. Los materiales orgánicos actúan como una esponja, absorbiendo y reteniendo el agua, lo que ayuda a mantener la humedad en el suelo (Zhang *et al.,* 1998; Yáñez-Chávez *et al.,* 2018; Dávalos *et al.,* 2021; Martínez-Aguilar *et al.,* 2020; Llanes *et al.,* 2020; Pedroza-Parga *et al.,* 2022; Ordóñez, 2022; Oscanoa y Flores, 2019). Esto es especialmente beneficioso en regiones con escasez de agua o en periodos de sequía, ya que la materia orgánica puede ayudar a mantener la disponibilidad de agua para los cultivos (Dávalos *et al.,* 2021). Además, la materia orgánica también puede mejorar el drenaje del suelo, evitando el encharcamiento y la saturación del agua (Yáñez-Chávez *et al.,* 2018; Pedroza-Parga *et al.,* 2022).

Otro beneficio importante de la materia orgánica en el suelo es su capacidad para regular la temperatura del suelo. Los materiales orgánicos actúan como una capa aislante, reduciendo los cambios bruscos de temperatura en el suelo (Zhang *et al.,* 1998; Yáñez-Chávez *et al.,* 2018; Martínez-Aguilar

et al., 2020; Llanes *et al.*, 2020; Pedroza-Parga *et al.*, 2022; Ordóñez, 2022; Oscanoa y Flores, 2016). Esto es especialmente beneficioso en regiones con climas extremos, ya que la materia orgánica puede proteger a los cultivos de las temperaturas extremas, tanto frías como calientes, y ayudar a mantener una temperatura más estable en el suelo (Zhang *et al.*, 1998; Yáñez-Chávez *et al.*, 2018; Martínez-Aguilar *et al.*, 2020; Llanes *et al.*, 2020; Pedroza-Parga *et al.*, 2022; Ordóñez, 2022; Oscanoa y Flores, 2016). Además de la conservación de la humedad y la regulación de la temperatura, la materia orgánica también puede proteger el suelo contra la erosión y el escurrimiento del agua superficial. Los materiales orgánicos actúan como una cubierta protectora en la superficie del suelo, evitando que las gotas de lluvia impacten directamente sobre el suelo y reduciendo así el riesgo de erosión (Mingoti y Vettorazzi, 2011; Chávez, 2019; Oscanoa y Flores, 2019; Angelini *et al.*, 2022; Aiello *et al.*, 2015; Fernández y Figueroa, 2014; Aubertin *et al.*, 1998; Shakesby *et al.*, 1993). Además, la materia orgánica mejora la estructura del suelo, formando agregados que ayudan a mantener la estabilidad del suelo y reducir la formación de costras en la superficie (Zhang *et al.*, 1998; Martínez-Aguilar *et al.*, 2020; Llanes *et al.*, 2020; Pedroza-Parga 1., 2022; Ordóñez, 2022; Oscanoa y Flores, 2016).

Con base en lo anterior, es evidente que los materiales orgánicos desempeñan un papel fundamental en la conservación y el manejo del suelo. Su presencia en el suelo mejora la disponibilidad de nutrientes para los cultivos, conserva la humedad, regula la temperatura, protege contra la erosión y el escurrimiento del agua superficial, mejora la estructura del suelo y facilita el manejo de los cultivos. Por lo tanto, es importante promover prácticas agrícolas que fomenten la incorporación de materia orgánica en el suelo, como el uso de coberturas vegetales, la aplicación de compost y el manejo adecuado de los residuos agrícolas.

En cuanto al aporte químico, la materia orgánica regula el pH; incrementa la capacidad de intercambio catiónico; favorece la fertilidad fosfatada del suelo y la formación de biofosfatos o fosfohumatos (ácidos húmicos + aniones de fosfatos), la formación de quelatos; mantiene las reservas del nitrógeno estables en el suelo; retiene con mayor fuerza nutrientes como Ca, Mg, K, N y actúa complejando iones de Fe y Al en suelos ácidos. Los aportes biológicos de la materia orgánica al suelo se pueden resumir seña-

lando que favorece: la respiración y salud radicular; la germinación de las semillas; la biodegradación de sustancias tóxicas; la producción de sustancias fitoestimulantes como el ácido indol acético, triptófano y otros ácidos orgánicos; el incremento de la población microbiana aeróbica responsable de la humificación de la materia orgánica-nitrificación-fijación de nitrógeno atmosférico, y la asimilación de azufre y fósforo (Otiniano *et al.*, 2006).

La materia orgánica al suelo favorece también el incremento de vitaminas (B6, B12, ácido pantoténico, rivoflavina y biotina), así como de antibióticos como la estreptomicina, penicilina y terramicina. Actúa sobre procesos fisiológicos y bioquímicos en plantas aumentando la permeabilidad de las membranas celulares, aumentando la actividad sintética y el contenido de clorofila, la intensidad de la respiración y el metabolismo de plantas y microorganismos (Millán *et al.*, 2013).

Sin embargo, es importante tener en cuenta que el uso de algunos fertilizantes orgánicos, como el estiércol de pollo, sin un proceso de descomposición o compostaje controlado, puede tener efectos negativos en la salud de los trabajadores, el suelo y los cultivos. Estos fertilizantes pueden contener microorganismos y residuos de medicamentos que pueden ser perjudiciales para la salud de los trabajadores. Además, el material no descompuesto puede aumentar las temperaturas y afectar los cultivos (Trinidad, 2002). Durante la primera etapa de descomposición, los ácidos pueden provocar reacciones que hacen que los metales pesados estén disponibles en el suelo, lo que permite que las plantas los absorban. Por lo tanto, es necesario que las materias orgánicas de origen vegetal o animal pasen por un proceso de descomposición o compostaje antes de ser utilizadas como fertilizante (Peña *et al.*, 2006).

Con todo y ello, la materia orgánica tiene un papel importante en la fertilidad del suelo y en el crecimiento de las plantas. Sus aportes químicos y biológicos benefician la salud de las plantas, la actividad microbiana y la disponibilidad de nutrientes. Sin embargo, es necesario tener precaución en el uso de fertilizantes orgánicos sin un proceso de descomposición adecuado, ya que pueden tener efectos negativos en la salud y en los cultivos. Es importante seguir prácticas de manejo adecuadas para garantizar el uso seguro y efectivo de los fertilizantes orgánicos.

Abonos orgánicos

Los abonos más utilizados son aquellos que por su manipulación previa son enrriquecidos por materia orgánica, la lombricultura o lombricompostaje. Esta ofrece un gran potencial para el manejo de desechos orgánicos al alimentar a las lombrices con diversos fertilizantes animales, produciendo 1 kg (peso fresco) de lombrices por cada 2 kg (peso seco) de fertilizante. Las ventajas del uso de lombrices y la producción de humus son: utilizar residuos orgánicos, eliminar malos olores, reducir los microorganismos nocivos para el ser humano, y reproducirse rápidamente y ser de fácil manejo en viveros, lo que les permite alcanzar altas densidades de población en un corto periodo de tiempo (Valdez-Ibañez *et al.,* 2019).

La especie *Eisenia foetida* es una alternativa para el tratamiento de residuos sólidos municipales y reconversión de la parte compostable, representando entre el 30% y el 85% del volumen de residuos (Salazar, 2003; Irizar, 2015). Las lombrices de tierra participan en varios procesos físicos, químicos y biológicos en el suelo (Lavelle y Spain, 2001), y se han establecido interacciones mutualistas con la microbiota para degradar la materia orgánica ingerida por los invertebrados (Daqui *et al.,* 2007). Los microorganismos del suelo, especialmente las bacterias, producen enzimas que degradan compuestos complejos cuando son absorbidos por los gusanos en el tracto gastrointestinal (Lattud *et al.,* 1998 y Villegas-Cornelio y Canepa, 2017).

La descomposición de materiales orgánicos se produce en dos etapas. En la fase activa (Lores *et al.,* 2006), las lombrices procesan los materiales orgánicos, mientras que en la etapa de maduración (Domínguez, 2009), los microorganismos descomponen la materia orgánica previamente procesada por los nematodos. La calcificación de compuestos se produce principalmente a través de las actividades metabólicas de bacterias y hongos, y las heces de las lombrices contienen nutrientes y microorganismos diferentes al contenido orgánico inicialmente ingerido, lo que juega un papel importante en la descomposición (Domínguez, 2009 y Villegas-Cornelio y Canepa, 2017).

Se encontró en un estudio que, en la composición física, química y biológica de tres fertilizantes orgánicos, el humus de lombriz contenía la mayor

cantidad de microorganismos que degradan materiales orgánicos en comparación con el bokashi y el compost (Villegas-Cornelio y Canepa, 2017). Los humus de lombriz son una fuente de fertilizante orgánico utilizado en la producción de cultivos, ya que mantienen y aumentan la fertilidad del suelo, mejoran su estructura, retienen de forma óptima el agua y el aire, reducen la contaminación ambiental y mejoran las condiciones del suelo y de las plantas que crecen en él (Pérez *et al.*, 2008).

El vermicompostaje es un proceso ecotecnológico de bajo costo que permite la bio-oxidación, degradación y estabilización de residuos orgánicos por la acción conjunta de lombrices y microorganismos, del cual se obtiene la vermicomposta, un producto final estabilizado, homogéneo y de granulometría fina (Villegas-Cornelio y Canepa, 2017). Este proceso tecnológico eficiente puede convertir residuos orgánicos en productos de valor agregado para las prácticas de restauración ecológica y programas de fertilidad del suelo (Pérez, 2005).

En la producción de lombrices es importante mantener condiciones adecuadas de temperatura, humedad, pH, vitaminas, proteínas, carbohidratos y minerales para favorecer su desarrollo y reproducción. El pH recomendado para un sistema de compostaje debe estar en un rango de 6.5 a 8 (Flores-Pacheco *et al.*, 2018).

En resumen, la lombricultura ofrece un gran potencial para el manejo de desechos orgánicos, ya que las lombrices pueden alimentarse de diversos fertilizantes animales y producir lombrices y humus de alta calidad. Las lombrices de tierra desempeñan un papel importante en la descomposición de materia orgánica en el suelo, interactuando con microorganismos para degradar los compuestos (Capistran *et al.*, 2004). El humus de lombriz es un fertilizante orgánico utilizado en la producción de cultivos, debido a sus beneficios para la fertilidad del suelo y el crecimiento de las plantas. El vermicompostaje es un proceso eficiente para la transformación de residuos orgánicos en productos de valor agregado. Es importante mantener condiciones adecuadas para el desarrollo y reproducción de las lombrices, como la temperatura, humedad y pH.

El humus de lombriz es un producto orgánico que se ha estudiado ampliamente debido a sus características físicas y químicas. Según Pérez *et al.* (2008), se ha observado que el contenido de materia orgánica (MO) en el

humus de lombriz es superior en comparación con otros productos orgánicos como el bocashi y la composta. En particular, el humus de lombriz elaborado con estiércol de caprino y ovino presenta el mayor porcentaje de MO (96%). Además, se ha encontrado que los contenidos promedio de MO, N, P, K, Ca y Mg son mayores en residuos animales en comparación con residuos vegetales (tabla 3).

Tabla 3. *Caracterización físico-química de humuz de lombriz*

Parámetro	Rango
pH	6.8-7.2
Humedad	30-60%
MO	30-70%
Relación C/N	10 a 1
Nitrógeno	1.0-2.6%
Fósforo	2.0-8.0%
Potasio	1.0-2.5%
Calcio	2.0-8.0%
Magnesio	1.0-2.5%
Ácidos fúlvicos	2.8-5.8%
Ácidos húmicos	1.5-3.0%
Manganeso	0.006%

Fuente: Elaborado con base en De la Cruz (2005).

Por lo tanto, de acuerdo con este autor, se recomienda incorporar materiales de origen animal al elaborar enmiendas orgánicas para obtener un producto con mayor valor nutricional. Es importante destacar que las características físicas, químicas y biológicas del humus de lombriz pueden variar según las condiciones de manejo, el tipo de material utilizado en su preparación, las condiciones ambientales y los procesos de elaboración. Estos factores pueden influir en la calidad y eficacia del humus de lombriz como enmienda orgánica.

En cuanto a los efectos del humus de lombriz en las plantas, se ha observado que presenta varias ventajas. Según Parra *et al.* (2016), el humus de lombriz puede estimular la germinación de las semillas y promover el desarrollo radicular. También se ha encontrado que aumenta el vigor vegetativo de las plantas y las hace más resistentes al ataque de patógenos. Esto se debe a la presencia de propiedades hormonales estimulantes del desarrollo radicular y exudados de la lombriz en el humus de lombriz. Además, el

humus de lombriz puede disminuir el estrés causado por el trasplante de las plantas.

En cuanto a las recomendaciones de aplicación del humus de lombriz, se sugiere aplicar 500 g/m^2 en corona honda o en sistema de hoyo para hortalizas. Para el trasplante de árboles, se recomienda colocar 500 g en la base del hoyo o cepa, y 500 g alrededor del cuello del árbol. Además, se sugiere corregir el pH del suelo a un rango de 6.5-7.5 con cal dolomita y aplicar 2000 kg de humus de lombriz por hectárea para la recuperación de suelos.

Concluyendo, el humus de lombriz es un producto orgánico que se caracteriza por su alto contenido de materia orgánica y nutrientes. Su aplicación puede mejorar la germinación y el crecimiento de las plantas, aumentar su resistencia a patógenos y disminuir el estrés causado por el trasplante. Sin embargo, es importante tener en cuenta que las características del humus de lombriz pueden variar según las condiciones de producción y que su aplicación debe realizarse de acuerdo con las recomendaciones específicas para cada cultivo.

Estiércol

El estiércol es una mezcla de cama de animales y desechos líquidos y sólidos, cuya fermentación comienza en el establo y luego finaliza en un montón de estiércol. Los fertilizantes más conocidos son para caballos, mulas, burros, cerdos, aves (pollos, patos, gansos, pavos, codornices), conejos y cobayas, cabras y chivos, ovejas, vacas y toros, llamas y búfalos, renos. También se incluyen excrementos de aves marinas y murciélagos. Estos fertilizantes se componen de sustancias de hidrocarburos, compuestos de nitrógeno o fosfato y microorganismos (Zamora, 2017).

Cuando se aplican al suelo labrado, los fertilizantes proporcionan materia orgánica, lo cual es importante, ya que el suelo debe contener al menos un 2% de materia orgánica para ser considerado adecuado para el crecimiento de las plantas. La materia orgánica en el estiércol es una fuente de nutrientes para las plantas, como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio. Sin embargo, la calidad final de los abonos orgánicos depende de su lugar de

producción, recogida, almacenamiento y humedad, así como de la actividad de los microorganismos presentes (Zamora, 2017).

Es importante tener en cuenta que la exposición a la luz solar o a lluvias intensas puede deteriorar la calidad del estiércol y no se recomienda. Además, no se puede garantizar que los fertilizantes provengan de animales criados con dietas saludables. Sin embargo, el estiércol de vaca es un ejemplo comúnmente utilizado como fertilizante orgánico (Zamora, 2017).

Con todo esso, el estiércol es una mezcla de cama de animales y desechos líquidos y sólidos que se utiliza como fertilizante orgánico. Contiene sustancias de hidrocarburos, compuestos de nitrógeno o fosfato y microorganismos. Cuando se aplica al suelo labrado, proporciona materia orgánica y nutrientes para las plantas. Sin embargo, la calidad del estiércol puede verse afectada por diversos factores y no se recomienda su exposición a la luz solar o a lluvias intensas. Aunque no se puede garantizar la calidad de los fertilizantes orgánicos, el estiércol de vaca es un ejemplo comúnmente utilizado.

El estiércol bovino

El estiércol es un fertilizante ampliamente utilizado en la agricultura debido a su alta capacidad de intercambio catiónico (CIC). Sin embargo, cuando se descompone en el suelo, libera iones que pueden afectar la fertilidad natural y la calidad del suelo. Además, el estiércol contiene sales y sodio, cuyo contenido puede verse afectado. Estos factores pueden llevar a una disminución en la producción y productividad de los cultivos (Saldivar y Argüello, 2018).

Los fertilizantes, incluido el estiércol, se descomponen en el suelo debido a la actividad enzimática y los efectos del cambio climático, lo que permite que las plantas y los microorganismos los utilicen de manera óptima. Algunas de las estructuras orgánicas presentes en los fertilizantes son polímeros complejos como la celulosa, la hemicelulosa, el almidón, la quitina y la lignina. Estas estructuras se descomponen en monómeros e iones simples (Saldivar y Argüello, 2018).

Sin embargo, debido a la heterogeneidad del suelo, los productores deben tener cuidado al aplicar dosis de fertilizantes para evitar la contaminación

directa y la degradación del suelo por el exceso de sales y lixiviación de compuestos nitrogenados como el nitrito NO_2. Para conservar plenamente los nutrientes potenciales del estiércol, es importante almacenarlo en un lugar adecuado, como un "vertedero de fertilizantes". Almacenar el estiércol al aire libre en una capa delgada cuando está fresco no lo protege de factores climáticos como la lluvia, la temperatura, la luz solar y la humedad (Saldivar y Argüello, 2018).

En el caso específico del estiércol de vaca, es uno de los estiércoles más utilizados debido a la gran cantidad de vacas criadas en establos, semiestablos y en libertad. Sin embargo, es importante tener en cuenta consideraciones importantes, como la cantidad de materia seca, estiércol húmedo, orina y nutrientes que se liberan diariamente a partir del estiércol de vaca. Estos insumos y productos representan el fertilizante real que queda de los animales durante el cálculo y la producción (Saldivar y Argüello, 2018).

El estiércol ha sido un fertilizante ampliamente utilizado en la agricultura debido a su alta capacidad de intercambio catiónico (CIC). Sin embargo, su descomposición en el suelo puede afectar la fertilidad y la calidad del suelo. Es importante tener cuidado al aplicar dosis de estiércol para evitar la contaminación y la degradación del suelo. Además, es necesario almacenar el estiércol de manera adecuada para conservar sus nutrientes potenciales. En el caso del estiércol de vaca, es importante considerar la cantidad de materia seca, estiércol húmedo, orina y nutrientes que se liberan diariamente. Estas consideraciones son fundamentales para garantizar una agricultura sostenible y productiva.

Bocashi

El término *bocashi* proviene del japonés y significa "fermentación suave". Se trata de un fertilizante orgánico que contiene una variedad de materias primas en cantidades adecuadas y está equilibrado nutricionalmente. El proceso de fermentación tiene una duración promedio de 45 a 60 días. Es importante tener en cuenta el clima en el que se lleva a cabo la producción de bocashi (FAO, 2011). Este producto natural se elabora tradicionalmente utilizando revestimientos de tela, pero la introducción de plásticos ha mejo-

rado su uso. Los plásticos son especialmente útiles para la producción de fertilizantes, residuos de cultivos y para mantener una buena aireación del suelo. Además, los plásticos permiten reproducir el proceso de fermentación en diversas condiciones climáticas. El contenido aproximado de nutrientes de 100 g de bocashi dado por Restrepo se da en la siguiente tabla:

Tabla 4. *Composición nutrimental del bocashi*

Nutrientes	Porcentaje / mg/l
Nitrógeno	1.18 %
Fósforo	0.70 %
Potasio	0.50 %
Calcio	2.05 %
Magnesio	0.21 %
Hierro	2 304 mg/l
Manganeso	506 mg/l
Zinc	61 mg/l
Cobre	19 mg/l
Boro	14 mg/l

Fuente: Elaborado con base en FAO (2011).

Composta

El *compost* es un fertilizante orgánico que se produce mediante la descomposición aeróbica o anaeróbica de residuos orgánicos por acción de microorganismos. Durante el proceso de compostaje, la materia orgánica se descompone y se estabiliza, lo que contribuye a la formación de compost (Santos, 2013). Sin embargo, se pierde una cantidad considerable de nitrógeno y su disponibilidad en el compost resultante (Morales-Vera *et al.*, 2023).

El compostaje es una forma sencilla, rápida y efectiva de convertir los residuos de cocina, residuos urbanos y residuos de origen animal y vegetal en compost, que puede ser utilizado como fuente de fertilidad para el suelo y, por lo tanto, para las plantas (Morales-Vera *et al.*, 2023). El compost aporta nutrientes esenciales, mejora la estructura del suelo, aumenta la retención de agua y promueve la actividad microbiana beneficiosa en el suelo (Morales-Vera *et al.*, 2023).

Biofertilizante

El término biofertilizante se compone de dos palabras: biológico y fertilizante. Los biofertilizantes contienen microorganismos que mejoran el estado nutricional del suelo y por ende de las plantas, pero el estiércol, los residuos de cultivos, el compost y el vermicompost también descomponen y promueven la nutrición, pero estos no se consideran biofertilizantes (Lopes *et al.*, 2017). Los biofertilizantes se han convertido en el foco de investigación desde la década de 1990 para resolver los problemas ambientales causados por el uso irrazonable de fertilizantes químicos (Intagri, 2019).

El uso de esta tecnología reduce el consumo de energía para la producción de fertilizantes químicos, reduce la degradación de los agroecosistemas y la pérdida de nutrientes, mantiene la capacidad productiva de los sistemas agrícolas, protege la biodiversidad y puede contribuir a un medio ambiente más saludable (Lopes *et al.*, 2017). Los biofertilizantes microbianos incluyen inoculantes bacterianos como bacterias diazotróficas fijadoras de nitrógeno y bacterias solubilizadoras de fosfato. Lo mismo ocurre con los hongos llamados micorrizas, que viven en simbiosis con las raíces de las plantas.

Los fertilizantes orgánicos están formulados con microorganismos beneficiosos (hongos, bacterias y algas) que aumentan la disponibilidad de nutrientes para las plantas. Estos ofrecen beneficios tales como costos de producción reducidos, protección ambiental y aumento de la fertilidad del suelo y la biodiversidad. Se pueden clasificar en cuatro grupos: fijadores de nitrógeno, solubilizadores de fósforo, captadores de fósforo y promotores del crecimiento vegetal (Lopes *et al.*, 2017).

a) Fijadores de nitrógeno: *Rhizobium*, *Azotobacter* y *Azospirillum*.

b) Solubilizadores de fósforo: *Pseudomonas putida*, *Bacillus subtilis*, *Penicillium bilaji*, *Aspergillus niger*, *Mycobacterium*, *Thiobacillus* y *Micrococcus*.

c) Captadores de fósforo. Las micorrizas son captadoras de fósforo como Acaulospora, Entrophospora, Gigaspora, Glomus, Sclerocystis y Scutellospora.

d) Promotores de crecimiento vegetal: *Gibberella* (*Fusarium moniliforme*) libera giberelinas; *Anabaena* y *Nostoc* liberan ácido indolacético;

Diplodia macrospora libera auxinas; *Phomosis* libera auxinas y *Trichoderma* produce giberelinas.

Heces y orina humanas en la agricultura

Los ciclos naturales permiten el cambio y la persistencia de los elementos que lo componen. Todo en un ecosistema es un recurso. Lo que es desperdicio para una criatura se convierte en recurso para otra. Ver los recursos como residuos a eliminar provoca graves desequilibrios ambientales y contaminación por la acumulación de nutrientes y materia orgánica en lugares inadecuados, como el suelo y el agua.

Las prácticas tradicionales para mantener la fertilidad del suelo incluyen el uso de desechos animales como fertilizante para la producción agrícola. Esto se debe a que los desechos animales proporcionan materia orgánica y nutrientes al suelo y a los cultivos, manteniendo y mejorando así la riqueza y fertilidad del suelo. Se utiliza estiércol de vaca, caballo, cabra y gallina y guano. Los fertilizantes y los desechos animales aportan muchos beneficios al agroecosistema si sabemos cómo aplicarlos y utilizarlos.

Los desechos humanos gestionados adecuadamente pueden proporcionar nutrientes a los microorganismos y plantas del suelo. Las heces humanas son una rica fuente de nutrientes y materia orgánica para el suelo y las plantas. La incorporación al suelo ayuda a mejorar la estructura y el pH del suelo, favorece los microorganismos beneficiosos y libera nutrientes en formas químicas que pueden ser absorbidos por las plantas (Schönning, 2004). Por lo tanto, las heces humanas pueden ser utilizadas como fertilizante en la agricultura.

Sin embargo, es importante tener en cuenta que la eliminación de desechos humanos debe hacerse con cuidado y bajo estrecha supervisión, ya que su uso en la agricultura puede causar graves problemas de salud. Las heces humanas pueden contener patógenos, protozoos, helmintos y virus que se transmiten a través de las heces. Algunos ejemplos de patógenos transmitidos por las heces son Salmonella, Vibrio cholerae, Giardia, Ascaris, rotavirus y hepatitis "A".

Para utilizar las heces humanas como fertilizante de manera segura, es necesario aplicar métodos y barreras adecuadas para prevenir la propagación de enfermedades (Schönning, 2004). Esto puede incluir tratamientos de desinfección, como el compostaje o la digestión anaeróbica, que pueden eliminar o reducir la presencia de patógenos en las heces.

Entonces, los desechos humanos pueden ser una fuente valiosa de nutrientes y materia orgánica para el suelo y las plantas. Sin embargo, su uso en la agricultura debe ser gestionado adecuadamente para evitar problemas de salud. Con los métodos y barreras adecuadas, las heces humanas pueden ser utilizadas como fertilizante de manera segura, mejorando la fertilidad del suelo y contribuyendo a la sostenibilidad del sistema agrícola.

Según los lineamientos de la Organización Mundial de la Salud (OMS) para el uso seguro de los desechos humanos, la eliminación fecal se puede realizar de la siguiente manera (WHO, 2003; Flórez, 2009):

- Compostaje a temperatura > 50 °C durante una semana.
- Incineración total (< 10% carbono en cenizas).
- Tratamiento con altos contenidos de urea.
- Cuando no es posible la higienización total, se recomienda la disminución de los riesgos sanitarios a través del almacenamiento.
- Cuando la temperatura ambiente oscila entre 2 y 20 °C, almacenar de 18-24 meses.
- Si la temperatura ambiente va de 20 a 35 °C, almacenar un tiempo mayor a un año.
- Tratamiento alcalino: si el pH alrededor de las heces tiene un pH>9, almacenar durante un tiempo superior a los 6 meses.
- Siempre usar protección personal: guantes, tapabocas y ropa de trabajo.
- Observar un comportamiento higiénico cuando se manejen las heces como lavarse bien las manos, la cara o bañarse.
- Mantener en buenas condiciones el área donde se encuentran las heces limpias.
- El equipo usado para las heces no saneadas no debe usarse para el producto tratado (saneado) y debe ser lavado inmediatamente después de su uso.

- En caso de aplicar un tratamiento que garantiza la higienización total, pueden aplicarse de la misma manera que una composta; esto es, sin riesgos para la salud.
- Nunca dejar las heces expuestas después de su aplicación para evitar que el viento y el agua las arrastren.
- Las heces pueden manejarse en fresco siempre y cuando las condiciones del terreno lo permitan (que el nivel de agua subterránea no se encuentre cerca de la superficie o se deslave el terreno).
- En reforestaciones se recomienda hacer cepas y colocar las heces hasta abajo, cubriendo con 30 cm de tierra, y encima, efectuar la plantación. Así las raíces podrán alcanzar las heces descompuestas.
- No se recomienda usar heces en cultivos de raíz o vegetales que se consuman crudos a excepción de los árboles frutales.
- Observar un tiempo de reposo de un mes entre la incorporación y la cosecha.

La orina también es un excelente fertilizante. Contiene tres nutrientes principales: nitrógeno (NO-), fósforo (PO=) y potasio (K+), que las plantas utilizan en formas químicas que pueden absorber. También contiene pequeñas cantidades de micronutrientes y oligoelementos (S^{++}, Mg^{++}, Mn^{+}, Fe^{++}, Ca^{+}, Na^{+}, Zn^{++}, Br^{+}, I^{+}). Durante el proceso de almacenamiento, la orina alimenta a los microorganismos beneficiosos que se desarrollan en su interior, cambiando el pH de ácido a alcalino (de 5-6 a 8-9). Una vez en el suelo, la orina sirve para nutrir plantas y organismos y convertir el nitrógeno amoniacal en nitratos. Las plantas absorben rápidamente el nitrógeno contenido en la orina, por lo que se recomienda utilizarlo cuando se requiera una rápida respuesta de las plantas. Para ello, puede realizar un seguimiento de los momentos en los que se recomienda el uso de fertilizantes químicos para la alimentación (Richert *et al.*, 2010).

Desde el punto de vista de la salud, la orina de una persona sana es estéril en la vejiga. Pocos patógenos se transmiten a través de la orina, y todos, excepto el esquistosoma, se consideran leves. Por tanto, el mayor riesgo de utilizar orina es la contaminación fecal. El tratamiento urinario se realiza durante todo el periodo de descanso. Se recomienda guardarlo en un recipiente de plástico cerrado, ya que es corrosivo para los metales. La vida útil

y el cambio natural del pH durante el almacenamiento (pH 5,5 a pH 9,0) garantizan la higiene. El factor decisivo es la temperatura del lugar. Se puede almacenar durante 6 meses a temperatura ambiente inferior a 4 °C y durante 1 mes a 20 °C.

Biosólidos

Los biosólidos son desechos orgánicos ricos en nutrientes resultantes de los procesos biológicos de digestión aeróbica y anaeróbica provenientes del tratamiento de aguas residuales o aguas residuales estabilizadas y cumplen con estrictos estándares de calidad para su aplicación al suelo. México opera 938 plantas de tratamiento de aguas residuales, tratando 50 810 m^3 seg-1 de aguas residuales. Se estima que el esfuerzo producirá 1 483 649 toneladas de biosólidos frescos por año y un equivalente de 296 730 toneladas en base seca (Flores *et al.*, 2014).

El uso agrícola de biosólidos es una práctica establecida y aceptada en los Estados Unidos y en la mayor parte del mundo. Por ejemplo, sólo el Estado de California consume el 52% (390 000 toneladas métricas por año en base seca) de los biosólidos producidos en tierras agrícolas, mientras que Arizona consume el 86% (56 000 toneladas métricas por año) de los biosólidos producidos allí. En la Comunidad Económica Europea, más de un tercio de los biosólidos producidos en la agricultura se reciclan, basándose en cubrir las necesidades de nitrógeno de los cultivos y evitar el uso excesivo de metales pesados no esenciales, lo que ha demostrado ser un medio eficaz de reutilización de productos residuales (Llamas, 2004).

El uso de lodos residuales en la agricultura es una forma de reciclar los nitrógenos en sólidos biológicos de manera inteligente, reduciendo así el uso de fertilizantes químicos comerciales. Flores *et al.* (2014) señala que cuando los biosólidos se aplican superficialmente mejoran las características físicas y químicas de los suelos, y satisfacen parcialmente los requerimientos de fertilización. Sin embargo, es importante tener en cuenta que los lodos residuales pueden contener compuestos potencialmente indeseables, por lo que deben evaluarse periódicamente. Sólo aquellos biosólidos que cumplan con estándares de calidad estrictos para contaminantes, patógenos y atracción

de vectores podrán ser aplicados al suelo con propósitos útiles. Los biosólidos que no cumplan con los requisitos de calidad deben ser dispuestos en rellenos sanitarios o incinerarse (Mora, 1994).

En Estados Unidos, la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA) publicó, en 1993, normas para el uso benéfico de biosólidos producidos por las plantas tratadoras de aguas residuales municipales, siempre que se realicen adiciones en cantidades agronómicas para un cultivo específico. Esto se define como la cantidad de biosólidos aplicados al suelo que suministre la cantidad de nitrógeno requerido por el cultivo durante un periodo de crecimiento definido, y que minimice la cantidad de nitrógeno que se filtre hacia los acuíferos (Mora, 1994).

La mineralización del nitrógeno orgánico de los biosólidos es un proceso en el cual los microorganismos del suelo convierten el nitrógeno orgánico en formas cosechables, como el amonio y el nitrato. Los biosólidos recién fermentados suelen contener más nitrógeno mineralizable que los biosólidos producidos mediante procesos de estabilización más intensivos, como el compostaje o los estanques de almacenamiento. La mineralización del nitrógeno orgánico está influenciada por la temperatura y la humedad del suelo y ocurre más rápidamente en suelos cálidos y húmedos. Por lo general, más de la mitad del nitrógeno mineralizado en el primer año ocurre dentro de las primeras seis semanas después de la aplicación de los biosólidos (Mira, 1994).

Es importante tener en cuenta tanto las necesidades de nitrógeno del cultivo como el contenido de nitrógeno de los biosólidos para una aplicación correcta. La relación de los biosólidos, el nitrógeno orgánico y el contenido total de nitrógeno de los biosólidos son métricas útiles para determinar la cantidad adecuada de nitrógeno a aplicar. La aplicación excesiva de nitrógeno de los biosólidos puede resultar en filtración hacia los acuíferos, lo cual debe evitarse (Mora, 1994).

Se puede decir que el uso de biosólidos en la agricultura puede ser beneficioso para mejorar las características del suelo y reducir el uso de fertilizantes químicos comerciales. Sin embargo, es necesario evaluar periódicamente los biosólidos para garantizar que cumplan con estándares de calidad estrictos. La mineralización del nitrógeno orgánico de los biosólidos es un proceso importante a tener en cuenta, y se deben considerar las necesidades

de nitrógeno del cultivo y el contenido de nitrógeno de los biosólidos para una aplicación adecuada. Además, se debe evitar la aplicación excesiva de nitrógeno de los biosólidos para prevenir la filtración hacia los acuíferos.

IV. Agricultura alternativa

Opciones agrícolas alternativas

Es un derecho para todo ser humano tener acceso a un medio ambiente sano, lo que implica cuidar la naturaleza como una necesidad básica para la salud física, mental y espiritual. Esto implica la protección y recuperación del medio ambiente. En el caso de la agricultura alternativa y sostenible, se trata de un enfoque inclusivo que incorpora factores económicos, sociales y ambientales al proceso productivo. Este enfoque promueve una cultura que fomenta una mayor creatividad, socialización de experiencias y organización de los actores involucrados hacia una agricultura sostenible (Mastretta-Yanes *et al.,* 2019).

En México existen grandes oportunidades para producir nutrición de alta calidad, tanto para los países desarrollados como para participar en programas de fortalecimiento de la salud y seguridad. Además, México puede contribuir a la trazabilidad, la historia de cultivo y los ecosistemas ambientales. Esto es realista y puede ser logrado a través de la certificación de procesos y productos por parte de los tres niveles de gobierno. Estas certificaciones pueden crear oportunidades de desarrollo social y económico, generar excedentes en pequeñas y medianas comunidades productoras de alimentos y promover la equidad para los productores agrícolas (Mastretta-Yanes *et al.,* 2019).

Sin embargo, es necesario crear un mercado con precios razonables. Además, se debe fomentar, alentar, recompensar y reconocer la protección del medio ambiente como una prioridad. La agricultura alternativa se presenta como una solución a las crisis socioeconómicas, ambientales, cultu-

rales y productivas causadas por la promoción de prácticas agrícolas industriales. No se trata de una posición arbitraria ni de una oposición a la producción a gran escala. Es importante reconocer, reorganizar, actualizar y respetar los modelos de producción agrícola de los indígenas y pequeños productores con conocimientos ancestrales (Mastretta-Yanes *et al.*, 2019).

En cuanto a las técnicas de producción alternativas, se ha propuesto un programa en México para la conservación y uso de la diversidad genética de las plantas domesticadas y sus parientes silvestres. Este programa tiene como objetivo estudiar, conocer y conservar la diversidad genética de los cultivos nativos de México y utilizar esta diversidad para fortalecer la producción de alimentos y fibras de forma socialmente justa minimizando los impactos ambientales. Además, se ha investigado el uso de abonos orgánicos como alternativa sostenible para la fertilización en la agricultura (Beltrán-Morales *et al.*, 2019).

Estos abonos orgánicos son insumos inocuos que proporcionan al suelo y a las plantas los nutrientes necesarios para su conservación y desarrollo (Beltrán-Morales *et al.*, 2019). Se ha demostrado que la aplicación combinada de abono líquido y sólido en la producción de plantines de café puede mejorar la eficiencia productiva y reducir los costos de producción (Jaulis *et al.*, 2020). También se ha estudiado el efecto del compost y el lombriabono en el crecimiento y rendimiento de la berenjena. Estos estudios han mostrado diferencias significativas en características como días a floración, altura de planta, número de frutos por planta y rendimiento (Cantero *et al.*, 2015).

La agricultura sostenible también puede beneficiarse de la utilización de extractos vegetales y bioinsecticidas para el control de plagas. Estos productos ofrecen una alternativa más segura y respetuosa con el medio ambiente en comparación con los plaguicidas químicos (Ortiz *et al.*, 2017). Además, se ha investigado el uso de bacterias endófitas y bacterias rizosféricas para mejorar la resistencia de las plantas a metales pesados como el cadmio. Estas bacterias tienen la capacidad de tolerar diferentes concentraciones de cadmio y pueden contribuir a la producción de alimentos más seguros y saludables (Ayubb *et al.*, 2017).

Esta agricultura alternativa y sostenible ofrece una solución a las crisis socioeconómicas, ambientales, culturales y productivas causadas por las

prácticas agrícolas industriales. Esta forma de agricultura incorpora factores económicos, sociales y ambientales al proceso productivo y promueve una mayor creatividad, socialización de experiencias y organización de los actores involucrados (Mastretta-Yanes *et al.*, 2019). Además, se han propuesto diversas técnicas y prácticas, como el uso de abonos orgánicos, extractos vegetales y bioinsecticidas, que pueden contribuir a una agricultura más sostenible y respetuosa con el medio ambiente (Jaulis *et al.*, 2020; Beltrán-Morales *et al.*, 2019; Cantero *et al.*, 2015; Ortiz *et al.*, 2017; Ayubb *et al.*, 2017). Es importante reconocer y valorar los conocimientos ancestrales de los indígenas y pequeños productores agrícolas, y promover su participación en la transición hacia una agricultura sostenible.

Según Altieri (2018), existen las siguientes diferencias entre los modelos agrícolas de producción tradicionales y alternativos:

Tabla 5. *Características de los sistemas agrícolas productivos tradicionales y convencionales*

Agricultura convencional	Agricultura alternativa
• Semillas de alto rendimiento	• Semillas criollas adaptadas al agrosistema
• Fertilizantes y plaguicidas sintéticos	• Abonos de síntesis natural, manejo integrado de plagas y enfermedades
• Maquinaria de alto consumo energético	• Labranza mínima
• Políticas de beneficio al productor	• Escasas políticas de beneficio al pequeño productor
• Financiamiento asegurado	• Agricultura sin financimiento
• Alta especialización en capacitación	• Los centros de investigación no son aliados del pequeño productor
• Agricultura por contrato	• Agricultura para mercado local
• Agricultura de exportación	• Agricultura solidaria de intercambio

Fuente: Elaborado con base en Altieri (2018).

Como lo sugiere Altieri (2018), la agricultura tiene como objetivo la conservación y gestión de los recursos naturales. Equilibrar y combinar tecnología, políticas y actividades basadas en principios económicos y consideraciones ambientales para mantener e incrementar la producción agrícola a los niveles necesarios para satisfacer las necesidades y deseos de una población mundial en crecimiento y reducir el impacto ambiental y minimizar el daño de los impactos que representan los grandes retos para alcanzar la sustentabilidad.

Una de las formas de producción y cosecha alternativa se realiza en camas de distintas hortalizas tales como brócoli, rábano y espinaca. Esta técnica se puede reproducir en diferentes altitudes, un ejemplo de esta variabili-

dad es el valle de Toluca, en el Estado de México, se encuentra a 2 622 metros sobre el nivel del mar y está considerada como una zona de producción agrícola de Valles Altos.

Uno de los objetivos de la agricultura alternativa es conservar el agua, el aire, el suelo, los recursos naturales animales y vegetales, así como aquellos recursos que no son tangibles a simple vista tales como los insectos, los microorganismos y sus actividades en beneficio del ecosistema. Los agrosistemas alternativos modifican las determinantes socioeconómicas en la forma que se produce, cómo se produce y quién lo produce (Altieri, 2018).

El arraigo de la producción en diferentes lugares tiene un impacto significativo en las economías y el estatus social de las comunidades. Por ejemplo, si se siembra maíz de temporal en una zona con suelos pobres y bajo régimen pluviométrico, es probable que la cosecha sea insuficiente para satisfacer las necesidades de una familia. Además, la forma en que se produce también está influenciada por los saberes locales y no sólo por la información o tecnología actual. El amor y la pasión de los campesinos que dependen de sus tierras también juegan el papel más importante en la producción (Hernández y Muñoz, 2018; Osorio-García *et al.*, 2015).

Los saberes tradicionales de las comunidades étnicas también son relevantes en este contexto. Estos saberes tienen características como el arraigo territorial, el carácter oral-lingüístico, el dinamismo intergeneracional y la matriz cultural, entre otros. Reconocer y valorar estos saberes permite aumentar las oportunidades para que los profesores puedan incorporarlos en el aula de clase, especialmente en el campo de las ciencias. Esto crea una oportunidad para el diálogo entre los saberes tradicionales y el conocimiento científico escolar, lo que contribuye a la conservación de la matriz cultural de las comunidades (Melo, 2019).

Además, la producción de maíz y la pluriactividad de los campesinos también son factores importantes a considerar. Según un estudio realizado en el Valle de Puebla, México, el 41.4% de los campesinos entrevistados realizaban actividades extrafinca, lo que junto con la superficie agrícola determinaba el nivel de otras actividades agropecuarias. Esto demuestra que la producción agrícola no es la única fuente de ingresos para los campesinos, sino que también se involucran en otras actividades para complementar sus ingresos (Osorio-García *et al.*, 2015).

Esto significa que el arraigo de la producción, los saberes tradicionales y la pluriactividad de los campesinos son aspectos importantes a considerar en el contexto de la producción agrícola. Estos factores influyen en la productividad y el bienestar de las comunidades, y destacan la importancia de valorar y preservar los conocimientos locales en el manejo de los cultivos (Hernández y Muñoz, 2018; Melo, 2019; Osorio-García *et al.*, 2015).

Agricultura orgánica

La investigación del agrónomo Albert Howard (1943) sobre cultivos tropicales señaló que: La planta depende de la nutrición que obtiene del suelo, porque los cultivos asociados con leguminosas se potencian y hay una sinergia entre animales y plantas. La agricultura orgánica no es simplemente una postura contra el uso de químicos o un retorno a antiguas tradiciones agrícolas, sino que se basa en el estudio de:

- *Agricultura ecológica.* Se basa en el estudio de la naturaleza y sus ciclos de crecimiento, muerte y decadencia.
- *Microorganismos contra plagas y enfermedades.* Uso de entomopatógenos, enemigos naturales, plantas alelopáticas y repelentes que mantienen en equilibrio la población.
- *Materia orgánica.* Mantiene las condiciones físico-químicas y biológicas del suelo favoreciendo el desarrollo de la microflora y fauna.

Algunas de las directrices y prácticas de la agricultura orgánica, de acuerdo con Mora (1994), son procurar formas de producción estables y cercanas a la naturaleza, en las que se realiza la elección de cultivos, un manejo agronómico del cultivo y se determina minuciosamente la epoca de siembra. También se plantea y proyecta maximizar la producción ecológica y energética a bajo costo, permitiendo la sostenibilidad regional con el tiempo.

Las prácticas de *agricultura orgánica* deben usar de recursos locales, para mantener y mejorar las propiedades del suelo a largo plazo y evitar todas las formas de contaminación que puedan resultar de las prácticas agrícolas. Con ello se logra producir alimentos nutritivos en cantidades su-

ficientes, y con ello se minimiza el uso de energía fósil, utilizando y desarrollando técnicas adecuadas, basadas en el conocimiento de los sistemas biológicos. Generando un sistema descentralizado de fabricación y distribución de productos que coadyuven a la preservación y protección de la vida silvestre y su entorno.

Principios de la agricultura orgánica

Dentro de los principios de la agricultura orgánica de Altieri y Nichols (2007) están:

Tabla 6. *Principios de agricultura orgánica*

Principio	Descripción
Principio de salud	Considera al suelo, la planta, el animal, la persona y el planeta
Principio de ecología	Involucra procesos ecológicos y de reciclaje
Principio de equidad	Propicia la justicia a todos los niveles y a todas las partes
Principio de precaución	Proteje la salud y el bienestar de generaciones presentes, futuras y el ambiente

Fuente: Elaborado con base en *Principios de Agricultura Orgánica* de Altieri y Nichols (2007).

Agricultura natural

Este tipo de agricultura supone que el flujo de energía a través de componentes vivos y abióticos es necesario para que los ecosistemas funcionen correctamente. Se equilibra gracias a tomar en cuenta el ciclo de vida natural, ya que considera las siguientes leyes fundamentales de la termodinámica:

- La energía no se puede crear ni destruir (Ley de conservación de la energía).
- La transferencia de energía de un punto a otro implica alguna pérdida.
- La eficiencia de conversión de energía nunca es del 100%, lo que implica cierto grado de desorden (entropía).
- Conclusión: No se produce energía, por lo que las conexiones posteriores no pueden producir más energía que la anterior.

Agricultura alternativa

El nombre de agricultura alternativa se le dio en el primer cuarto del siglo xx y tiene como objetivo crear una relación armoniosa entre los seres humanos y la tierra en términos de producción, protección de la vida natural y paisaje; sus predecesores son Albert Howard, Rudolf Steiner y Mokiti Okada (Kolmans y Vasquez, 1999). Este objetivo persigue, además, la salud a base de una alimentación saludable y en la independencia de los agricultores del almacenamiento de alimentos e insumos (soberanía alimentaria y seguridad alimentaria local). A la hora de construir una agricultura alternativa, hay temas importantes (Ikerd, 2011):

- Agricultores con educación, dedicación y conocimiento cultural, espiritual y ético.
- Antecedentes de los sistemas de producción, ambientes agrícolas, biodiversidad y sus relaciones.
- Una herramienta de trabajo en la que la comunidad microbiana destaca por sus relaciones, especialmente con organismos vegetativos (plantas desequilibradas que producen plagas) y el control biológico.
- Respetar todas las manifestaciones de la vida, ser limpio, autosuficiente, rentable y social y culturalmente viable.
- Utilizar sustancias naturales o sintéticas naturales (jugos de plantas silvestres, rocas fosfatadas naturales, sulfatos, frutas, verduras, etc.) en lugar de sustancias artificiales o sintéticas como medicamentos, pesticidas, fertilizantes y plásticos.
- Existe una forma más limpia de sustentar la vida en la Tierra.
- Restaurar el estado adecuado al productor.
- Lograr una producción sostenible y ahorrar biomasa.
- Integrar el conocimiento de los pueblos indígenas, agricultores y ascendencia negra para proteger los recursos naturales.
- Ampliar y proteger la diversidad a través de la producción de alimentos saludables.

Con base en lo anterior, se determina que la agricultura alternativa suma un conjunto de prácticas y conocimientos consistentes con principios básicos

que se han aplicado con éxito en todo el mundo en beneficio de la naturaleza (ver tabla 7). Estos principios señalan la conservación de la vida; la promoción de la biodiversidad; el mantenimiento y conservación de los ecosistemas naturales (bosque, suelo, agua, etc.); la promoción del uso de activadores del suelo con bio-abonos y abonos verdes; y el utilizar los controles naturales de plagas y enfermedades con el fin de revitalizar el suelo y recuperar su fertilidad.

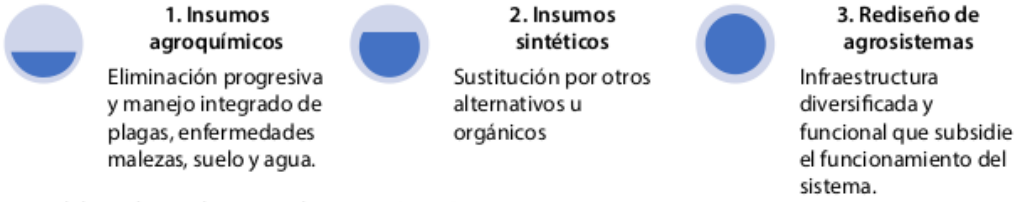
Tabla 7. *Comparación de la agricultura regenerativa y la agricultura convencional*

Regenerativa	Convencional
Acceso a alimentos sanos frente a la agricultura de la Revolución verde	Envenena el agua, suelo, alimentos, flora, fauna y al ser humano. Mata a los microorganismos del suelo. Incrementa la contaminación ambiental.
El lema es salud con base en alimento sano	Destruye ecosistemas naturales. Máxima explotación. Máxima ganancia en menor tiempo.
Abasto de alimentos sanos para todos	Toxicidad de alimentos. Olvida los objetivos de los alimentos: ricos, nutritivos y sanos.
	Enfermedades degenerativas en animales y personas. Empobrecimiento de suelos, incrementa uso de plaguicidas, semillas mejoradas, maquinaria, monocultivos e incrementa la frontera agrícola destruyendo bosques.
	Depende de recursos no renovables y compuestos de síntesis artificial.
	Genera descomposición social, inseguridad, hambre y desocupación para la población.

Fuente: Elaborado con base en Kolmans y Vásquez (1999).

Gliessman (2002) señala que el proceso de cambio de los sistemas tradicionales caracterizados por monocultivos, con alta dependencia de insumos externos a sistemas diversificados con baja intensidad de gestión, es de naturaleza transitoria y consta de tres fases:

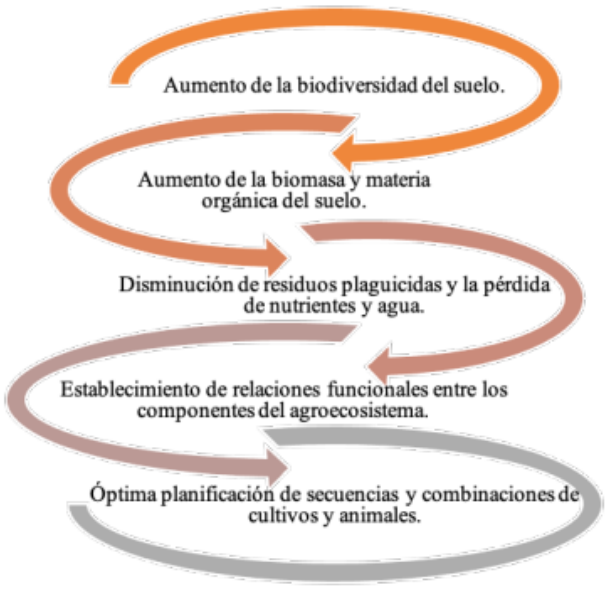
Figura 1. *Disminución del uso de insumos externos en monocultivos*



Fuente: Elaborado con base en Gliessman (2002).

Durante el desarrollo de estas tres fases de gestión, se tiene como objetivo asegurar los siguientes procesos de agricultura alternativa (Altieri, 2018) (ver figura 2):

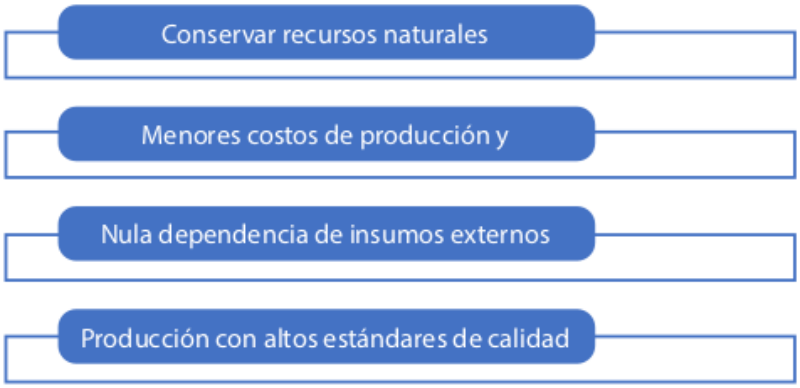
Figura 2. *Procesos de agricultura alternativa*



Fuente: Elaborado con base en Altieri (2018).

Todas estas ventajas son la razón de la transición de la agricultura convencional a la regenerativa, sumando y brindando la base de la nutrición en la sociedad actual.

Figura 3. *Cuatro razones para la transición a la regenerativa agricultura*



Fuente: Elaborado con base en Altieri (2018).

Esta transición se logrará a través de dos pilares agroecológicos clave (Gliessman, 2001):

Figura 4. *Pilares de la agroecología*



Fuente: Elaborado con base en Gliessman (2001).

Diferentes perspectivas de la agricultura alternativa

Hay tendencias y posiciones de la agricultura alternativa de tipo biológicas, orgánicas, naturales, ecológicas, biodinámicas, radiónicas, mentalistas, tecnología apropiada, no intervención, biodiversidad, permacultura, regenerativas, asociativas, tridimensionales, mesiánicas y especialmente de microorganismos, según Kolmans y Vásquez (1999), Gliessman (2002), y Altieri (2018):

Tabla 8. *Acciones de la agricultura alternativa*

Acción	Descripción
1. Agricultura biológica	Las plantas de un cultivo y los animales de una crianza son seres vivos regidos por las leyes de la vida que se deben respetar. Claude Aubert (iniciador). Reciclaje de nutrientes: compostaje, abonos verdes, interrelaciones con organismos.
2. Agricultura orgánica	La planta depende de la nutrición del suelo.
3. Agricultura natural	Jean Marie Rogs (iniciador). El suelo, sistema digestivo de la planta.
4. Agricultura ecológica	El ecosistema, objeto de estudio. Rotación de cultivos = fertilidad. Compostaje y abonos verdes. Control biológico. Nutrición del suelo. Cero labranza.

5. Agricultura biodinámica	Rudolf Steiner (iniciador). La planta, ser biológico en el campo de fuerzas dinámicas telúricas y cósmicas. Compost, rotación de cultivos, abonos verdes, preparados biodinámicos (minerales) y efecto de la luna.
6. Agricultura radiónica	Todas las formas de vida tienen un campo electromagnético.
7. Agricultura mentalista	Paradigma de la nueva era: alimentación de frutas, hortalizas, miel y cereales.
8. Agricultura de tecnología apropiada	Schumacher: trabajo en grupos pequeños de campesinos y uso de recursos locales.
9. Agricultura de no intervención	El ser humano no comprende la naturaleza y no la puede manejar (Fukuoka). No se labra el suelo, no se emplean fertilizantes químicos solubles. Filosofía de integración y saber. El cultivo debe estar alrededor del bosque.
10. Agricultura de biodiversidad (tumba-quema)	Variedad de cultivos y especies en un área. Descanso de tres años a la tierra. Semillas adaptables. Uso de coberturas verdes.
11. Agricultura permanente (permacultura)	Sistemas de producción integrados en armonía con viviendas y personas. Aprovechamiento y conservación de árboles. Sistemas mantenidos con sol, lluvia y viento; satisfacen las necesidades humanas (sostenibilidad). Aprovechamiento de recursos disponibles con el mayor número de funciones de cada elemento del paisaje. Uso con base en la naturaleza del lugar. Principios. Cada elemento es multifuncional. Planificación eficiente de energía (reciclamiento para ser autosuficiente). Producción acorde a necesidades. Diversidad. Aprovechamiento de todos los recursos naturales como sucesión biológica. Desventajas vistas como recursos aprovechables.
12. Agricultura regenerativa	Producción de especies hortícolas y frutos en jardines. Cualquier espacio es útil. Generación de opciones propias con recursos locales. Reciclaje de materiales. Abonos. Independencia y autogestión frente a mercados foráneos.
13. Agricultura asociativa	Estratos de plantas asociadas: frijol-maíz-calabaza-chile. Uso de micorrizas. La asociación favorece la diversidad (ley de asociación). Ley de la devolución: combate el agotamiento de los recursos.
14. Agricultura tridimensional	Uso del suelo vertical y horizontalmente. Aprovechamiento de la tierra a un número mayor de cosechas de cada especie.
15. Agricultura mesiánica	Exalta la naturaleza, la humanidad y la paz, vía: verdad-bondad-belleza. Naturaleza: verdad. Bondad: alimento. Belleza: arte.
16. Agricultura microbial	Uso de microorganismos con un proceso armónico de producción. Si hay organismos benéficos, el cultivo es sano. Emplea caldos microbiales.

Fuente: Elaborado con base en Kolmans y Vásquez (1999).

Acolchados

Este tipo de cubierta para los cultivos se refiere a una capa de residuos de plantas, formada naturalmente o aplicada a la superficie del suelo. Lo mismo ocurre con los materiales sintéticos colocados encima. Este proceso se utiliza para mejorar la productividad de los cultivos controlando las malezas y la temperatura del suelo, aumentando la maduración temprana de los cultivos y reduciendo la evaporación del agua del suelo. Su uso implica importantes costos de adquisición, transporte, instalación y manipulación. Y sólo los cultivos económicamente rentables pueden permitírselo. El mantillo es una alternativa a los métodos tradicionales de uso de pesticidas para controlar malezas y patógenos, pero los riesgos ambientales que plantean los mantillos elaborados con materiales plásticos no biodegradables contaminan los campos en los que se instalan. Otras desventajas incluyen la infestación de roedores, plagas e incendios en materiales orgánicos (Zribi *et al.*, 2011).

Acolchado plástico

Se utilizan diferentes tipos de plásticos en cuanto a material, espesor y color, los cuales varían según la aplicación, cultivo y región. El ancho de la película plástica utilizada como relleno varía entre 0.9 m y 1.5 m. En cuanto al espesor, inicialmente se utilizaban láminas más gruesas (30-50 micrómetros), pero ahora se utilizan comúnmente láminas más delgadas de aproximadamente 15 micrómetros (Gutiérrez *et al.*, 2003).

El uso de plásticos, aunque no sean biodegradables, contribuye a la contaminación de paisajes, canales, vertederos y afluentes como ríos, arroyos, terraplenes, presas y pozos. Por eso seguimos proponiendo materiales que se mimetizan con el entorno como materia orgánica y pasan a formar parte del suelo. El polietileno es el material plástico más utilizado para tapicería porque es fácil de procesar; tiene buena resistencia física y química; es duradero y flexible, y es inodoro en comparación con otros polímeros.

El mantillo plástico crea una barrera impermeable al flujo de vapor de agua en la superficie del suelo, alterando los patrones de flujo de calor y

evaporación del agua (ISA, 2009). Además de la temperatura del suelo, también se promueve la actividad biológica de los microorganismos que se encuentran en este ecosistema.

Almohadillas geotextiles

Los geotextiles son materiales poliméricos permeables (sintéticos o naturales) que pueden o no estar tejidos. Se utilizan para separación, filtración, deshidratación, fortificación, contención de líquidos/gases, control o protección de la erosión. Una de las ventajas del geotextil sobre el polietileno negro es su biodegradación natural.

Mantillo Orgánico

Ayuda a mantener una temperatura constante para favorecer el crecimiento y la actividad de los distintos microorganismos presentes en el suelo y asegurar su actividad. Los materiales más utilizados son aserrín, corteza y hojas de pino, astillas de madera, virutas de madera, residuos de madera, paja, cáscaras de cereales, cáscaras de cacao, hojas, paja, papel, mantillos mixtos y residuos de cultivos. También se usan, restos vegetales incluyen restos de madera cortada en huertos. Se degradan a diferentes ritmos según el tipo de material y las condiciones ambientales (ISA, 2009).

Efectos de la temperatura del suelo

El acolchado cambia la energía que llega al suelo, el intercambio de calor, el equilibrio energético y el ambiente térmico. Un aspecto positivo de este acolchado es que reduce las fluctuaciones de temperatura del suelo, mitigando principalmente los picos máximos y mínimos en los 15 cm de profundidad iniciales (Leal, 2007).

Efectos sobre la estructura del suelo y la fertilidad

Gracias a la protección contra los elementos, la estructura del suelo cubierto con mantillo permanece mejor a largo plazo que el suelo desnudo. El efecto positivo del acolchado sobre la estructura del suelo proviene de amortiguar la energía cinética de las gotas de lluvia (y del rocío, si corresponde), aumentando así la extensión física del suelo y sellando la superficie mientras se mantiene la tasa de infiltración del agua en el suelo (Erenestein, 2002).

El aumento de la temperatura y la humedad del suelo promueve la mineralización del suelo, lo que aumenta la disponibilidad de nutrientes para las plantas (como el nitrógeno) y aumenta la materia orgánica. El acolchado protege el suelo de la erosión por lluvia, las tormentas de granizo y el secado por viento. El mantillo orgánico promueve la actividad de la microbiota del suelo y el crecimiento de las raíces, y reduce la compactación del suelo debido a la acumulación de finas partículas de arcilla. La descomposición de la materia orgánica produce compuestos aglutinantes que forman agregados más estables, permitiendo el movimiento de gases —como CO_2 y O_2— y mejorando la fertilidad del suelo (Erenestein, 2002).

Impacto en la salinidad del suelo

Controlar la salinidad es esencial para una producción óptima de los cultivos. Reducir la evaporación del agua (efecto de evaporoconcentración) y promover el flujo descendente de agua en el suelo (efecto de lavado) son claves para controlar la salinidad en las zonas de raíces de los cultivos. El acolchado es una forma eficaz de reducir el contenido de sal y retener la humedad en la zona de las raíces, especialmente en las primeras pulgadas del suelo. Esto permite el uso de más agua salada sin afectar el crecimiento de las plantas. Zhang *et al.* (2008) señalan que en suelos desnudos la mayor acumulación de sales ocurre en la superficie del suelo, debido a efectos de concentración evaporativa.

Para Zribi *et al.* (2011), los efectos del acolchado se pueden dividir en positivos y negativos. Los primeros ayudan a conserva el agua en el suelo y

previene y limita la evaporación de las superficies. El agua ahorrada puede ser utilizada por las plantas, que se benefician de un suministro de agua constante y regular; también reduce las fluctuaciones de temperatura de la superficie. El mantillo de plástico y geotextil actúa como un filtro de doble efecto, reteniendo el calor durante el día y liberándolo durante la noche, reduciendo el riesgo de heladas a medida que bajan las temperaturas. El mantillo orgánico mantiene fresca la temperatura del suelo, lo que limita el calentamiento del suelo durante los meses más cálidos. Es un reductor de aumentos en la salinidad del suelo y la concentración de sodio causados por las concentraciones evaporativas de agua y sales en la superficie del suelo; reduce el escurrimiento superficial y la erosión del suelo. Protege la estructura del suelo y aumenta la porosidad y la densidad de las raíces de las plantas, lo que resulta en una mejor absorción de agua y nutrientes y un mayor rendimiento.

Sumado a lo anterior, promueve la descomposición del mantillo orgánico. Agrega materia orgánica al suelo y restablece el equilibrio biológico, físico, químico y ecológico del suelo. Los residuos de cultivos de muy bajo costo proporcionan una cobertura biodegradable a nivel local. Mejora la maduración temprana y, en algunos casos, la calidad del cultivo, y genera mayores beneficios económicos.

Por otra parte, de acuerdo con Zribi *et al.* (2011), los aspectos negativos son los costos de adquisición, instalación, transporte, maquinaria especializada y mano de obra; los problemas ambientales causados por residuos plásticos no biodegradables; el uso de mantillos orgánicos como paja, corteza y aserrín presenta un riesgo de incendio; el potencial de infestación de roedores y, en el caso de mantillo plástico, plagas. Los plásticos pueden provocar cambios térmicos negativos en el suelo para las plantas. El plástico evita que el agua de lluvia penetre en la zona de las raíces y limita la lixiviación de sal. El mantillo orgánico puede introducir semillas de malezas en el suelo.

Permacultura

La *permacultura* es un enfoque que surgió en los años setenta como una respuesta contracultural al desperdicio e impacto de los recursos naturales,

con el objetivo de lograr la máxima reducción energética. Se basa en la idea de una reducción gradual del consumo de recursos y energía, asumiendo que esta reducción es inevitable. Además, propone la disminución del número de personas como parte de su propuesta (Bodin *et al.*, 2017).

La propuesta de la permacultura se fundamenta en un espíritu de respeto por la naturaleza y busca proporcionar abundancia de alimentos, fibra y energía para satisfacer las necesidades locales, imitando patrones y relaciones naturales a través del Diseño Consciente de Paisajes (Holmgren, 2007). Esta propuesta se ve respaldada por los acontecimientos catastróficos ambientales que han ocurrido en el pasado y que continúan en el presente y futuro, como la pérdida de diversidad biológica, el aumento de la contaminación del agua y la atmósfera, el cambio climático, la degradación de los suelos, entre otros (Bodin *et al.*, 2017).

Estos problemas ambientales globales requieren la participación real de toda la comunidad mundial, especialmente de los países industrializados, para generar conciencia y llevar a cabo acciones prácticas que mitiguen y solucionen la crisis ambiental. El cuidado del ambiente se ha convertido en una prioridad en el siglo XXI en diversos ámbitos, como lo económico, lo político, lo jurídico y lo cultural, ya que está en juego la existencia humana y la preservación de la especie (Bodin *et al.*, 2017).

La cultura dominante del consumismo es criticada por la permacultura, ya que promueve medidas económicas disfuncionales de progreso y bienestar que son impulsadas por las élites políticas, económicas y sociales a nivel local y global (Pozas, 2016). Estas élites se resisten a perder influencia y poder ante la adopción de una mayor autosuficiencia y autonomía locales, que son fundamentales en el enfoque de la permacultura.

La permacultura surge como una contracultura al desperdicio e impacto de los recursos naturales, proponiendo la reducción energética y la disminución del consumo de recursos. Se basa en el respeto por la naturaleza y busca proporcionar abundancia de alimentos, fibra y energía a nivel local. Esta propuesta se respalda en los problemas ambientales globales y requiere la participación real de la comunidad mundial. Además, critica la cultura dominante del consumismo promovida por las élites políticas, económicas y sociales.

Holmgren (2007) propone siete dominios de acción mediante lo que se ha llamado la flor de la permacultura:

a) En el ámbito del manejo de la tierra y la naturaleza, se abarcan diversas prácticas como la agroforestería, el manejo de bosques, huertos, acuacultura, el manejo integrado de plagas, los bancos de semillas, la conservación, la regeneración y el manejo sostenible de espacios silvestres, así como la agricultura orgánica y biodinámica.

b) En relación a los ambientes construidos, se promueve la construcción utilizando materiales naturales y locales, así como la autoconstrucción y técnicas de eco-construcción como la paca de paja, el adobe, la paja-arcilla y la climatización natural.

c) En cuanto a las herramientas y tecnología, se fomenta el uso de sanitarios secos, composteros y energías renovables como la solar, eólica, maremotriz, geotérmica y microhidroeléctrica. También se promueven las ecotecnias, tecnologías apropiadas, la reutilización, el reciclaje y el diseño de sistemas ahorradores.

d) En el ámbito de la educación y cultura, se enfatiza la importancia de la educación ambiental, la implementación de hortalizas escolares, el desarrollo de un espíritu de arraigo, la investigación acción participativa y la educación para la paz.

e) En relación al bienestar físico y espiritual, se promueven prácticas como el parto en casa, la muerte digna, el yoga, las disciplinas del cuerpo-mente-espíritu, la medicina alternativa y complementaria.

f) En el ámbito de la economía y finanzas, se fomentan sistemas locales de ahorro y préstamo, inversiones éticas, la relocalización del comercio e intercambio, el mercado de trueque y el voluntariado.

g) En cuanto a la tenencia de la tierra y el gobierno comunitario, se promueven la creación de cooperativas de producción y consumo, eco-aldeas, comunidades sustentables, así como procesos participativos de toma de decisiones y resolución de conflictos.

Todos estos aspectos de la permacultura abarcan diversas áreas de acción que van desde el manejo de la tierra y la naturaleza, la construcción de ambientes sostenibles, el uso de herramientas y tecnología adecuada, la promo-

ción de la educación y cultura ambiental, el bienestar físico y espiritual, la economía y finanzas éticas, hasta la tenencia de la tierra y el gobierno comunitario. Estas áreas de acción se complementan entre sí y buscan promover un estilo de vida sostenible y en armonía con la naturaleza.

Acompañando estos preceptos se suman los siguientes principios de permacultura:

PRINCIPIO 1. Observar e interactuar. "La belleza está en los ojos de quien la percibe."

PRINCIPIO 2. Captar y almacenar energía. "Recoge heno mientras brilla el sol".

PRINCIPIO 3. Obtener rentabilidad. "No se puede trabajar con el estómago vacío".

PRINCIPIO 4. Aplicar la autorregulación y estar abierto a la retroalimentación. "Las acciones de los padres influyen en los hijos hasta la séptima generación".

PRINCIPIO 5. Utilizar y evaluar servicios y recursos renovables. "Dejar que la naturaleza siga su curso"

PRINCIPIO 6. Evitar producir residuos. "Al evitar la generación de residuos, se evitan cuellos de botella. Más vale prevenir que curar."

PRINCIPIO 7. Diseño desde el patrón hasta el detalle. "No se puede ver el bosque sin los árboles."

PRINCIPIO 8. Integrar en lugar de separar. "Más manos hacen el trabajo más fácil".

PRINCIPIO 9. Utilice soluciones pequeñas y lentas. "Cuanto más grande sea, más fuerte caerá. Lento y constante gana la carrera.

PRINCIPIO 10. Utilizar y respetar la biodiversidad. "No pongas todos los huevos en la misma canasta"

PRINCIPIO 11. Utiliza los bordes y evalúa los bordes. "No asumas que estás en el camino correcto sólo porque hay demasiados pasos".

PRINCIPIO 12. Acepta el cambio y responde creativamente a él. "Visión no significa ver las cosas como son, sino como serán."

Aún después de casi medio siglo, los 12 principios de la permacultura de Bill Mollison y David Holmgren entran en vigor en el año 2021 y nos presentan los siguientes desafíos: enriquecer nuestra cultura y educación, de una manera que sea sostenible para nuestra calidad de vida ahora y en el futuro (Reigeluth, 2016).

La educación juega un papel fundamental en la promoción de la sostenibilidad y la calidad de vida. Se ha destacado la importancia de incorporar la educación para el desarrollo sostenible en la formación inicial de los docentes, proporcionándoles las competencias profesionales necesarias (Dahl, 2019). Esto implica que la educación debe centrarse en el aprendizaje más que en una organización basada en el tiempo, y debe adaptarse a las necesidades individuales de los estudiantes (Reigeluth, 2016).

Además, es esencial promover una cultura arraigada y conciencia ambiental en la sociedad. Esto implica fomentar la educación ambiental y la participación activa de los estudiantes en la producción de alimentos a través de huertos escolares (Dahl, 2019). También se destaca la importancia de la investigación acción participativa, que involucra a los estudiantes en la identificación y resolución de problemas ambientales en su comunidad (Reigeluth, 2016).

La permacultura también abarca el bienestar físico y espiritual. Se promueven prácticas como el parto en casa, la muerte digna, el yoga y las disciplinas del cuerpo-mente-espíritu. Estas prácticas buscan promover una mayor conexión con nuestro cuerpo y nuestra espiritualidad, lo que contribuye a una mayor calidad de vida. En el ámbito económico, se promueven sistemas locales de ahorro y préstamo, inversiones éticas y la relocalización del comercio e intercambio. Estas prácticas buscan fomentar una economía más justa y sostenible, que tenga en cuenta el impacto ambiental y social de las actividades económicas. En cuanto al manejo de la tierra y la naturaleza, la permacultura propone prácticas como la agroforestería, el manejo de bosques, huertos y acuacultura, así como la conservación y regeneración de espacios silvestres (Reigeluth, 2016).

Estas prácticas buscan utilizar, de manera sostenible, los recursos naturales y promover la biodiversidad. En resumen, la implementación de los principios de la permacultura nos plantea desafíos en diferentes ámbitos. Estos desafíos incluyen enriquecer nuestra cultura y educación de manera sosteni-

ble, promover el bienestar físico y espiritual, fomentar una economía justa y sostenible, y manejar la tierra y la naturaleza de manera sostenible. Estos desafíos requieren de la participación activa de la sociedad en su conjunto, así como de cambios en nuestras prácticas y formas de vida.

V. Agroecología y sustentabilidad: una convergencia para el desarrollo

El desarrollo capitalista dependiente y subordinado en México ha tenido consecuencias significativas desde el punto de vista ambiental, antropológico, social, económico, político y ético. En términos ambientales, se ha observado una creciente degradación y destrucción del medio natural de México. Esto se manifiesta en la transformación y, en algunos casos, la destrucción de espacios naturales, la ocupación creciente de suelos productivos, la degradación paisajística, el aumento del consumo energético y de otros recursos naturales, y el incremento de la producción de residuos (Reyna y Reparaz, 2014).

Desde el punto de vista antropológico, social, económico, político y ético, el desarrollo capitalista dependiente y subordinado ha generado una crisis de conciencia frente a diversas crisis que afectan a la sociedad mexicana. Estas crisis incluyen la crisis agraria, alimentaria, industrial, energética, económico-financiera y urbana. Estas crisis se manifiestan en la pobreza, marginación, desempleo y endeudamiento externo que afecta a la mayoría de las poblaciones mexicanas. Además, se ha observado una concentración de la riqueza nacional en pocas manos, así como el despilfarro de recursos naturales y humanos en los extremos de la estructura clasista de la sociedad mexicana (Reyna y Reparaz, 2014).

En el contexto global, uno de los problemas ambientales más ambivalentes y complejos a los que se enfrenta la humanidad en el nuevo siglo es la proliferación de lo urbano, tecnológico e industrial. Este fenómeno tiene ramificaciones en lo económico, social, político, ambiental y cultural. Por

un lado, se observan consecuencias ambientales evidentes como la transformación y destrucción de espacios naturales, la ocupación de suelos productivos, la degradación paisajística, el aumento del consumo energético y de otros recursos naturales, y el incremento de la producción de residuos. Por otro lado, surgen problemas sociales como la exclusión, la ruptura de los tejidos sociales y la progresión de los mecanismos represivos de control social.

Según el modelo de desarrollo lineal y "productivista" imperante hasta hoy, las ciudades funcionan como consumidoras de recursos provenientes del medio natural y depositan en él los desechos que se producen en su interior. Esto ha llevado al agotamiento de recursos y a la contaminación ambiental, caracterizando la crisis actual del mundo. Las necesidades del ecosistema urbano sobrepasan las posibilidades de su territorio de influencia para reproducir los recursos y reciclar los desechos, lo que se conoce como capacidad de carga. Por lo tanto, es necesario reconocer que las ciudades forman parte del medio ambiente construido y creado por el hombre, y que interactúan con el medio ambiente natural. Para lograr un desarrollo sostenible, es necesario adoptar patrones de desarrollo y estilos de vida que permitan satisfacer las necesidades de las generaciones actuales, sin comprometer la posibilidad de que las próximas generaciones también puedan satisfacer las suyas.

Este desarrollo capitalista dependiente y subordinado en México ha llevado a una creciente degradación y destrucción del medio natural, así como a una crisis de conciencia frente a diversas crisis sociales, económicas y políticas. A nivel global, la proliferación de lo urbano, tecnológico e industrial ha generado problemas ambientales y sociales complejos. Es necesario adoptar patrones de desarrollo sostenible que permitan satisfacer las necesidades actuales sin comprometer las de las futuras generaciones.

En el proceso de industrialización-urbanización actual, surge la pregunta de si es posible lograr un desarrollo sustentable. Las propuestas de desarrollo neoliberales han conceptualizado los problemas ambientales en términos de contaminación y escasez de recursos naturales, y han desarrollado estrategias para incorporar fenómenos ambientales en el proceso de desarrollo (Sousa y Uceda-Maza, 2017). Sin embargo, la gestión del desarrollo requiere estrategias integrales que consideren la sociedad en su conjunto y tomen decisiones integradas en áreas temáticas clave (Chant, 1997).

Es importante considerar la integración de las áreas metropolitanas en sus contextos regionales para diseñar modelos sostenibles (Chant, 1997). Además, la relación entre la sociedad y el medio ambiente va más allá de las cuestiones físicas y naturales, y afecta a todos los sistemas y grupos sociales por igual. Para lograr un desarrollo sostenible, es necesario un enfoque multidimensional que se enfoque en la preservación de la vida en todas sus manifestaciones (Tiana *et al.,* 2017).

En el contexto de la agricultura, la agroecología juega un papel importante en el desarrollo humano al buscar una distribución justa y equitativa de los costos y beneficios asociados a la producción agrícola. La agricultura sostenible se centra en la gestión y conservación de los recursos naturales, así como en los aspectos técnicos e institucionales que aseguran la satisfacción continua de las necesidades humanas (Cruz-Cárdenas *et al.,* 2021). La seguridad alimentaria también es un aspecto importante en el desarrollo sostenible, y se aborda a través de la disponibilidad, acceso y uso de los alimentos, así como la estabilidad de la oferta (Urquía-Fernández, 2013).

Para lograr un desarrollo sostenible, es necesario fortalecer los colectivos campesinos y promover proyectos de territorios sostenibles en las comunidades rurales (Marcelino-Aranda *et al.,* 2017). Además, es importante considerar la relación entre la urbanización y los cambios ambientales, y desarrollar estrategias de planificación y desarrollo territorial que aborden los desafíos ecológicos, culturales y económicos (Solinís *et al.,* 2020; Lwasa, 2014). La adopción de prácticas agrícolas sostenibles también juega un papel clave en el desarrollo sostenible, y se ve influenciada por factores socioeconómicos y psicosociales (Waseem *et al.,* 2020).

Este desarrollo sustentable debe frenar el proceso de industrialización-urbanización actual que, entre otras cosas, es posible, pero requiere estrategias integrales que consideren los aspectos ambientales, sociales y económicos. Es necesario incorporar fenómenos ambientales en el proceso de desarrollo y promover la integración de las áreas metropolitanas en sus contextos regionales. Además, la relación entre la sociedad y el medio ambiente debe abordarse de manera multidimensional, y se deben adoptar prácticas agrícolas sostenibles y fortalecer los colectivos campesinos. Todo esto requiere una planificación exhaustiva y un enfoque interdisciplinario (Sousa y Maza, 2017; Chant, 1997; Tiana *et al.,* 2017; Cruz-

Cárdenas *et al.*, 2021; Marcelino-Aranda *et al.*, 2017; Lwasa, 2014; Waseem *et al.*, 2020).

Relaciones dialécticas

El desarrollo de la sociedad se caracteriza por un aumento constante de las capacidades cognitivas humanas y de la capacidad de influir en la naturaleza. Sin embargo, este poder se enfrenta a una cadena dinámica de fenómenos y circunstancias que gradualmente se revelan y plantean nuevas exigencias a sus acciones y medios, así como a su forma de captar y conceptualizar la realidad. Un acervo "lineal" de conocimientos formado por innumerables disciplinas paralelas ya no puede alcanzar objetivos científicos o prácticos. Los procesos de desarrollo esenciales implican complementariedades y transformaciones que tienen lugar en un universo interdependiente (Navarro-Cabrera, 2022).

La historia de la humanidad ha sido una búsqueda constante de herramientas y métodos para establecer una relación con la naturaleza, que hemos utilizado y adaptado a nuestras necesidades durante este proceso histórico. Este cambio permanente en la naturaleza también afecta a las personas, provocando cambios en sus condiciones de vida y en sus relaciones con otros humanos. En este proceso dialéctico de influencia mutua, la relación entre los humanos y la naturaleza no ocurre en abstracto, sino entre los humanos como grupo social; parte de un sistema social específico en un entorno específico. Por tanto, la relación entre los seres humanos y la naturaleza y los cambios resultantes son fenómenos sociales (Navarro-Cabrera, 2022).

No existe, por lo tanto, una escisión entre sociedad y naturaleza o, mejor dicho, entre sistema social y sistema natural, debiendo éstos ser concebidos como partes de un todo, como dos subsistemas interrelacionados, integrados a un sistema mayor. La naturaleza sólo tiene sentido en cuanto está relacionada con una acción práctica eminentemente humana (la naturaleza, tomada en forma abstracta, por sí, fijada en la separación del hombre, no es nada por el hombre). Por lo tanto, la relación del hombre y el medio ambiente debe fundamentalmente concebirse como un fenómeno social (Navarro-Cabrera, 2022).

El desarrollo de la sociedad implica un aumento de las capacidades cognitivas humanas y de la capacidad de influir en la naturaleza. Sin embargo, este poder se enfrenta a fenómenos y circunstancias que plantean nuevas exigencias. La relación entre los seres humanos y la naturaleza es un fenómeno social y no hay una escisión entre sociedad y naturaleza. Ambos deben concebirse como partes interrelacionadas de un todo.

El ser humano, aunque forma parte de la naturaleza, se enfrenta a ella con una actitud de transformación y apropiación. De ello se derivan dos elementos importantes para explicar el impacto del desarrollo de la sociedad en el medio ambiente: su actitud utilitaria y su enfoque parcial y selectivo de los fenómenos naturales (Martin, 2015). Esta dominación no debe entenderse como una actitud expoliadora o depredadora de la naturaleza. No se trata de una explotación indiscriminada, sino de un manejo adecuado del sistema natural con el objetivo de satisfacer las necesidades humanas. Engels (1972), señala que la relación entre los seres humanos y la naturaleza no es de conquista, sino de pertenencia y comprensión de las leyes naturales.

A lo largo de la historia, la acción del ser humano sobre los procesos naturales se ha materializado en lo que podría llamarse un entorno construido, que se superpone al entorno natural. El proceso social e histórico se lleva a cabo en un lugar determinado, en un espacio que existe antes de la vida humana y cualquier sociedad. Este espacio es el entorno físico, natural o, en su sentido más común, el medio ambiente. Con el transcurso de la historia, se crea otro espacio que está principalmente determinado por las relaciones humanas y su forma de organización social (Valera, 2019). Ambos están tan estrechamente relacionados que es imposible diferenciarlos sin un análisis profundo del contexto y la realidad.

Marx y Engels entienden el desarrollo humano como un proceso de cambio en la formación social a través del desarrollo de las fuerzas productivas (Lange, 1966). Las fuerzas productivas reales y las fuerzas productivas humanas se forman y modelan en estrecha interdependencia. Las personas crean los medios de producción y los métodos técnicos que permiten utilizarlos, al mismo tiempo que modelan el proceso de producción y las capacidades humanas en el uso de los medios de producción. Las fuerzas productivas son una expresión de la relación entre el ser humano y el mundo material que lo rodea, y también reflejan el carácter positivo de esta relación (Arias, 2017).

El desarrollo de las fuerzas productivas cambia la relación entre los seres humanos y la naturaleza, lo que a su vez cambia el proceso de interacción entre la sociedad y la naturaleza. El cambio dentro de una formación social surge de la superación de contradicciones internas que adaptan la sociedad a nuevas circunstancias. En este sentido, la relación entre el ser humano y la naturaleza se expresa como una interacción dialéctica (Arias, 2017).

Esta relación entre el ser humano y la naturaleza se caracteriza por una actitud de transformación y apropiación. El ser humano utiliza la naturaleza para satisfacer sus necesidades, pero no de manera indiscriminada, sino con un manejo adecuado del sistema natural. A lo largo de la historia, se ha desarrollado un entorno construido que se superpone al entorno natural. El desarrollo de las fuerzas productivas cambia la relación entre los seres humanos y la naturaleza, lo que a su vez cambia el proceso de interacción entre la sociedad y la naturaleza. Esta relación se entiende como una interacción dialéctica en la que el ser humano y la naturaleza se influyen mutuamente.

El trabajo es, por lo tanto, un proceso material en el que la acción humana se reintegra y se integra con las funciones de la naturaleza. Es una relación dinámica de constante intercambio e interacción. Tanto la sociedad como la naturaleza cambian y reaccionan comunicando esos cambios. Los seres humanos crean un intercambio de materiales con la naturaleza, utilizando sus capacidades físicas, su fuerza, habilidad, intelecto e imaginación con herramientas y máquinas, y transformando la materia en objetos que satisfacen sus necesidades cambiantes, según Godelier (1969).

A su vez, esta naturaleza transformada afecta a las personas y crea nuevos entornos que generan nuevas situaciones. La acción y la forma de proceder dependen de las directrices del grupo social que realiza la acción, y el entorno natural impone sus condiciones y posibilita determinadas intervenciones. Sin embargo, el proceso de trabajo, entendido en sus elementos simples, como momento clave de articulación de la sociedad y la naturaleza, es característico de todo tipo de organización de las sociedades humanas. Esta es una actividad dirigida hacia el objetivo de producir valor (Murillo *et al.*, 2021).

El uso y la apropiación de la naturaleza para satisfacer las necesidades humanas son parte del metabolismo entre los seres humanos y la naturaleza, un estado natural eterno que es común a todas las formas de sociedad.

La satisfacción de las necesidades humanas, junto con otras implicaciones relacionadas con el control del medio ambiente, las luchas de poder y la búsqueda de conocimiento, ha justificado el nivel actual de desarrollo y el camino para alcanzarlo (Murillo *et al.*, 2021). La ciudad surge como resultado y símbolo de este proceso, en el que los seres humanos no sólo ocupan el territorio circundante, sino que también expanden su propio territorio y transforman el entorno para proporcionar los insumos necesarios para su propia expansión (Marx, 1988).

La urbanización también conlleva cambios ecológicos (Murillo *et al.*, 2021). El trabajo es un proceso en el que la acción humana se integra con las funciones de la naturaleza. Existe una constante interacción e intercambio entre la sociedad y la naturaleza. El proceso de trabajo es característico de todas las sociedades humanas y tiene como objetivo la producción de valor. La satisfacción de las necesidades humanas y el control del medio ambiente son parte de este proceso. La urbanización también tiene un impacto en el entorno natural (Rees 1996 y Wackernagel, 1997 y Vitousek *et al.*,1997).

Sostenibilidad y desarrollo

Las limitaciones que los recursos naturales imponen a la actividad económica fueron la base de la literatura de los años 1960 y 1970 sobre los "límites al crecimiento" (Reinales y Osorio, 2018). Boulding (1978) habla de una inminente economía de "nave espacial Tierra", señalando que el crecimiento ilimitado es imposible en un planeta con recursos finitos y no renovables. En el futuro, la felicidad ya no se basará en un mayor consumo material.

El Informe Meadows del Club de Roma (Meadows *et al.*, 1972) proporciona las señales de advertencia más claras sobre la sostenibilidad del modelo de desarrollo. El rápido aumento del consumo de recursos naturales y energéticos no es sostenible a medio y largo plazo, y es necesario elegir modelos de desarrollo que permitan no sólo la conservación y remediación del medio ambiente, sino también la mejora del bienestar y calidad de vida (Reinales y Osorio, 2018).

Según Castro (2002), hasta hace poco la ortodoxia económica no preveía que los objetivos ambientales se incluyeran en la lista de objetivos macroeconómicos. Este desarrollo se debió a una serie de acontecimientos que motivaron la transición de la lógica mecanicista dominante al neoclasicismo (la crisis energética de los años 1970, el desastre nuclear, el aumento de la desigualdad entre los países del Primer y Tercer Mundo) (Reinales y Osorio, 2018). En este modelo (Georgescu-Roegen, 1971), la "falacia de la sustitución infinita" apoyó el crecimiento ilimitado en los años 1960 y ha llevado al pensamiento actual que constituye la economía del desarrollo sostenible.

Passet (1996), Constanza (1999) y Castro (2002) definen el *desarrollo* como "crecimiento multidimensional en complejidad". El bienestar humano se puede lograr aumentando el uso de materiales/energía en la producción (crecimiento) o utilizando los recursos de manera más eficiente (explotación). Hay límites claros al crecimiento, pero no los hay al desarrollo. El crecimiento se refiere a la expansión cuantitativa de los aspectos físicos de un sistema económico. Por el contrario, el desarrollo se refiere a cambios cualitativos en un sistema económico que no está creciendo físicamente y está en equilibrio dinámico con el medio ambiente (Reinales y Osorio, 2018). Comprender que la agroecología moderna es un concepto holístico y sistemático respecto del desarrollo de la relación entre la sociedad humana y las comunidades de flora y fauna de cada ecosistema, con el objetivo de la producción agrícola según las leyes naturales.

Según Daly (1997): "Crecimiento significa un aumento natural de tamaño a medida que se agrega nueva materia a través de la asimilación o el crecimiento." Desarrollo es la expansión o expansión del potencial de algo; significa hacerse realidad. Gradualmente, conduce a un estado más completo, mayor y mejor. "Si bien el crecimiento es un aumento cuantitativo del tamaño físico, el desarrollo es una mejora cualitativa o explotación de oportunidades" (Reinales y Osorio, 2018).

El término sostenibilidad es complejo y tiene muchas definiciones diferentes. Lo cierto es que surgieron después de que se alcanzó claramente la capacidad de carga del ecosistema. Por lo tanto, el término ha estado presente en el discurso político y en los medios de comunicación durante décadas; ha sido objeto de diversas investigaciones académicas y se ha convertido en un campo popular (Reinales y Osorio, 2018). Lograr la sostenibilidad

en el manejo de los recursos naturales requiere esfuerzos interdisciplinarios, así como la participación estatal y la cooperación entre estados en varios niveles (Sánchez, 2019). De manera similar, el concepto de sostenibilidad es dinámico y cambia con el tiempo dependiendo de la escala espacial, las preocupaciones de la época, el nivel de tecnología y nuestro conocimiento de cómo funcionan los ecosistemas (Dixon y Fallon, 1989).

Según Rodríguez y Govea (2007), la sostenibilidad no es una cuestión ecológica, social o económica, sino una combinación de estas tres. La necesidad de este proceso de transformación surge del mal uso de los recursos por parte de los humanos provocado por los cambios sociales globales debido al crecimiento demográfico, el crecimiento económico, el progreso tecnológico y la pobreza (Jiménez-Herrero, 1989).

Para Allen (1996), la sostenibilidad se extiende no sólo en el tiempo sino también a nivel mundial, y es importante considerar el bienestar de todas las personas y criaturas de la biosfera, no sólo de las generaciones futuras. Allen (1996) sostienen que la agricultura sostenible debería abarcar todo el sistema alimentario y agrícola, no sólo el proceso de producción. Además, estos autores señalan que categorías como clase, género y raza deben considerarse en las discusiones sobre el significado y el impacto de la agricultura sostenible.

Como se ha visto, en la literatura de los años 1960 y 1970 sobre los "límites al crecimiento" y la economía de "nave espacial Tierra", destacan las limitaciones que los recursos naturales imponen a la actividad económica (Reinales y Osorio, 2018). El Informe Meadows del Club de Roma advierte sobre la insostenibilidad del modelo de desarrollo basado en el rápido aumento del consumo de recursos naturales y energéticos. El desarrollo sostenible se define como un crecimiento multidimensional en complejidad que busca mejorar el bienestar humano y la calidad de vida, utilizando los recursos de manera más eficiente. La sostenibilidad es una combinación de aspectos ecológicos, sociales y económicos, y requiere esfuerzos interdisciplinarios y cooperación entre estados. Además, la agricultura sostenible debe abarcar todo el sistema alimentario y agrícola, considerando categorías como clase, género y raza (Meadows *et al.*, 1972).

Los esfuerzos de sostenibilidad presentan complejidad en términos de su multidimensionalidad, las escalas temporales y espaciales que deben cu-

brirse y la necesidad de enfoques interdisciplinarios. La sostenibilidad se basa en el reconocimiento de que es un fenómeno natural en el mundo, ya que los recursos son finitos y los límites biofísicos de la Tierra limitan el crecimiento económico (Ferraz, 2003). El mayor desafío en el ámbito de la sostenibilidad es cambiar el comportamiento de los consumidores, ya que la lógica del mercado no puede prevalecer sobre la lógica de las necesidades (Sainz-Rozas *et al.*, 2011).

Para alcanzar el desarrollo humano es necesario que la sostenibilidad sea económica, ambiental y social. Esto implica la existencia de condiciones territoriales, sociales y políticas que promuevan la conservación de los bienes naturales, eviten la destrucción de los mismos y garanticen la equidad en la distribución de los beneficios (Rodríguez y Govea, 2007). No puede haber desarrollo social cuando los bienes naturales se destruyen o se abandonan; cuando la riqueza en un sector se logra a expensas de la pobreza en otro; cuando un área se explota en beneficio de otra, o cuando algunos grupos de personas se benefician a expensas de otros. Además, no puede haber sostenibilidad en un mundo donde hay comunidades, países y regiones que no lo son. La sostenibilidad debe ser global, regional, local y personal, abarcando los ámbitos ecológico, territorial, económico, social y político (Sainz-Rozas *et al.*, 2011).

En el contexto de la agroecología, se identifican diferentes niveles de sentido y enfoques (Wezel *et al.*, 2009). En primer lugar, se reconoce que la agroecología puede ser entendida como una disciplina científica, un movimiento social y un conjunto de prácticas agrícolas. En segundo lugar, se identifican tres grandes tipos de usos del concepto de agroecología basados en una escala de enfoques a nivel parcelario, agroecosistema y sistema alimentario (Rodríguez y Govea, 2007).

La sustentabilidad de la agricultura se refiere a la capacidad de un agroecosistema para mantener su producción a lo largo del tiempo (Conway, 1994), superando las tensiones ecológicas y las presiones socioeconómicas. En este sentido, es importante considerar el manejo forestal como un eje de desarrollo en las comunidades rurales. El manejo forestal puede ser un patrimonio biológico, social y cultural que contribuya al desarrollo comunitario, siempre y cuando se realice de manera sostenible y se conserve el macizo forestal (Martin-Trujillo *et al.*, 2023).

La agricultura familiar también juega un papel importante en el desarrollo local y la sostenibilidad económico-ecológica. Los sistemas agroforestales establecidos por agricultores familiares en la Amazonía Oriental pueden generar ingresos adicionales y mejorar las condiciones de vida de las comunidades rurales. Estos sistemas agrícolas, basados en el uso diversificado de la tierra, pueden contribuir a la conservación del medio ambiente y a la consolidación económica de las comunidades (Santos y Mitja, 2012).

La construcción de ciudades y comunidades sostenibles es otro aspecto clave para la sostenibilidad. Esto implica integrar elementos biogeográficos, productivos y sociales para generar medios de vida sostenibles y mejorar la calidad de vida de las generaciones actuales y futuras (Salazar *et al.*, 2020). Es necesario adoptar enfoques interdisciplinarios que comprendan la relación sociedad-naturaleza de manera multidimensional y que integren los múltiples valores ambientales dentro de la matriz urbana (Wezel *et al.*, 2009).

En el contexto de la planificación territorial, es importante considerar la relación entre la infraestructura educativa y los servicios ecosistémicos urbanos. Los enfoques tradicionales de planificación suelen carecer de la información necesaria para integrar de manera adecuada la relación entre la infraestructura educativa y los servicios ecosistémicos urbanos. Por lo tanto, es necesario contar con enfoques interdisciplinarios que comprendan esta relación de manera integral (Mujica *et al.*, 2022).

En el caso de la Amazonía, es importante analizar los sistemas de uso de la tierra por parte de los pequeños propietarios y su sustentabilidad socioeconómica y ecológica. Estos sistemas agrícolas se enfrentan a desafíos como la sobreexplotación de los recursos naturales y la presión urbana, pero también pueden ser una alternativa para mantener la agricultura en la región y mejorar las condiciones de vida de las comunidades (Hurtienne, 2004). La gestión del paisaje como patrimonio cultural también es relevante para la sostenibilidad. Es necesario realizar análisis multicriterio del paisaje para evaluar su valor como patrimonio cultural y su influencia en el desarrollo sostenible de las ciudades. Esto implica considerar aspectos como la estructura económica, la calidad de vida, la cohesión social y la gestión de los recursos naturales (Ortega *et al.*, 2023).

El trabajo a desarrollar para alcanzar la sostenibilidad presenta desafíos en términos de su multidimensionalidad y las escalas temporales y espaciales

que deben abordarse (Rosa *et al.*, 2011). Es necesario adoptar enfoques interdisciplinarios y considerar aspectos como el cambio de comportamiento de los consumidores, la conservación de los bienes naturales, el desarrollo local, la agroecología, la construcción de ciudades sostenibles y la gestión del paisaje como patrimonio cultural (Rosa *et al.*, 2011; Rodríguez *et al.*, 2022; Trujillo *et al.*, 2023; Santos y Mitja, 2012; Salazar *et al.*, 2020; Mujica *et al.*, 2022; Hurtienne, 2004; Ortega *et al.*, 2023). Estos enfoques permitirán avanzar hacia la sostenibilidad económica, ambiental y social, y garantizar el desarrollo humano y el aumento del bienestar de la población (Conway (1994).

Agroecología y sustentabilidad

Una agricultura sustentable es aquella que, a largo plazo, promueve la calidad del medio ambiente y los recursos naturales sobre los cuales depende la agricultura; provee los alimentos y fibras necesarios para el ser humano; es económicamente viable y mejora la calidad de vida de los agricultores y la sociedad en su conjunto, según lo señala la American Society of Agronomy (1989).

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 1991) define la agricultura sustentable como el "manejo y la conservación de la base de los recursos naturales y la orientación del cambio tecnológico e institucional, de manera que se asegure la obtención y la satisfacción continua de las necesidades humanas para las generaciones presentes y futuras. Este desarrollo sostenible en la agricultura conduce a la conservación del suelo, el agua y los recursos genéticos de plantas y animales. Además, no sólo es perjudicial para el medio ambiente, sino también técnicamente sensato, económicamente racional y socialmente aceptable" (Masera, 2000).

En el contexto de la sostenibilidad, que se considera un proceso multidimensional, la agroecología se define como "un proceso destinado a apoyar la transición de los modelos actuales de desarrollo rural y agricultura convencional a estilos de desarrollo rural y agricultura sostenible" (Caporal y Costabeber, 2002); (Macías y Sevilla, 2021). Para Altieri (2002), la agricultura sustentable se refiere a la búsqueda de rendimientos duraderos, a largo

plazo, a través del uso de tecnologías de manejo ecológicamente adecuadas; lo que requiere la optimización del sistema como un todo y no sólo el rendimiento máximo de un producto específico (Masera 2000).

Según la Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria (2006), "La Agroecología solamente puede ser entendida en su plenitud cuando se relaciona directamente al concepto de sustentabilidad y justicia social. En ese sentido, la agroecología se concreta cuando, simultáneamente, cumple con los dictámenes de la sustentabilidad económica (potencial de renta y trabajo, acceso al mercado), ecológica (manutención o mejora de la calidad de los recursos naturales), social (inclusión de las poblaciones más pobres y seguridad alimentaria), cultural (respeto a las culturas tradicionales), política (movimiento organizado para el cambio) y ética (cambio dirigido a los valores morales transcendentes)".

La agroecología —que es considerada por algunos como una ciencia, práctica y movimiento social— corresponde a un nuevo paradigma del desarrollo rural que genera gran influencia en los territorios. Las prácticas agrícolas cuyo enfoque agroecológico es emprendido en territorios de montaña, aportan a su sustentabilidad; permiten generar redes de trabajo; llevan a fortalecer el empoderamiento de los campesinos, y son en suma mecanismos de adaptación eficaces ante el cambio climático (Acuña y Marchant, 2016).

La Nueva Revolución Verde implica una clara tendencia en promover una agricultura intensiva ecológica o sustentable, para hacer un uso eficiente de los insumos agrícolas sin deteriorar los agroecosistemas, lo que motiva la producción de alimentos con productos y tecnologías innovadoras. Para lograr mayor eficiencia en el uso de agroinsumos y el rendimiento de los cultivos, se requiere considerar que la absorción de nutrientes por las raíces se presenta en la zona de la rizósfera, lo que obliga a buscar nuevos productos que promuevan el crecimiento radicular y que se mantengan las condiciones óptimas para la absorción de agua y nutrientes para inducir mayor crecimiento vegetativo (Méndez-Argüello y Lira-Saldivar, 2019).

En México, se han impulsado parcelas de investigación en instalaciones universitarias, en las que se experimenta con diversas técnicas de cultivo agroecológico para producir alimentos de importancia regional, que protejan los recursos naturales, generen opciones económicas para los agricultores y permitan la reproducción de especies de importancia histórica

regional (Macías y Sevilla, 2021). Además, existen ejemplos de comunidades que practican la agroecología y contribuyen a la sustentabilidad ambiental y productiva, como las comunidades seleccionadas en Oaxaca que se dedican a la producción de agave mezcalero (Bautista y Smit, 2018). Estas prácticas agrícolas tradicionales campesinas contribuyen a la sustentabilidad ambiental y productiva (Bautista y Smit, 2018).

La nanotecnología también ha surgido como un avance tecnológico que puede transformar la agricultura, proporcionando herramientas para la detección rápida de enfermedades en los cultivos, así como mejorar la capacidad de las plantas para absorber los nutrientes y crecer con mayor velocidad. Con la nanotecnología se abren oportunidades en la agricultura para producir agroproductos como nanofertilizantes, nanopesticidas, nanoherbicidas y nanosensores, que permitirán incrementar el rendimiento de alimentos de manera sustentable y reduciendo el impacto ambiental (Saldivar *et al.*, 2018).

Sumado a todo lo anterior, la agricultura sustentable se refiere a un enfoque a largo plazo que promueve la calidad del medio ambiente y los recursos naturales; provee alimentos y fibras necesarios para el ser humano; es económicamente viable, y mejora la calidad de vida de los agricultores y la sociedad en su conjunto. La agroecología y la nanotecnología son dos enfoques que se están utilizando para lograr la sustentabilidad en la agricultura, promoviendo prácticas agrícolas ecológicamente adecuadas y desarrollando tecnologías innovadoras. Estos enfoques buscan optimizar el sistema agrícola en su conjunto, considerando aspectos económicos, sociales y ambientales, y adaptándose a las condiciones locales y a la diversidad de culturas y ecosistemas.

La agroecología es una disciplina que se puede analizar desde tres dimensiones, según Ottmann (2005) y Merola (2015). En primer lugar, está la dimensión técnico-productiva, que se centra en el diseño sustentable de los agroecosistemas. En esta dimensión, la ecología sirve como marco de referencia científico y se busca redefinir los fundamentos técnicos de la agronomía, la veterinaria y las ciencias forestales, en diálogo con el conocimiento tradicional campesino e indígena. En segundo lugar, desde el punto de vista socioeconómico, la agroecología tiene como objetivo reevaluar los recursos y el potencial de la región, así como restaurar el desarrollo endógeno.

Se busca construir alternativas a la globalización de la economía agrícola y alimentaria a través de procesos participativos y redes críticas e iniciativas de investigación aplicada (Guzmán, 2000).

Por último, las ciencias sociopolíticas también juegan un papel importante en la agroecología al apoyar procesos participativos desde redes críticas e iniciativas de investigación aplicada. Se busca articular regionalmente la oposición al neoliberalismo y la globalización económica capitalista para lograr la transición agroecológica (Toledo, 1996). Estas tres dimensiones de la agroecología se complementan en cinco niveles regionales, según Guzmán *et al.* (2000). En el nivel comunitario local, se promueven los mercados alternativos y se diseñan e implementan estrategias endógenas. En el nivel comunitario, se busca articular regionalmente la oposición al neoliberalismo y la globalización económica capitalista para lograr la transición agroecológica. Y a nivel nacional, se busca apoyar la transición agroecológica a través de iniciativas de investigación aplicada y redes críticas (Wezel *et al.*, 2018).

Además, Altieri (1991) sostiene que la agroecología también tiene un enfoque medioambiental. Su objetivo es contribuir con los recursos endógenos y la agricultura para el desarrollo rural, sin sacrificar los avances científicos y tecnológicos. La sostenibilidad ecológica es el principal objetivo de la agroecología, que busca promover la diversidad de cultivos y animales, la cobertura del suelo, la materia orgánica, la baja incidencia de plagas y enfermedades, y niveles óptimos de temperatura y humedad en todo el sistema agrícola y alimentario (Wezel *et al.*, 2018).

Para lograr estos objetivos, es necesario manejar los agroecosistemas según principios y estándares agroecológicos. Esto implica repoblar las zonas rurales y mantenerlas vibrantes y diversas. Se utilizan métodos de investigación y acción participativa para promover la transición agroecológica (Wezel *et al.*, 2018). Toledo (1996) destaca la importancia de las implicaciones sociales, políticas y prácticas de los conceptos ecológicos en la agroecología. La agroecología busca abarcar tres áreas indivisibles en sus actividades científicas: naturaleza, producción y cultura. Se critican los enfoques tradicionales que perpetúan la separación entre la cultura y la producción, y se rechaza la idea de que el mundo industrial urbano es superior al mundo rural. La agroecología reconoce el conocimiento indígena de los ecosistemas y busca comprender las interrelaciones entre los organismos y sus entornos.

Los nativos americanos han desarrollado prácticas agrícolas adaptadas a las peores condiciones ambientales, lo que demuestra la capacidad de la agroecología para enfrentar desafíos ambientales (Knight, 1980). Estas prácticas se basan en la continuidad, diversidad, uso óptimo del tiempo y el espacio, manejo de recursos, reciclaje de nutrientes, protección del agua, suelo, selvas, bosques, montañas y herencia de cultivos. Estos sistemas agrícolas tradicionales son sostenibles en el tiempo y se basan en la solidaridad (Wezel *et al.,* 2018).

El conocimiento local del entorno físico también desempeña un papel importante en la agroecología. Los agricultores tradicionales utilizan calendarios lunares y otros indicadores basados en la fenología de la vegetación local para abordar el cambio climático y planificar sus cultivos. Este conocimiento local del entorno físico es amplio y se ha transmitido a lo largo de generaciones.

Esta agroecología es una disciplina que se puede analizar desde diferentes dimensiones, como la técnico-productiva, socioeconómica y sociopolítica. También tiene un enfoque medioambiental y busca promover la sostenibilidad ecológica en los sistemas agrícolas y alimentarios. La agroecología se basa en principios y estándares agroecológicos y busca integrar el conocimiento científico con el conocimiento tradicional campesino e indígena. Además, reconoce la importancia del conocimiento local del entorno físico y busca comprender las interrelaciones entre los organismos y sus entornos. La agroecología tiene como objetivo principal lograr la transición hacia sistemas agrícolas y alimentarios más sostenibles y resilientes.

Existe un acuerdo entre Toledo (1985), Altieri (1991), Odum (1996) y Gliessman (2001), en que el conjunto de conocimientos para la sostenibilidad se puede dividir en varias categorías. En primer lugar, se encuentra el medio físico, que incluye aspectos como las fuentes de agua y sus ciclos, el relieve, la topografía, el tipo de suelo, la precipitación, la humedad ambiental, la temperatura y el clima. En segundo lugar, se encuentra el sistema general de identificación de los seres vivos, que abarca la flora, la fauna, los bosques y los arbustos, así como los fenómenos naturales y la ubicación exacta de los recursos naturales y sus ciclos de producción. Por último, se encuentran las prácticas de conocimientos tradicionales, que se basan en el conocimiento etnobotánico de diferentes culturas, como las culturas tsertales, purépecha

y maya en México, que han permitido reconocer y utilizar una amplia variedad de especies de plantas.

Estos conocimientos tradicionales se basan en la experiencia adquirida a lo largo de los años y se transmiten de generación en generación. Se basan en un complejo sistema de clasificación etnobotánica y permiten asignar prácticas productivas específicas a cada paisaje, obteniendo así diferentes productos de las plantas a través de estrategias multipropósito. Al reactivar estos conocimientos y saberes ancestrales, la nueva agroecología transforma la perspectiva del desarrollo humano hacia la sostenibilidad, convirtiéndose en un paradigma que busca optimizar el sistema agrícola y alimentario en su conjunto.

Gliessman (2001) propone que la transición hacia agroecosistemas sostenibles implica al menos tres niveles básicos. En primer lugar, se busca mejorar la eficiencia de las prácticas tradicionales para reducir el uso de insumos externos nocivos para el medio ambiente. En segundo lugar, se busca la sustitución de insumos tradicionales por insumos alternativos. Y en tercer lugar, se busca el rediseño de los agroecosistemas con la incorporación de prácticas y principios agroecológicos, como la biodiversidad, que permiten mejorar la sostenibilidad y la resiliencia del sistema (Santos, 2017).

El enfoque agroecológico es más sensible a las complejidades de la agricultura local y abarca propiedades de la sustentabilidad, la seguridad alimentaria, la estabilidad biológica, la conservación de recursos y la equidad. Se reconoce que el proceso agrícola es un sistema integrado que involucra aspectos ambientales, económicos, sociales y culturales, y que el objetivo no es sólo aumentar la productividad de uno de los componentes, sino optimizar el sistema en su conjunto y mantener la sustentabilidad a lo largo del tiempo y el espacio (Altieri *et al.*, 2000).

Se puede decir que la agroecología se basa en un conjunto de conocimientos que abarcan desde el medio físico hasta las prácticas tradicionales. Estos conocimientos se basan en la experiencia adquirida a lo largo de los años y se transmiten de generación en generación. La agroecología busca optimizar el sistema agrícola y alimentario en su conjunto, teniendo en cuenta aspectos ambientales, económicos, sociales y culturales, y buscando la sostenibilidad a largo plazo. La incorporación de principios agroecológicos, como la biodiversidad, permite mejorar la sostenibilidad y la

resiliencia de los agroecosistemas. Así, la agroecología se presenta como una alternativa para lograr sistemas agrícolas y alimentarios más sostenibles y resilientes.

La agroecología es un sistema que aplica principios ecológicos para la producción agrícola. Se basa en varios principios fundamentales que incluyen el manejo orgánico del suelo, la diversificación de los sistemas agrícolas, la adaptación a las condiciones locales, la creación de sinergias entre los componentes de la biodiversidad, el balance del flujo de nutrientes y la conservación de la naturaleza y el restablecimiento de los equilibrios naturales (Gliessman, 1998).

El manejo orgánico del suelo es uno de los principios fundamentales de la agroecología; implica buscar mecanismos que permitan contar con un suelo rico en materia orgánica, con intensa actividad biótica y una buena estructura física y química (Altieri y Nicholls, 2021). Esto se logra a través del manejo de la materia orgánica, el incremento de la actividad biológica del suelo, el reciclaje de nutrientes y la conservación de la estructura física y química del suelo (Reinales y Osorio, 2018).

La diversificación de los sistemas agrícolas es otro principio clave de la agroecología. Esto implica el uso de cultivos combinados, agrosilvicultura y otros métodos de diversificación que imitan los procesos ecológicos naturales. Estos sistemas agrícolas diversificados optimizan el uso de la luz solar, los nutrientes del suelo y las precipitaciones, lo que contribuye a la sostenibilidad de los agroecosistemas (Nicholls y Altieri, 2019).

La adaptación a las condiciones locales es otro aspecto importante de la agroecología (Altieri, 1994). Esto implica utilizar variedades locales adaptadas al agroecosistema y aprovechar el conocimiento de los agricultores locales sobre las condiciones climáticas, las precipitaciones, la humedad, el suelo y las variedades de cultivos. La adaptación a las condiciones locales permite restablecer el equilibrio ecológico y nutricional de manera más eficaz y en menos tiempo (Condé *et al.*, 2022).

La creación de sinergias entre los componentes de la biodiversidad es otro principio fundamental de la agroecología. Esto implica mejorar las interacciones biológicas y promover importantes procesos y servicios ecológicos. Al aumentar las relaciones complejas entre los componentes de la agrobiodiversidad y abandonar el esquema lineal en las relaciones tróficas,

se favorece la redundancia de funciones y la ocurrencia de vías alternativas al flujo de nutrientes y energía (Borsatto y Carmo, 2013).

El balance del flujo de nutrientes es otro aspecto clave de la agroecología. Se logra reciclando la biomasa y optimizando la disponibilidad de nutrientes, a través del uso de subproductos generados en otros subsistemas agrícolas. Esto implica minimizar las pérdidas debidas a flujos de radiación solar, aire y agua mediante el manejo del microclima, la cosecha de agua y el manejo del suelo a través del aumento en la cobertura (Rivera-Núñez, 2020).

Por último, la conservación de la naturaleza y el restablecimiento de los equilibrios naturales son principios esenciales de la agroecología. Los agroecosistemas no son simplemente fábricas de producción de alimentos, sino conjuntos de elementos bióticos y abióticos que interactúan de manera dialéctica. Las perturbaciones o modificaciones en uno de sus componentes pueden impactar y modificar a los otros componentes. Por lo tanto, es importante considerar los agroecosistemas con una perspectiva holística y en armonía con las leyes naturales (Van der Ploeg, 2012).

La agroecología se basa en principios ecológicos que buscan promover la sostenibilidad y la armonía entre la producción agrícola y el medio ambiente. Estos principios incluyen el manejo orgánico del suelo, la diversificación de los sistemas agrícolas, la adaptación a las condiciones locales, la creación de sinergias entre los componentes de la biodiversidad, el balance del flujo de nutrientes y la conservación de la naturaleza y el restablecimiento de los equilibrios naturales. Estos principios son fundamentales para lograr una agricultura sostenible y resiliente en el contexto del cambio climático y la escasez de recursos naturales.

La agricultura sustentable tiene como objetivos la producción estable y eficiente de recursos productivos, la seguridad y autosuficiencia alimentaria, el uso de prácticas agroecológicas o tradicionales de manejo, la preservación de la cultura local y de la pequeña propiedad, la asistencia de los más pobres a través de un proceso de autogestión, un alto nivel de participación de la comunidad en decidir la dirección de su propio desarrollo agrícola, y la conservación y regeneración de los recursos naturales (Reinales y Osorio, 2018).

Para lograr estos objetivos, la agroecología se convierte en una herramienta clave en la agricultura sustentable. La agroecología es una visión multidimensional de los agroecosistemas que incorpora la genética, la eda-

fología y la agronomía, y busca comprender los niveles ecológicos y sociales de coevolución, estructura y función (Altieri, 1993).

La agroecología muestra el potencial de estructurar la biodiversidad para crear sinergismos positivos que permitan a los agroecosistemas mantenerse y retornar a un estado de estabilidad natural. La agricultura convencional, por otro lado, es considerada altamente degradadora del ambiente y la principal causa de la devastación de los bosques, la sobreexplotación de los suelos, la contaminación de los ríos, la contaminación de las aguas por agrotóxicos y el empobrecimiento de la biodiversidad (Lewandowski *et al.*, 1999).

La sostenibilidad es un concepto difícil de conceptualizar, pero su evaluación es necesaria para mejorar los sistemas de producción. La agricultura sostenible busca rendimientos sostenibles a largo plazo mediante el uso de técnicas de gestión ecológicamente racionales. Esto implica optimizar todo el sistema, no sólo el rendimiento máximo de un producto específico. La agroecología propone una gestión ecológica de los recursos naturales a través de enfoques holísticos y estrategias sistemáticas que permitan redirigir el cambio estableciendo la coevolución social y el control ecológico a través de la acción social colectiva participativa (Núñez, 2017).

La transición hacia agroecosistemas sostenibles implica al menos tres niveles básicos (Gliessman, 1998). En el primer nivel, se busca mejorar la eficiencia de las prácticas tradicionales para reducir el uso de insumos externos nocivos para el medio ambiente. En el segundo nivel, se busca la sustitución de insumos tradicionales por insumos alternativos. Y en el tercer nivel, se busca el rediseño de los agroecosistemas incorporando prácticas y principios agroecológicos y la biodiversidad dentro de ellos, con el objetivo de modificar la forma de la cadena causal de la lógica capitalista y lograr una convergencia entre sostenibilidad y agroecología (Giraldo y Rosset, 2021).

La agroecología desempeña un papel estratégico en el contexto de las nuevas vulnerabilidades de la humanidad y la vida en la Tierra. Reconoce el medio ambiente como base de la vida y del desarrollo, y reconoce a los humanos como parte integral de la naturaleza. La agroecología busca proteger la vida y los recursos naturales, restaurar lo que ha sido dañado por el hombre y promover una relación dialéctica e inseparable entre los humanos y la naturaleza (Atiencie *et al.*, 2020).

Por tanto, la agricultura sustentable busca alcanzar objetivos como la producción estable y eficiente de recursos productivos, la seguridad alimentaria, el uso de prácticas agroecológicas, la preservación de la cultura local y la conservación de los recursos naturales. La agroecología se convierte en una herramienta clave para lograr estos objetivos, ya que permite estructurar la biodiversidad para crear sinergismos positivos en los agroecosistemas. La agricultura convencional, por otro lado, es considerada altamente degradadora del ambiente. La sostenibilidad es un concepto importante en la agricultura sustentable y la agroecología juega un papel estratégico en el contexto actual de vulnerabilidades humanas y ambientales.

Se requieren nuevas medidas para sostener la vida e incluso aplicar métodos que han funcionado en culturas pasadas, porque de nada sirven los avances en ciencia y tecnología si no se priorizan métodos que preserven la vida y promuevan el bienestar de la humanidad.

Reflexiones finales

Como reflexión final, volvemos a lo expuesto por Nieto *et al.* (2012), se puede afirmar que:

> Los conocimientos agrícolas tradicionales son dinámicos y dependen de los factores ecológicos, geográficos, etnográficos, culturales, sociales, económicos y políticos de su entorno, creados, revitalizados, innovados, promovidos y transformados en conjunto. Este fue el caso de las combinaciones de cultivos, o el cultivo simultáneo de dos o más cultivos en la misma tierra, y sirvió como estrategia de supervivencia para los agricultores locales.

Este conocimiento de los modelos de producción agrícola es importante porque son las personas las que crean, abastecen adecuadamente, transmiten y satisfacen las necesidades biológicas, sociales, culturales, religiosas y económicas para la supervivencia de una sociedad holística, dinámica y multifuncional. Los actores tienen conocimiento sobre los recursos en cuatro dimensiones. Geografía, incluidos aspectos de topografía, pendiente y clima. Física de minerales, suelo, agua, etc. La ecogeografía se refiere a tipos de vegetación y microhábitats. y biológico, que sitúa plantas, animales, hongos y microorganismos. Pese a este conocimiento y al amparo de la Revolución verde, se impulsan paquetes tecnológicos basados en el uso intensivo de agroquímicos y sistemas de monocultivo, contrarios a la sustentabilidad del multicultivo indígena-campesino, representado por el sistema de cultivo tipo milpa.

El sistema milpero se centra en el maíz, acompañado de frijol, varias verduras entre ellas la calabaza y chile, así como de diversos quelites con un promedio de diez plantas comestibles asociadas que cubren las necesidades de la familia de un año. Un ejemplo de este sistema se observa en algunas partes del sureste de México, además de tener un sistema productivo tipo milpa, también asocian la fauna silvestre como: tejones, ardillas, mapaches, tuzas, chachalacas, pericos y serpientes. Su presencia es vital para la fisiología de la planta, y los campesinos-indígenas-productores consideran vital esta interacción. Un elemento importante en el sistema de milpa es la organización tradicional de la mano vuelta, propia de los grupos indígenas totonacos del Norte de Puebla, Veracruz y Tabasco, quienes dan un ejemplo de las relaciones de cohesión social e integración comunitaria. Su sincretismo también se evidencia en la decoración del altar, la bendición de la semilla y la celebración de la deidad del maíz y la Madre Tierra. Ritual, simbolismo y elementos sagrados en la relación hombre-naturaleza donde existen identidad y cultura.

Por lo tanto, el manejo del campo de maíz es importante, ya que está relacionado con el ciclo lunar. Cuando hay luna nueva, tu fuerza física es débil y no es buen momento para plantar. En la región Sierra Norte de Puebla se han registrado más de 70 plantas, entre especies herbáceas, arbustivas y arbóreas, cuyas hojas, tallos y en ocasiones inflorescencias inmaduras se consumen como vegetales. El conocimiento de los agricultores, productores indígenas y cultivadores es integrado, diverso y multifuncional, está relacionado con diferentes contextos históricos y, a menudo, predice el futuro del medio ambiente. Los agricultores, los pueblos indígenas y la agricultura en pequeña escala desempeñan un papel en los vínculos sociales y las contribuciones económicas, contribuyen a la sostenibilidad nacional y crean diversidad cultural. Esta cultura ha contribuido a la agricultura mundial, enriqueciendo diversos productos y conocimientos como el sistema de milpa, el cultivo sin labranza, el cultivo en laderas y los sistemas de riego. La sabiduría se refleja en la preservación colectiva de las semillas de maíz en la región de Totonacapán entre el pueblo totonaco de México. Los conocimientos tradicionales contribuyen a la agricultura mundial y están al nivel del conocimiento científico, por lo que es necesario fortalecer y proteger los conocimientos indígenas. Esto es posible si se logra un diálogo intercultural per-

manente y cambios en los sistemas económicos que prevalecen en el mundo actual.

La agricultura orgánica es una opción atractiva para los pequeños productores, dada la demanda futura de productos orgánicos y métodos de producción saludables. Ofrecen una perspectiva diferente sobre la producción de una variedad de cultivos que las familias pueden utilizar para mejorar sus dietas. Además, la agricultura orgánica permite que el suelo aumente aún más su capacidad para proteger la naturaleza y conservar el agua. El cambio a este tipo de agricultura permite a los productores utilizar recursos y conocimientos tradicionales y ancestrales locales (Bjørgum, 2010).

¿Pero qué hará falta para que la agroecología y la agricultura orgánica vuelvan a cobrar impulso? Partiendo de la visión y experiencia de los productores tradicionales de todo el mundo y de quienes la practicamos a pequeña y gran escala, es necesario que las políticas públicas que apoyen estos modelos de producción de alimentos se definan, establezcany actualicen. Son modelos limpios, éticos, respetuosos con el medio ambiente y social y económicamente sostenibles. Un programa que apoya a los destinos de cultivos con instalaciones de almacenamiento y sistemas de refrigeración. También procesamos, envasamos y etiquetamos alimentos. Llevamos a cabo estudios de mercado adecuados y, por supuesto, alcanzamos los altos estándares de calidad que se esperan de la producción orgánica. Sin embargo, esto requiere la disponibilidad de semillas orgánicas, materias primas, infraestructura, maquinaria, equipos y expertos para gestionar el proceso de producción, comercialización, canales de distribución, canales de consumo y financiamiento.

Este tipo de apoyo es necesario para promover la agricultura orgánica como modelo alternativo para producir alimentos frescos, saludables y seguros. A mediano y largo plazo, significa desarrollar comunidades en todo el mundo con recursos económicos bajos o muy bajos. Parte importante de la infraestructura sería un laboratorio de cultivo de tejidos para que las plántulas de cebolla, col, espinaca, acelga, coliflor, brócoli, jitomate, lechuga, chile, ejote, pepino, fresa se germinen como plántulas con la mejor calidad fitosanitaria, libres de patógenos, asegurando que desde la primera etapa la vida de las plantas no esté afectada de origen.

Otro aspecto de suma importancia es el control de calidad de los abonos de origen animal, ya que estos después de haberlos madurado apropiada-

mente, y antes de servir como abono de las plantas, los debemos de someter a un análisis microbiológico, así como del agua de riego y del propio suelo, asegurándonos de que no contengan *E. coli, Salmonella spp., Listeria monocytogenes, Norovirus, Shigella* y otros. Posteriormente, y después de haber sido producidas las verduras de hoja verde, será conveniente volver a repetir este análisis en ellas, así como el análisis bromatológico para conocer su calidad nutrimental y la determinación de residuos plaguicidas y metales pesados, asegurándonos que por el origen del suelo o por su actividad y manejo anterior sea posible cultivar hortalizas orgánicas.

En relación con la maquinaria que se debe emplear, es deseable usar un pequeño tractor con rastra, subsoleador, sembradoras y encamadoras. Esto facilita el trabajo en parcelas pequeñas e invernaderos, ya que preparar el suelo, los parterres, las zanjas y la introducción de fertilizantes es una tarea difícil para el cabeza de familia. El conocimiento del uso de equipos y pequeña maquinaria evita el agotamiento y hace más eficiente el trabajo de campo, haciendo esta actividad más atractiva para los agricultores, al tiempo que reduce la compactación del suelo.

La agricultura orgánica es un sistema de producción viable en casi todas las zonas climáticas de México. El país alberga cuatro de los cinco principales tipos de clima reconocidos mundialmente por la clasificación de Köppen: tropical, árido, templado y continental. Se excluyen los polares. La mayoría de los suelos también pueden considerarse para producción, siempre y cuando se tengan en cuenta las modificaciones necesarias para mejorar continuamente la calidad. Con un proceso de producción limpio y eficiente basado en conocimientos tradicionales y recursos locales, se espera que este modelo se vuelva aún más popular entre grandes y pequeños productores de todo el mundo.

La agricultura orgánica (AO) nace como un modelo alternativo al modelo convencional de agricultura que se preocupa por preservar el ambiente; se ha convertido en un modelo sustentable, holístico que integra todas las ciencias, particularmente las biológicas, pero también humanísticas y económicas; tiene la ventaja de contar con un marco de conocimientos sólidos, probado milenariamente a través de la experiencia ancestral de las culturas de todo el mundo y en nuestro continente, particularmente de Centro y Sudamérica. Cabe resaltar las valiosas aportaciones de más de 60 cul-

turas de México en la producción tradicional de sus cultivos asociados y policultivos o cultivos en relevo, así como de los cultivos en sustratos y cultivos de agua, caso de las chinampas en el centro de la República Mexicana, o el tradicional sistema de milpa en el sureste de México compuesto de frijol, maíz, calabaza y chile.

Finalmente hay una crítica desde la agroecología a la agricultura orgánica donde la agroecología se opone al agronegocio y particulariza la forma de producción del conocimiento:

Según Altieri (2004), el conocimiento tradicional campesino establece una relación compleja con el ambiente, con la parcela agrícola y con los propios campesinos, generando un sistema socioecológico completo. La agroecología se lee en paralelo al surgimiento de la agricultura orgánica en los años 70 (Silva y Moore, 2017). Por un lado, la agroecología propone una visión diferente de los sistemas técnicos para la agricultura orgánica que pueden reemplazar los insumos convencionales por insumos orgánicos. Según los defensores de la agroecología, la agricultura orgánica sigue el mismo paradigma que la agricultura convencional y es un monocultivo basado en insumos certificados y comercializados. Según Altieri y Toledo (2011), la agricultura orgánica no desafía la naturaleza de las plantaciones de monocultivos, sino que sólo requiere insumos externos, costosas etiquetas de certificación extranjeras o la exportación de productos agrícolas, con poca o pequeña dependencia de un sistema de comercio justo que no proporciona a los agricultores. Y, como muestran Silva y Moore (2017), existe una relación paralela entre la agroecología y la agricultura orgánica. En esencia, la agricultura orgánica promueve una visión compleja entre los sistemas naturales y la conservación de suelos y producción agrícola.

Se aplican más normas oficiales a la agricultura orgánica que a la agroecología. Aunque los principios de la agricultura orgánica son similares a la visión de la agroecología, las realidades de la práctica difieren en varios aspectos. Los defensores de la agroecología enfatizan los riesgos de la dependencia de los agricultores de los mercados de insumos, semillas y certificación que ocurren en los sistemas de agricultura orgánica (Van der Ploeg, 2012).

En cambio, en agroecología no existe un reconocimiento institucionalizado ni principios que se traduzcan en estándares precisos e incorporados a procesos de certificación como la agricultura orgánica. La agroecología se

caracteriza por una variedad de temas relacionados con la región, la tradición, el conocimiento indígena, el género, la soberanía alimentaria y la economía solidaria. Un tema relacionado considera esto como un conjunto de prácticas, artefactos con una perspectiva local de cambio de uso de la tierra y transición del sistema alimentario a nivel regional (Wezel *et al.*, 2018).

En esta consideración, la agroecología se convierte en un modelo de desarrollo sostenible para el futuro del planeta a través de medios de vida saludables y seguros para sus habitantes.

Bibliografía

Alcorn, J. B. (1984). *Huastec Mayan Ethnobotany*. Austin: University of Texas Press.

Adhikari, P., Araya, H., Aruna, G., Balamatti, A., Banerjee, S., Baskaran, P., y Verma, A. (2017). System of crop intensification for more productive, resource-conserving, climate-resilient, and sustainable agriculture: experience with diverse crops in varying agroecologies. *International Journal of Agricultural Sustainability*, *16*(1), 1-28. https://doi.org/10.1080/14735903.2017.1402504.

Adriano-Felito, R., Mitsuo-Yamashita, O., Gervazio, W., Carvalho, M., Silva, I., y Ferreia-Cândido, A. (2023). Homeopatic for treatment of cucumber seeds contaminated with auxinic herbicide. *Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas*, *14*(2), 145-157. https://doi.org/10.29312/remexca.v14i2.3163.

Aiello, A., Adamo, M., y Canora, F. (2015). Remote sensing and gis to assess soil erosion with RUSLE3D and USPED at river basin scale in southern Italy. *Catena*, *131*, 174-185. https://doi.org/10.1016/j.catena.2015.04.003.

Albareda-Tiana, S., Morilla, F., Mallarach, J. M., y Vidal Raméntol, S. (2017). Barreras para la sostenibilidad integral en la Universidad. *Revista Iberoamericana de Educación*.

Allen, A. (1996). *Teoría y Metodología de la Gestión Ambiental del Desarrollo Urbano*. Argentina: Centro de Investigaciones Ambientales, Facultad de Arquitectura y Diseño. Universidad Nacional de Mar de Plata.

Alpala, M., Tapie, W., y Alpala, D. (2020). Diversidad fenotípica de papas nativas en las comunidades indígenas de la etnia de los pastos (nariño, colombia): agricultura ecológica para la seguridad alimentaria y el desarrollo rural. *Revista Peruana de Biología*, *27*(4), 509-516. https://doi.org/10.15381/rpb.v27i4.18020.

Altieri, M. A. (1993). *Agroecología: bases científicas de la agricultura sostenible*. CEPAL. Valparaíso, Chile. 184p.

——— (2004). Linking Ecologists and Traditional Farmers in the Search for Sustainable Agriculture. *Frontiers in Ecology and the Environment*, *2*(1),35-42.

Altieri, M. A., y Nicholls, C. (2018). Agroecología y cambio climático: ¿adaptación o transformación? *Revista de Ciencias Ambientales (Trop J Environ Sci)*, *52*(2), 235-243. http://dx.doi.org/10.15359/rca.52-2.14 URL: www.revistas.una.ac.cr/ambientales

Altieri, M. A., y Nicholls, C. (2021). Perspectiva agroecológica en el antropoceno. *Magna Scientia Uceva*, *1*(1), 133-138. https://doi.org/10.54502/msuceva.v1n1a16.

Altieri, M. A., y Toledo, V. M. (2011). The agroecological revolution in Latino América: rescuing nature, ensuring food sovereignty and empowering peasants. *Journal of Peasant Studies*, *38*(3), 587-612. https://doi.org/10.1080/03066150.2011.582947.

Angelini, H., Costa, J., y Aparicio, V. (2022). Expansión del riego: tipo de suelo, pendiente y calidad de agua en el sudeste de la provincia de buenos aires. *Revista de la Facultad de Agronomía*, *121*(1), 088. https://doi.org/10.24215/16699513e088.

Araya, R., y Navarrete-Montalvo, J. (2018). Antropometría histórica de chile: evolución de la estatura de la población en el largo plazo, siglos XVIII-XX. *Estudios Atacameños*. https://doi.org/10.4067/s0718-10432018005001602.

Arellano, J. (2014). El chaco boliviano: del paleoindio al periodo alfarero tardío. *Folia Histórica del Nordeste*, (22), 147. https://doi.org/10.30972/fhn.02254.

Arias-Arévalo, P., Gómez-Baggethun, E., Martín-López, B., y Pérez-Rincón, M. (2018). Widening the evaluative space for ecosystem services: a taxonomy of plural values and valuation methods. *Environmental Values*, *27*(1), 29-53. https://doi.org/10.3197/096327118x15144698637513.

Arruda, R. (1999). Populações tradicionais e a proteção dos recursos naturais em unidades de conservação. *Ambiente y Sociedade*, (5), 79-92. https://doi.org/10.1590/s1414-753x1999000200007.

Atiencie, G., Vallejo, X., y Andrade, M. (2020). An analysis of the application of agroecological principles. *Letras Verdes Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales* (27), 51-70. https://doi.org/10.17141/letrasverdes.27.2020.3972.

Aubertin, M., Ricard, J., y Chapuis, R. (1998). A predictive model for the water retention curve: application to tailings from hard-rock mines. *Canadian Geotechnical Journal*, *35*(1), 55-69. https://doi.org/10.1139/t97-080.

Ayala-Tafoya, F., Chaidez, O., Parra-Delgado, J., Valenzuela-López, M., López-Urquídez, G., y Yáñez-Juárez, M. (2022). Producción de chile jalapeño en mini-túnel en respuesta a la fertilización sintética, orgánica y carbónica. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, *9*(3). https://doi.org/10.19136/era.a9n3.3412.

Ayubb, T., Cerra, A., Chamorro, L., y Pérez, A. (2017). Resistencia a cadmio (cd) de bacterias endófitas y bacterias rizosféricas aisladas a partir de oriza sativa en colombia. *Revista Colombiana de Ciencia Animal-Recia*, *9*(2), 281-293. https://doi.org/10.24188/recia.v9. n2.2017.610.

Barker, H. y Dale, M. (2006). Resistance to viruses in potato. En *Natural Resistance Mechanisms of Plants to Viruses* (pp. 341-366). https://doi.org/ 10.1007/1-4020-3780-5_15.

Barrales, D. J. S. (05 al 07 de noviembre de 1998). Perspectiva de la educación agrícola superior en la Universidad Autónoma Chapingo para el tercer milenio. En *Memorias del III Foro Nacional so-bre Agricultura Orgánica*. Consejo Estatal de Promoción Económica del Gobierno del Estado de Jalisco, Universidad de Guadalajara y Consejo Nacional Regulador de la Agricultura Orgánica. Guadalajara, Jalisco, México.

Basso, C., Siqueira, A., y Richards, N. (2021). Impactos na saúde humana e no meio am-

biente relacionados ao uso de agrotóxicos: uma revisão integrativa. *Research Society and Development*, *10*(8), e43110817529. https://doi.org/10.33448/rsd-v10i8.17529.

Baumgärtner, S., y Quaas, M. (2010). Managing increasing environmental risks through agrobiodiversity and agrienvironmental policies. *Agricultural Economics*, *41*(5), 483-496. https://doi.org/10.1111/j.1574-0862.2010.00460.x.

Bautista-Calles, J., García-Espinoza, R., Pérez-Moreno, J., Zavaleta-Mejía, E., Montes-Belmont, R., y Ferreira-Cerrato, R. (2008). Inducción de supresividad a fitopatógenos del suelo. Un enfoque holístico al control biológico. *Inverciencia*, *33*, 96-102.

Becker, B. (2005). Geopolítica da amazônia. *Estudos Avançados*, *19*(53), 71-86. https://doi.org/10.1590/s0103-40142005000100005.

Beltrán-Morales, F., Nieto-Garibay, A., Murillo-Chollet, J., Ruiz-Espinoza, F., Troyo-Diéguez, E., Jáuregui, J., y Murillo-Amador, B. (2019). Contenido inorgánico de nitrógeno, fósforo y potasio de abonos de origen natural para su uso en agricultura orgánica. *Revista Terra Latinoamericana*, *37*(4), 371-378. https://doi.org/10.28940/terra.v37i4.520.

Beltrán, L. (2018). Segmentación de los consumidores de alimentos orgánicos según sus actitudes, valores y creencias ambientales. *Contaduría Y Administración*, *64*(2), 98. https://doi.org/10.22201/fca.24488410e.2018.1491.

Benedicto-Valdés, G., Montoya-García, C., Vicente-Hernández, Z., Ramírez-Ayala, C., y Escalante-Estrada, J. (2019). Incorporación de abonos orgánicos y liberación de c-co2 como indicador de la mineralización del carbono. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, *6*(18). https://doi.org/10.19136/era.a6n18.2022.

Benito, E., Varela, M., y Rodríguez-Alleres, M. (2014). Efectos de los incendios forestales en la erosionabilidad de los suelos en galicia. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, *40*(2), 353-370. https://doi.org/10.18172/cig.2502.

Bernal-Ramírez, L., Bravo-Avilez, D., Fonseca-Juárez, R., Yáñez-Espinosa, L., Gernandt, D., y Rendón-Aguilar, B. (2019). Usos y conocimiento tradicional de las gimnospermas en el noreste de oaxaca, méxico. *Acta Botanica Mexicana*, (126). https://doi.org/10.21829/abm126.2019.1471.

Birol, E., Smale, M., y Gyovai, Á. (2006). Using a choice experiment to estimate farmers' valuation of agrobiodiversity on hungarian small farms. *Environmental and Resource Economics*, *34*(4), 439-469. https://doi.org/10.1007/s10640-006-0009-9.

Bjørgum, C. (2010). Extensión de la agricultura orgánica en el nordeste del Brasil, la mitigación del cambio de clima y una nueva visión geográfica (pp. 55-64). En Julio Prudencio Bohrt. (Edit). *Desafíos de la globalización a los sistemas agroalimentarios en América Latina*. La Paz, Bolivia.

Bodin, Ö., Crona, B., y Ernstson, H. (2017). Social networks in natural resource management: what is there to learn from a structural perspective? *Redes Revista Hispana para el Análisis de Redes Sociales*, *28*(1), 1. https://doi.org/10.5565/rev/redes.684.

Borsatto, R., y Carmo, M. (2013). A construção do discurso agroecológico no movimento dos trabalhadores rurais sem-terra (mst). *Revista de Economia e Sociologia Rural*, *51*(4), 645-660. https://doi.org/10.1590/s0103-20032013000400002.

Bradbury, E., y Emshwiller, E. (2010). The role of organic acids in the domestication of oxalis tuberosa: a new model for studying domestication resulting in opposing crop phenotypes1. *Economic Botany, 65*(1), 76-84. https://doi.org/10.1007/s12231-010-9141-0.

Breitenbach, R. (2018). Participação econômica das atividades de subsistência na agricultura familiar. *Redes, 23*(1), 53. https://doi.org/10.17058/redes.v23i1.6780.

Buquera, R., y Marques, P. (2022). Relações de confiança envolvendo consumidores de alimentos orgânicos: um estudo de caso em sorocaba/sp. *Revista de Economia e Sociologia Rural, 60*(spe). https://doi.org/10.1590/1806-9479.2021.251225.

Búrigo, A., y Porto, M. (2019). Trajetórias e aproximações entre a saúde coletiva e a agroecologia. *Saúde Em Debate, 43*(spe8), 248-262. https://doi.org/10.1590/0103-11042019s818.

Cáceres, D., y Tapella, E. (2022). Ecosistemas y beneficios ecosistémicos. ¿qué valoran y qué estrategias de apropiación utilizan los productores agropecuarios? *Ecología Austral, 32*(2), 378-394. https://doi.org/10.25260/ea.22.32.2.0.1764.

Campos, C., y Velez, S. (2015). Opportunistic scatter hoarders and frugivores: the role of mammals in dispersing prosopis flexuosa in the monte desert, Argentina. *Ecosistemas, 24*(3), 28-34. https://doi.org/10.7818/ecos.2015.24-3.05.

Campos, C., Nates, J., y Lindemann-Matthies, P. (2013). Percepción y conocimiento de la biodiversidad por estudiantes urbanos y rurales de las tierras áridas del centro-oeste de argentina. *Ecología Austral, 23*(3), 174-183. https://doi.org/10.25260/ea.13.23.3.0.1172.

Canepelle, E., Steinhaus, J., Back, P., Sippert, L., Silva, D., Redin, M., y Guerra, D. (2018). Análise evolutiva sócio produtiva de alimentos na agricultura familiar no município de crissiumal-rs. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável, 8*(2). https://doi.org/10.21206/rbas.v8i2.492.

Cantero, R., Espitia, N., Cardona, A., Vergara, C., y Aramendiz, T. (2015). Efectos del compost y lombriabono sobre el crecimiento y rendimiento de berenjena solanum melongena l. *Revista de Ciencias Agrícolas, 32*(2), 56-67. https://doi.org/10.22267/rcia.153202.13.

Capistrán, F., Aranda, D., y Romero, J.C. (2004). Manual de reciclaje, compostaje y lombricomposta (pp.155). Xalapa, Veracruz: Instituto de Ecología, A.C.

Caporal, F., y Costabeber, J. (2002). Análise multidimensional da sustentabilidade. Uma proposta metodológica a partir da Agroecología. Agroecol. *E Desenv. Rur. Sustent., 3*(3), 70-85.

Carrero, G., Fearnside, P., Valle, D., y Alves, C. (2020). Deforestation trajectories on a development frontier in the brazilian amazon: 35 years of settlement colonization, policy and economic shifts, and land accumulation. *Environmental Management, 66*(6), 966-984. https://doi.org/10.1007/s00267-020-01354-w.

Carvalho, C., Santos, A., y Carvalho, G. (2015). Rede brasil rural: inovação no contexto da agricultura familiar. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, *8*(1), 79. https://doi.org/10.17765/2176-9168.2015v8n1p79-94.

Casas, J., y Blancas, A., Otero-Arnaiz, A., Cruse-Sanders, J., Moreno, A. I., Camou, A.,

Parra, F., Guillén, S., Vallejo, M., Torres, I., Delgado, A., Rangel, S. (2014). Manejo y domesticación de plantas en Mesoamérica. En *XI Congresso Latinoamericano de Botánica*: organizadores (pp. 604). Sociedad Botánica de Brasil. Bahía, Brasil.

Castro, B. (2002). *Indicadores de Desarrollo Sostenible Urbano*. España: Universidad de Málaga.

Chacón Sánchez, M. I. (2009). *Darwin y la domesticación de plantas en las américas: El caso del maíz y el fríjol. Acta Biológica Colombiana* (vol. 14, pp. 351-363). Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá, Colombia. http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=319028030030.

Chant, S. (1997). Género, urbanización y pobreza: el reto de los "hogares". *Economía Sociedad y Territorio*. https://doi.org/10.22136/est001997476.

Chávez, M. (2019). Erosión hídrica en la microcuenca del cauce 31 de diciembre, Nicaragua. *Nexo Revista Científica, 32*(02), 94-105. https://doi.org/10.5377/nexo.v32i02.9261.

Christianty, L., Abdoellah, O. S., Marten, G. G., y Iskander, J. (1985). Traditional agroforestry in West Java: the Pekarangan (home garden) and Kebun-Talun (Annual perennial rotation cropping systems). En G. Marten (Ed.), *Traditional Agriculture in Southeast Asia: A Human Ecology Perspective*. Boulder: Westview Press.

Condé, Y., Locatelli, B., Vallet, A., y Blas, R. (2022). Agroecología para la seguridad alimentaria y frente al cambio climático en perú. *Economía Agraria y Recursos Naturales, 22*(1), 5-29. https://doi.org/10.7201/earn.2022.01.01.

Constanza, R. (1991): Assuring sustainability of Ecological Economic Systems. En R. Constanza (Ed.), *Ecological Economics: The Science and Management of Sustainability*. Nueva York: Columbia University Press.

Conway J. (1994). Reflection, the art and science of nursing and the theory-practice gap. *Br J Nurs*. 1994: 114-8. https://doo.org/10.12968/bjon.1994.3.3.114

Coolsaet, B. (2016). *The Making of Global Agri-Food Systems: A Political Economy Perspective*. Routledge.

Cruz-Cárdenas, C., Molina, L., Cancino, G., Villalobos, S., Rojas-Anaya, E., Díaz, I., y Ramírez, S. (2021). Utilización de microorganismos para una agricultura sostenible en méxico: consideraciones y retos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 12*(5), 899-913. https://doi.org/10.29312/remexca.v12i5.2905.

D'Annolfo, R., Gemmill-Herren, B., Graeub, B., y Garibaldi, L. (2017). A review of social and economic performance of agroecology. *International Journal of Agricultural Sustainability, 15*(6), 632-644. https://doi.org/10.1080/14735903.2017.1398123.

Dahl, T. (2019). Prepared to teach for sustainable development? student teachers' beliefs in their ability to teach for sustainable development. *Sustainability, 11*(7), 1993. https://doi.org/10.3390/su11071993.

Daly, J., Kellehear, A., y Gliksman, M. (1997). *The Public Health Researcher: A Methodological Approach*. Melbourne: Oxford University Press.

Dávalos-Sotelo, R. (2016). El papel de la investigación científica en la creación de las áreas naturales protegidas. *Madera y Bosques, 22*(1), 7-13. https://doi.org/10.21829/myb.2016.221474.

Dávalos, K., Quispe, S., Cruz, R., Rosas, J., Duarte-Guardia, S., y Gaspar, G. (2021). Using living cover crops in a rainfed system to preserve soil moisture and increase quinoa yield. *Manglar, 18*(4), 435-442. https://doi.org/10.17268/manglar.2021.056.

Daqui, N. C., Leblanc, H. A., y Russo, R. A. (2007). Distribución espacial de carbono, nitratos y amonio en estructuras biogénicas en un bosque secundario de la región tropical húmeda de Costa Rica. *Tierra Tropical*, *3*, 12-25.

De la Cruz, R. R. A. (2005). *Aprovechamiento de residuos orgánicos a través de composteo y lombricomposteo*. http://www.uaaan.mx/academic/horticultura/memhortos/aprov-residuos.

Dixon, J. A., Fallon, L. A. (1989). *The Concept of Sustainability: Origins, Extensions and Usefulness for Policy*. Washington, World Bank Environment Department/ Division Working Paper/Policy and Research Division.

Domínguez, J., Aira, M., y Gómez-Brandon, M. (2009). El papel de las lombrices de tierra en la descomposición de la materia orgánica y el ciclo de nutrientes. *Ecosistemas, 18*, 20-31.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2011). Elaboración y uso del Bocashi. Programa especial para la seguridad alimentaria pesa en el Salvador – GCP/ELS/007/SPA. Ministerio de Agricultura y Ganadería Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (centa). San Salvador, el Salvador, Centroamérica. https://www.fao.org/3/at788s/at788s.pdf.

——— (2013). Bosques de las zonas áridas: Bosques y actividades forestales en las zonas *áridas*. http://www.fao.org/forestry/aridzone/es/

Fernández, P., y Figueroa, O. (2014). Erosión hídrica en la cuenca alta del río moche. *Ecología Aplicada*, *13*(1-2), 15. https://doi.org/10.21704/rea.v13i1-2.450.

Ferreira *et al.* (2021). Ordenación territorial y acceso a la tierra en la Amazonia brasileña: los asentamientos rurales de reforma agraria y las reservas extractivistas. *Research Society and Development* (2021).

Ferreira, D., Saldanha, M., Silva, E., Silva, D., y Ferreira, O. (2022). Compreendendo o contexto socioeconômico e as estratégias de subsistência de agroecossistemas: um caminho para a sustentabilidade na agricultura familiar. *Research Society and Development, 11*(3), e21311326354. https://doi.org/10.33448/rsd-v11i3.26354.

Ferreira, F., Neto, J., Romero, F., y Roque, M. (2021). Ordenación territorial y acceso a la tierra en la amazonia brasileña: los asentamientos rurales de reforma agraria y las reservas extractivistas. *Research Society and Development, 10*(12), e318101220545. https://doi.org/10.33448/rsd-v10i12.20545.

Ferreira, M., y Coelho, A. (2015). Desmatamento recente nos estados da amazônia legal: uma análise da contribuição dos preços agrícolas e das políticas governamentais. *Revista de Economia e Sociologia Rural, 53*(1), 91-108. https://doi.org/10.1590/1234-56781806-9479005301005.

Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA). (2004). *Agricultura orgánica. Una oportunidad de negocios sustentable para el sector agroalimentario mexicano* (Boletín Informativo. No. 321, Tomo I, Vol. XXXVI, pp. 120). Banco de México; Morelia, Michoacán, México.

Flores, E., Moreno, H., Figueroa, U., y Potisek, M. del C. (2014). Disponibilidad de nitrógeno y desarrollo de avena forrajera (Avena sativa L.) con aplicación de biosólidos. *Terra Latinoamericana, 32* (2), 99-105. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57331299002.

Flórez, J. (2009). *Agricultura ecológica* (pp. 395). Madrid: Ed. Mundi-Prensa.

Flores-Pacheco, J., Romero, O., Vivas, E., Lacayo, J., y S. R. (2018). Evaluación de la viabilidad de distintas dietas para la producción de lombrihumus con las especies eisenia foetida y eudrillus sp. *Nexo Revista Científica, 31*(01), 28-46. https://doi.org/10.5377/nexo.v31i01.6452.

García, P., Ortíz, J., Mogollón, G., y Suárez, H. (2020). Biological silage of shrimp waste fermented with lactic acid bacteria: use as a biofertilizer in pasture crops and as feed for backyard pigs. *Scientia Agropecuaria, 11*(4), 459-471. https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.04.01.

Garibaldi, L., Gemmill-Herren, B., D'Annolfo, R., Graeub, B., Cunningham, S., y Breeze, T. (2017). Farming approaches for greater biodiversity, livelihoods, and food security. *Trends in Ecology y Amp; Evolution, 32*(1), 68-80. https://doi.org/10.1016/j.tree.2016.10.001.

Georgescu-Roegen, N. (1971). *The Entropy Law and the Economic Process*. Cambridge: Harvard University Press.

Gindri, D., Coelho, C., Souza, C., Heberle, I., y Prezzi, H. (2017). Seed quality of common bean accessions under organic and conventional farming systems1. *Pesquisa Agropecuária Tropical, 47*(2), 152-160. https://doi.org/10.1590/1983-40632016v4745189.

Giorgis, M., Palchetii, M., Morero, R., Cabido, M., Chiapella, J., y Cingolani, A. (2021). Flora vascular de las montañas de córdoba (argentina): características y distribución de las especies a través del gradiente altitudinal. *Boletín De La Sociedad Argentina De Botánica, 56*(3). https://doi.org/10.31055/1851.2372.v56.n3.30355.

Giraldo, O., y Rosset, P. (2021). Principios sociales de las agroecologías emancipadoras. *Desenvolvimento E Meio Ambiente*, *58*. https://doi.org/10.5380/dma.v58i0. 77785.

Gitari, H., Gachene, C., Karanja, N., Kamau, S., Nyawade, S., Sharma, K., y Schulte-Geldermann, E. (2018). Optimizing yield and economic returns of rain-fed potato (solanum tuberosum l.) through water conservation under potato-legume intercropping systems. *Agricultural Water Management*, *208*, 59-66. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.06.005.

Gliessman, S. R. (1998). *Agroecology: Ecological Processes in Sustainable Agriculture*. Boca Raton, FL.: Lewis/CRC Press.

——— (Ed.). (2001). *Agroecosystem sustainability: developing practical strategies*. Boca Raton, FL.: Book Series Adv. in Agroecology, CRC Press.

Godelier, M. (1969). El concepto de modo de producción asiático y los esquemas marxistas de evolución de las sociedades. *Sobre el modo de producción asiático*. Ediciones Martínez Roca.

Gómez, M. G. L. (2000). *Agricultura orgánica de México* (pp. 9-28). México: Universidad Autónoma Chapingo.

Gómez, T. L., Gómez, C. M. A., y Schwentesius, R. R. (2004). La producción hortícola orgánica, una alternativa viable. *De Riego 13*: 8-13.

Gómez-Martínez, M., Díaz-Padilla, G., Charbonnier, F., Sánchez-Viveros, G., y Cabrera, C. (2018). Ensambles arbóreos en sistemas agroforestales cafetaleros con diferente intensidad de manejo en veracruz, méxico. *Revista De Ciencias Ambientales, 52*(2), 16. https://doi.org/10.15359/rca.52-2.2.

González, I. J. (2005a). Los tianguis orgánicos. Cultura orgánica. *Agro-Síntesis 10*:5-44.

——— (2005b). Producción orgánica. *Hortalizas Flores y Frutas*, 12: 6-36.

Goyes, D., South, N., Abaibira, M., Baicué, P., Cuchimba, A., y Ñeñetofe, D. (2021). Genocide and ecocide in four colombian indigenous communities: the erosion of a way of life and memory. *The British Journal of Criminology, 61*(4), 965-984. https://doi.org/10.1093/bjc/azaa109.

Grain. (2013). Leyes de Semillas en América Latina: una ofensiva que no cede y una resistencia que crece y suma (informe). A Contrapelo. https://www.grain.org/es/article/entries/4801-leyes-de-semillas-en-ame-rica-latina-una-ofensiva-que-no-cede-y-una-resistencia-que-crece-suma

Guadarrama-Nonato, A., Mejía-Carranza, J., y Ramírez-Gerardo, M. (2018). Mineralización de la materia orgánica en suelos con manejo diferencial en cultivo de rosa. *Acta Universitaria, 28*(2), 33-41. https://doi.org/10.15174/au.2018.1654.

Guerra, M., Ruiz, R., y Pérez, E. (2018). Diversidad genética de mangifera indica (anacardiaceae) en valencia, córdoba, colombia, usando marcadores microsatélites. *Acta Botanica Mexicana* (124), 105-116. https://doi.org/10.21829/abm124.2018.1285.

Hernández, I., y Muñoz, J. (2018). El supermultiplicador, la acumulación de capital, las exportaciones y el crecimiento económico. *El Trimestre Económico, 85*(338), 411-432. https://doi.org/10.20430/ete.v85i338.542.

Hoitink, H. A. J., Stone, A. G., y Han, D. Y. (1997). Supresión de enfermedades de plantas mediante compost. *Agronomía Costarricense*, 21: 25-33.

Holt-Giménez, E., Altieri, M. A., y Rosset, P. (2006). Ten Reasons Why the Rockefeller and the Bill and Melinda Gates Foundations' Alliance for Another Green Revolution Will Not Solve the Problems of Poverty and Hunger in Sub-Saharan Africa. *Food First, Institute for Food and Development Policy, 12*: 1-12.

Hornedo, R., Arroyo, M., Manso, Á., Gullón, M., y Sánchez, J. (2017). Efecto del residual de estiércol avícola o residual de fertilizante mineral en el rendimiento y la calidad de camelina (camelina sativa l. crantz). *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias, 8*(4), 353. https://doi.org/10.22319/rmcp.v8i4.4196.

Howard, A. (1943), An Agricultural Testament), Oxford, Reino Unido: Oxford University Press, archivado (PDF) del original el 2 de julio de 2010. En *Special Rodale Press Edition*, 1976. http://farmingsecretsuploads.s3.amazonaws.com/FS-FreeGifts-AnAgriculturalTestament.pdf.

Hurtienne, T. (2004). Análise socioeconômica dos sistemas de uso de terra por pequenos proprietários na amazônia oriental. *Novos Cadernos Naea, 7*(2). https://doi.org/10.5801/ncn.v7i2.79.

Intagri. (2019). *Micorrizas, los biofertilizantes del futuro que vienen del pasado*. http://

agtechamerica.com/micorrizas-los-biofertilizantes-del-futuro-que-vienen-del-pasado/.

Irizar Garza, M. B. G., L. González Molina, B. S. LarquéSaavedra, G. Martínez Trejo, M., Díaz, V., y Muñiz, É. (2015). *Uso de micorrizas y abonos orgánicos en el cultivo de maíz* (Folleto Técnico. No. 65, pp. 37). INIFAP-Centro de Investigación Regional del Centro Campo Experimental Valle de México.

Internatiocnal Socity of Arboriculture (ISA). (2009). *Técnicas apropiadas para aplicar el mulch*. http:// www.isahispana.com/treecare/resources/mulching_spanish.pdf.

Iwata, B., Leite, L., Araújo, A., Nunes, L., Gehring, C., y Campos, L. (2012). Sistemas agroflorestais e seus efeitos sobre os atributos químicos em argissolo vermelho-amarelo do cerrado piauiense. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 16*(7), 730-738. https://doi.org/10.1590/s1415-43662012000700005.

Jacobsen, S.E., Sørensen, M., Pedersen, S.M., y Weiner, J. (2013). Feeding the world: genetically modified crops versus agricultural biodiversity. *INRA. Agronomic Sustainable Development*. http://www. ensser.org/fileadmin/files/2013_Jacobsen-etal.pdf.

Jaulis, C., Martínez, V., Juscamaita, M., Rojas, E., y Goméz, J. (2020). Efecto de la aplicación combinada de abono líquido y sólido en la producción de plantines de café (coffea arabica) cultivado bajo condiciones de vivero en chirinos, cajamarca, Perú. *Anales Científicos, 81*(2), 347. https://doi.org/10.21704/ac.v81i2.1644.

Jayasinghe, S. (2014). Chronic kidney disease of unknown etiology should be renamed chronic agrochemical nephropath. *Medicc Review, 16*(2), 72. https://doi.org/10.37757/mr2014.v16.n2.12.

Jiménez-Herrero, L. M. (1989). *Medio ambiente y desarrollo alternativo: gestión racional de los recursos para una sociedad perdurable* (vol. 13). Editor Lepala.

Juan, Pérez, J. I., Monroy Gaytán, J. F., Gutiérrez Cedillo, J. G., Némiga, X. A., Balderas Plata, M. Á. (2009). Los sistemas de barrancos mexicanos, un recurso potencial para el turismo alternativo. El caso de los Barrancos del río Calderón, Estado de México. *El Periplo Sustentable*, (17), p. 31-54. https://rperiplo.uaemex.mx/article/view/5034.

Juárez-Ramón, D., y Fragoso, C. (2014). Comunidades de lombrices de tierra en sistemas agroforestales intercalados, en dos regiones del centro de México. *Acta Zoológica Mexicana, 30*(3), 637-654. https://doi.org/10.21829/azm.2014. 30383.

Kanter, M., Pinto, L., Lugo, E., y Fernández, L. (2020). Huertos familiares y alimentación de grupos domésticos cafetaleros en la sierra madre de chiapas, méxico. *Agricultura Sociedad y Desarrollo, 17*(1), 27-56. https://doi.org/10.22231/asyd.v17i1.1321.

Khadse, A., y Rosset, P. (2021). Zero budget natural farming in india – from inception to institutionalization. *Desenvolvimento e Meio Ambiente, 58*. https://doi.org/10. 5380/dma.v58i0.81370.

Lange, O. (1966). *Economía política*. México: Fondo de Cultural Económica.

Laterra *et al.* (2019). Linking inequalities and ecosystem services in Latin America. *Ecosystem Services*.

Laterra, P., Nahuelhual, L., Vallejos, M., Berrouet, L., Pérez, E., Enrico, L., y Villegas-Pala-

cio, C. (2019). Linking inequalities and ecosystem services in latin america. *Ecosystem Services, 36*, 100875. https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2018.12.001.

Lattud, C., Locati, S., Mora, P., Rouland, C., y Lavelle, P. (1998). The diversity of digestive systems in tropical geophagous earthworms. *Applied Soil Ecology, 9*, 189-195.

Lavelle, P., y Spain, A.V. (2001). *Soil Ecology*. Londres, UK: Kluwer Academic Publishers.

Llamas A., y Treviño Arjona, E. (2004). *Aprovechamiento de biosólidos como una fuente de energía ecológica. Transferencia*. Publicación trimestral. Año 16. No. 68. Monterrey, Nuevo León, México. https://repositorio.tec.mx/bitstream/handle/11285/572842/.

Llanes, G., Bermúdez, D., Corrales, R., y Silva, E. (2020). Agricultura de conservación de suelos y su efecto en la erosión hídrica y propiedades hidrofísicas en la unidad hidrográfica quebrada arriba, yalagüina, 2017. *La Calera, 20*(34). https://doi.org/10.5377/calera.v20i34. 9773

Laya, S., Martínez, S., y Osorio, L. (2016). Evaluación agroecológica de sistemas hortícolas de dos zonas del oriente antioqueño, colombia. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas, 10(*2), 355-366. https://doi.org/10.17584/rcch.2016v 10i2.5752.

Lázaro, A., y Tur, C. (2018). Land-use changes as drivers of pollinator declines. *Ecosistemas, 27*(2), 23-33. https://doi.org/10.7818/ecos.1378.

Leal, G. R. (2007). *Influence of Reflective Mulch on Pinot noir Grape and Wine Quality* (Master of Applied Science). Nueva Zelanda: Lincoln University.

Leff, E. (2012). Percepciones de los expedicionarios virreinales sobre el manejo indígena de territorios y recursos del norte de la patagonia a fines del siglo XVIII. *Revista Española De Antropología Americana, 42*(2). https://doi.org/10.5209/rev_reaa. 2012. v42.n2.40113.

Lewandowski, I., Härdtlein, M., y Kaltschmitt, M. (1999). Sustainable crop production: definition and methodological approach for assessing and implementing sustainability. *Crop Science, 39*(1), 184-193. https://doi.org/10.2135/cropsci1999.0011183x 003900010029x.

Leyva-Trinidad, D., Pérez-Vázquez, A., Costa, I., y Giordani, R. (2020). El papel de la milpa en la seguridad alimentaria y nutricional en hogares de ocotal texizapan, veracruz, méxico. *Polibotánica,* (50). https://doi.org/10.18387/polibotanica.50.16.

Lira, R., Casas, A., Rosas-López, R., Paredes-Flores, M., Pérez-Negrón, E., Rangel-Landa, S., y Dávila, P. (2009). Traditional knowledge and useful plant richness in the Tehuacán–Cuicatlán valley, Mexico. *Economic Botany, 63*(3), 271-287. https://doi.org/10.1007/s12231-009-9075-6.

List, G., y Coomes, O. (2019). Repiquetes y riesgo en el cultivo de arroz en la llanura inundable del río amazonas cerca de iquitos, perú. *Folia Amazónica, 28*(1), 19-32. https://doi.org/10.24841/fa.v28i1.466.

Llanes, G., Bermúdez, D., Corrales, R., y Silva, E. (2020). Agricultura de conservación de suelos y su efecto en la erosión hídrica y propiedades hidrofísicas en la unidad hidrográfica quebrada arriba, yalagüina, 2017. *La Calera, 20*(34). https://doi.org/10.5377/calera.v20i34.9773.

Lopes, M., Muniz, R., Alves, S., Ferreira, A., Sá, F., y Silva, L. (2017). Água salina e substra-

tos no crescimento inicial do meloeiro. *Irriga, 22*(3), 469-484. https://doi.org/10.15809/irriga.2017v22n3p469-484.

López-Martínez, J. D., Díaz-Estrada, A., Martínez-Rubín, E., y Valdez-Cepeda, R.D. (2001). Abonos orgánicos y su efecto en propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento en maíz. *Terra Latinoamericana 19*: 293-299.

López-Morales, M., Leos-Escobedo, L., Alfaro-Hernández, L., y Morales-Morales, A. (2022). Impacto de abonos orgánicos asociados con micorrizas sobre rendimiento y calidad nutraceútica del pepino. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 13*(5), 785-798. https://doi.org/10.29312/remexca.v13i5.2868.

Lwasa, S. (2014). El manejo de la urbanización africana en el contexto de los cambios ambientales. *Interdisciplina, 2*(2). https://doi.org/10.22201/ceiich.24485705e.2014.2.46527.

Macías Macías, A., y Sevilla García, Y. (2021). Naturaleza vulnerada. Cuatro décadas de agricultura industrializada de frutas y hortalizas en el sur de Jalisco, México (1980–2020). *EntreDiversidades, 8*(16), 64-91. https://doi.org/10.31644/ED.V8.N1.2021.A03

Maia-Elkhoury, A., Lima, D., Salomón, O., Buzanovsky, L., Saboyá-Díaz, M., Valadas, S., … y Sanchez-Vazquez, M. (2021). Interacción entre los determinantes medioambientales y socioeconómicos para el riesgo para leishmaniasis cutánea en américa latina. *Revista Panamericana de Salud Pública*, 45, 1. https://doi.org/10.26633/rpsp.2021.49.

Maldonado-Koerdell, M. (1940). La Etnobotánica. En Alfredo Barrera (Ed.), *La etnobotánica: tres puntos de vista y una perspectiva* (11ª reimpresión). México: UACH. Chapingo. https://www.caja-pdf.es/2017/09/04/2la-etnobotanica-tres-puntos/2la-etnobotanica-tres-puntos.pdf.Consulta 5/10/2023.

Manzanal, M. (2017). Territorio, poder y sojización en el cono sur latinoamericano. el caso argentino. *Mundo Agrario, 18*(37), 048. https://doi.org/10.24215/15155994e048.

Marcelino-Aranda, M., Sánchez-García, M., y Camacho, A. (2017). Bases teórico-prácticas de un modelo de desarrollo sustentable para comunidades rurales con actividades agropecuarias. *Agricultura Sociedad y Desarrollo, 14*(1), 47. https://doi.org/10.22231/asyd.v14i1.522.

Márquez, J., y Morrone, J. (2022). Análisis panbiogeográfico de las especies de heterolinus y homalolinus (coleoptera: staphilinidae: xantholini). *Acta Zoológica Mexicana*, (90), 15-25. https://doi.org/10.21829/azm.2003.902549.

Martin, R. (2015). Rebalancing the spatial economy: the challenge for regional theory. *Territory, Politics, Governance, 3*(3), 235-272. https://doi.org/10.1080/21622671.2015.1064825.

Martínez-Aguilar, F., Guevara-Hernández, F., Aguilar-Jiménez, C., Larramendi, L., Reyes, Sosa, M., y O-Arias, M. (2020). Caracterización físico-química y biológica del suelo cultivado con maíz en sistemas convencional, agroecológico y mixto en la frailesca, chiapas. *Revista Terra Latinoamericana, 38*(4), 871-881. https://doi.org/10.28940/terra.v38i4.793.

Martínez, N., Mejía, M., Arriaga, M., y Olascoaga, L. (2020). La diversidad biocultural de

frutales en huertos familiares de san andrés nicolás bravo, malinalco, méxico. *Sociedad y Ambiente,* (22), 237-264. https://doi.org/10.31840/sya.vi22.2107.

Martin-Trujillo A., Garg P., Patel N., Jadhav B., Sharp A. J. (2023). Genome-wide evaluation of the effect of short tandem repeat variation on local DNA methylation. *Genome Res., 33*(2), 184-196. https://doi.org/10.1101/gr.277057.122.

Marx, K. (1988). *El Capital* (tomo 1). México: Siglo XXI.

Masera, O., y López-Ridaura, S. (2000). *Sustentabilidad y sistemas campesinos. Cinco experiencias de evaluación en el México rural* (pp. 346). México: MundiPrensa-GIRA-UNAM.

Mastrangelo, M., y Aguiar, S. (2019). Are ecological modernization narratives useful for understanding and steering social-ecological change in the argentine chaco? *Sustainability, 11*(13), 3593. https://doi.org/10.3390/su11133593.

Mastrangelo, M., y Laterra, P. (2015). From biophysical to social-ecological trade-offs: integrating biodiversity conservation and agricultural production in the argentine dry chaco. *Ecology and Society, 20*(1). https://doi.org/10.5751/es-07186-200120.

Mastretta-Yanes, A., Bellon, M., Acevedo, F., Burgeff, C., y Sarukhan, J. (2019). Un programa para méxico de conservación y uso de la diversidad genética de las plantas domesticadas y sus parientes silvestres. *Revista Fitotecnia Mexicana, 42*(4), 321-334. https://doi.org/10.35196/rfm.2019.4.321-334.

Meadows, D. H., Meadows, D. L., Randers, J. y W. W. Behrens III. (1972). *The limits to Growth: A Report for the Club of Rome´s Project on the Predicament of Mankind*. Londres: Earth Island Press.

Melo, N. (2019). Enseñanza a partir de saberes tradicionales de las comunidades de la etnia wayuu. *Educación y Educadores, 22*(2), 237-255. https://doi.org/10.5294/edu.2019.22.2.4.

Menezes, B., Moreira, L., Lopes, H., y Pereira, M. (2011). Caracterização morfoagronômica em arroz vermelho e arroz de sequeiro. *Pesquisa Agropecuária Tropical, 41*(4). https://doi.org/10.5216/pat.v41i4.11876.

Menezes, B., Moreira, L., Pereira, M., Lopes, H., Costa, E., y Curti, A. (2012). Características morfoagronômicas de dois genótipos arroz vermelho em cultivo inundado. *Revista Brasileira De Ciências Agrárias-Brazilian Journal of Agricultural Sciences, 7*(3), 394-401. https://doi.org/10.5039/agraria.v7i3a1288.

Méndez, R. (2017). *Cultivos orgánicos* (3ª, pp. 171). Bogotá, Colombia: Ecoediciones.

Merola de Carvalho, J. O. (2015). *Ecocarpio: semilla de una experiencia en transición agroecológica endógena hacia la soberanía alimentaria* (Tesis de Maestría, pp. 210). Universidad de Córdova, España.

Millán, E., Feria, M., Díaz, F., y Millán, C. (2013). Incorporación de biomasa en un suelo vertisol y su relación con la densidad de compactación. *Temas Agrarios, 18*(1), 57-65. https://doi.org/10.21897/rta.v18i1.710.

Mingoti, R., y Vettorazzi, C. (2011). Relative reduction in annual soil loss in micro watersheds due to the relief and forest cover. Engenharia Agrícola, 31(6), 1202-1211. https://doi.org/10.1590/s0100-69162011000600017.

Moncayo, Y., y Diago, O. (2022). Plantas y prácticas de conservación de la medicina

tradicional en el suroriente de el tambo, cauca, colombia. *Botanical Sciences, 100*(4), 935-959. https://doi.org/10.17129/botsci.3056.

Mora, F. (1994). Algunas consideraciones para la producción orgánica de hortalizas. *Agronomía Mesoamericana, 5*,171-183. http://www.mag.go.cr/rev_meso/v05n01_171.pdf.

Morales-Vera, R., Echeverría-Vega, A., Espinoza, A., Roco, R., Gonzalez, A., Schober, D.,… y Tramon, S. (2023). Compostaje de residuos vitivinícolas. avanzando hacia una industria circular. *Bio Web of Conferences*, *56*, 01034. https://doi.org/10.1051/bioconf/20235601034.

Moreno-Calles, A., Toledo, V., y Casas, Y. (2013). Los sistemas agroforestales tradicionales de méxico: una aproximación biocultural. *Botanical Sciences, 91*(4), 375-398. https://doi.org/10.17129/botsci.419.

Mujica, C., Karis, C., y Ferraro, R. (2022). Valoración de los servicios ecosistémicos urbanos desde un enfoque interdisciplinario. *Ecología Austral, 32*(1), 122-135. https://doi.org/10.25260/ea.22.32.1.0.1707.

Murillo, A., Bermeo, M., y Bolaño, R. (2021). Estudio socioeconómico de los productores de banano orgánico, cantón milagro, ecuador. *Revista Tecnológica-Espol*, *33*(3), 168-180. https://doi.org/10.37815/rte.v33n3.869.

Murrieta, R. (2001). Dialética do sabor: alimentação, ecologia e vida cotidiana em comunidades ribeirinhas da ilha de ituqui, baixo amazonas, pará. *Revista de Antropologia, 44*(2), 39-88. https://doi.org/10.1590/s0034-77012001000200002.

Murrieta, R., Bakri, M., Adams, C., Oliveira, P., y Strumpf, R. (2008). Consumo alimentar e ecologia de populações ribeirinhas em dois ecossistemas amazônicos: um estudo comparativo. *Revista De Nutrição, 21*(suppl), 123s-133s. https://doi.org/10.1590/s1415-52732008000700011.

Nabhan, G. P. (1983). *Papago Indian Fields: Arid Lands Ethnobotany and Agricultural Ecology*. Unpublished Ph.D. Diss. Univ. Arizona, Tucson.

Navarro-Cabrera, J. (2022). Importancia de la investigación científica universitaria. *Revista Científica Episteme Y Tekne, 1*(1), e302. https://doi.org/10.51252/rceyt.v1i1. 302.

Ng'weno, B. (2013). ¿puede la etnicidad reemplazar lo racial? afrocolombianos, indigenidad y el estado multicultural en colombia. *Revista Colombiana de Antropología, 49*(1), 71-104. https://doi.org/10.22380/2539472x73.

Nieto Baltazar, F. J., y Sámano Rentería, M. Á. (2012). Agricultura y conocimiento tradicional del Totonacapan. En Mario Valadez Ramírez, Rolando Blas Sánchez, Juan Contreras Ramos, Grisdelí Ancheyta Morales, Javier Zaragoza Ortega, Marilia Pérez Juárez (Coords.), *Los recursos naturales suelo, agua y biodiversidad: propuestas para su aprovechamiento y conservación* (pp. 274). Puebla, México: Ed. Altres Costa-Amic.

Nicholls, C., y Altieri, M. (2019). Bases agroecológicas para la adaptación de la agricultura al cambio climático. *Uned Research Journal, 11*(1), S55-S61. https://doi.org/10.22458/urj.v11i1.2322.

Núñez, L. (2017). *El huerto ecológico: un recurso innovador para contribuir a las competencias para el desarrollo sostenible en la formación inicial de maestros/as.*, 136-146. https://doi.org/10.58909/ad17462943.

Odum, E. P. (1996). *Ecology: bridging science and society*. Sinauer Associates Inc., Sunderland, MA.

Olán, J., Valenzuela, W., López, E., Estrada, M., y Carrillo-Ávila, E. (2020). Rendimiento comparativo de la yuca bajo fertilización mineral y abono verde. *Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas, 11*(6), 1259-1271. https://doi.org/10.29312/remexca.v11i6.2202.

Oliva, M., Maicelo, J., Guzmán, C., y Bardales, W. (2017). Propiedades fisicoquímicas del suelo en diferentes estadios de la agricultura migratoria en el área de conservación privada "palmeras de ocol", distrito de molinopampa, provincia de chachapoyas (departamento de amazonas). *Revista de Investigación de Agroproducción Sustentable, 1*(1), 9. https://doi.org/10.25127/aps.20171.344.

Ordóñez, L. (2022). Humedad y almacenamiento de agua en el suelo en cuatro tipos de cobertura vegetal. *Ciencia Y Tecnología, 15*(1), 19-24. https://doi.org/10.18779/cyt.v15i1.539.

Ortega-Gaucin, D., y Velasco, I. (2013). Aspectos socioeconómicos y ambientales de las sequías en méxico. *Aqua-Lac, 5*(2), 78-90. https://doi.org/10.29104/phi-aqualac/2013-v5-2-08.

Ortega, D., Córdova, N., y Avila-Calle, M. (2023). Análisis multicriterial del paisaje como patrimonio cultural: sostenibilidad e influencia en la ciudad de cuenca-ecuador. *Alfapublicaciones, 5*(1.2), 107-123. https://doi.org/10.33262/ap.v5i1.2.337.

Ortega, Y., y Alvarado, R. (2012). Efectos de dos sistemas de labranza sobre poblaciones de arroz rojo (oryza sativa l.) en un agroecosistema arrocero inundado. *Agronomía Mesoamericana, 16*(1), 63. https://doi.org/10.15517/am.v16i1.5183.

Ortiz-García, S., Ezcurra, E., Schoel, B., Acevedo, F., Soberón, J., y Snow, A. (2005). Reply to cleveland et al.'s "detecting (trans)gene flow to landraces in centers of crop origin: lessons from the case of maize in mexico". *Environmental Biosafety Research, 4*(4), 209-215. https://doi.org/10.1051/ebr:2006007.

Ortiz, T., Navarrete, E., Arteaga, C., Aragone, D., Vásquez, G., Castro, O., y Cabezas, M. (2017). Evaluación de extractos vegetales y bioinsecticidas sobre poblaciones de spodoptera frugiperda y elasmopalpus lignosellus en maíz. *European Scientific Journal Esj, 13*(21), 238. https://doi.org/10.19044/esj.2017.v13n21p238.

Oscanoa, L., y Flores, E. (2016). Influencia de técnicas de mejora de suelos sobre la función hídrica de pastos naturales altoandinos. *Ecología Aplicada, 15*(2), 91. https://doi.org/10.21704/rea.v15i2.748.

——— (2019). Efecto de las técnicas de mejora ecohidrológica del pastizal sobre el rendimiento hídrico de la microcuenca alto andina urpay. *Ecología Aplicada, 18*(1), 1. https://doi.org/10.21704/rea.v18i1.1303.

Osorio-García, N., López-Sánchez, H., Ramírez-Valverde, B., Gil-Muñoz, A., y Gutiérrez-Rangel, N. (2015). Producción de maíz y pluriactividad de los campesinos en el valle de puebla, méxico. *Nova Scientia, 7*(14), 577. https://doi.org/10.21640/ns.v7i14.118.

Ottmann, G. (2005). *Agroecología y Sociología Histórica desde Latinoamérica* (pp. 224). Madrid: Mundi-Prensa.

Otiniano, A., Meneses-Florián, L., Blas, R., y Bello-Amez, S. (2006). La materia orgánica,

importancia y experiencia de su uso en la agricultura. *Idesia (Arica), 24*(1). https://doi.org/10.4067/s0718-34292006000100009.

Palier, B., y Surel, Y. (2005). Les « trois i » et l'analyse de l'état en action. *Revue Française De Science Politique, 55*(1), 7. https://doi.org/10.3917/rfsp.551.0007.

Parra, J. (2019). Controle biológico na agricultura brasileira. *Entomological Communications*, *1*, ec01002. https://doi.org/10.37486/2675-1305.ec01002.

Parra, J., Ramírez, F., Chávez, E., Leal, R., y Sotelo, M. (2016). Alternativas orgánicas para disminuir nitrógeno en nogal pecanero. *Nova Scientia, 8*(16), 140. https://doi.org/10.21640/ns.v8i16.413.

Passet, R. (1996): *Principios de Bioeconomía*. Madrid: Fundación Argentaria.

Patel, R. (2013). *Stuffed and Starved: The Hidden Battle for the World Food System*. Melville House.

Paz, F., y Zapata, A. (2021). Conflicto armado, contaminación y riesgos en salud: una evaluación de riesgo de tres fuentes de exposición ambiental asociadas con el conflicto en colombia. *Biomédica, 41*(4), 660-675. https://doi.org/10.7705/biomedica. 5928.

Pedroza-Parga, E., Pedroza-Sandoval, A., Velásquez-Valle, M., Sánchez-Cohen, I., Trejo-Calzada, R., y Samaniego-Gaxiola, J. (2022). Efecto de la cobertura del suelo sobre el crecimiento y productividad del zacate buffel (cenchrus ciliaris l.) en suelos degradados de zonas áridas. *Revista Mexicana De Ciencias Pecuarias, 13*(4), 866-878. https://doi.org/10.22319/rmcp.v13i4.5963.

Peña, J., Vega, I., y Tapia, J. (2006). Estado actual de la diversidad florística del páramo sectores: el espino y palambe, sallique, jaén. cajamarca. perú. *Ecología Aplicada, 5*(1-2), 1. https://doi.org/10.21704/rea.v5i1-2.311.

Pereira, K., Lima, B., Reis, R., y Veasey, E. (2008). Saber tradicional, agricultura e transformação da paisagem na reserva de desenvolvimento sustentável amanã, amazonas. *Scientific Magazine Uakari, 2*(1), 9-26. https://doi.org/10.31420/uakari.v2i1.11.

Pérez, A., Céspedes, C., y Núñez, P. (2008). Caracterización física-química y biológica de enmiendas orgánicas aplicadas en la producción de cultivos en República Dominicana. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 8*:10-29.

Pérez, C. G. (2005). *Evaluación del almácigo y trasplante de espinaca japonesa en cepellón de tierra con distintas dosis de estiércol en invernadero* (Tesis de Grado). UMSA Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. P. 11-17.

Pérez, S. (2010). Una aproximación al estudio del sistema agrícola de huertos desde la antropología. *Ciencia y Sociedad, 35*(1), 47-69. https://doi.org/10.22206/cys.2010.v35i1.pp47-69.

Peron, C., Olmedo, J., Dell'acqua, M., Scalco, F., y Cintrão, J. (2018). Produção orgânica: uma estratégia sustentável e competitiva para a agricultura familiar. *Retratos De Assentamentos, 21*(2), 104-127. https://doi.org/10.25059/2527-2594/retratosdeassentamentos/2018.v21i2.327.

Pineda, M. (2015). La solubilización de fosfatos como estrategia microbiana para promover el crecimiento vegetal. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria, 15*(1), 101-113. https://doi.org/10.21930/rcta.vol15_num1_art:401.

Pinzón, J., y Zamudio, L. (2016). Agricultura y desarrollo rural en colombia 2011-2013:

una aproximación. *Apuntes del Cenes, 35*(62), 87-123. https://doi.org/10.19053/22565779.4411.

Plata, K., Quintero-Pertuz, I., y Carbonó-Delahoz, E. (2022). Análisis del riesgo de invasión de malezas introducidas asociadas a cultivos de banano en el departamento del magdalena, colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas Físicas y Naturales*. https://doi.org/10.18257/raccefyn.1520.

Porto-Gonçalves, C., y Leff, E. (2015). Political ecology in latin america: the social reappropriation of nature, the reinvention of territories and the construction of an environmental rationality. *Desenvolvimento E Meio Ambiente, 35*. https://doi.org/10.5380/dma.v35i0.43543.

Posey, D. (1986). An ethnoentomological survey of Brazilian Indians. *J. Ethnobiology*, *6*: 32-38.

Prada, U., Hernández, M., y Ibáñez, J. (2019). Apropiación de sistemas de tecnologías de la información para toma de decisiones de productores agroindustriales basada en videojuegos serios. una revisión. *Información Tecnológica, 30*(5), 331-340. https://doi.org/10.4067/s0718-07642019000500331.

Quintero-Pertuz, I., Carbonó-Delahoz, E., y Jarma-Orozco, A. (2020). Weeds Associated With Banana Crops In Magdalena Department, Colombia. *Planta Daninha. Sociedade Brasileira Da Ciência Das Plantas Daninhas*. http://www.sbcpd.org

Quispe, G. (2015). Efectos del cambio climático en la agricultura de la cuenca ramis, puno-perú. *Revista De Investigaciones Altoandinas-Journal of High Andean Research, 17*(1). https://doi.org/10.18271/ria.2015.77.

Ramírez *et al.* (2010). Reconciliando naturaleza y cultura: una propuesta para la conservación del paisaje y geositios de la costa norte de Michoacán, México. *Revista de Geografía Norte Grande* (2010).

Ramirez-Milanes, M., Lezama-Gutiérrez, R., Sánchez-Rangel, J., Chan-Cupul, W., Buenrostro-Nava, M., y Manzo-Sánchez, G. (2021). Diversidad genética de metarhizium anisopliae aislados de insectos y agroecosistemas. *Tropical and Subtropical Agroecosystems, 25*(1). https://doi.org/10.56369/tsaes.3860.

Ramírez, M., Novella, R., y Barrera-Bassols, N. (2010). Reconciliando naturaleza y cultura: una propuesta para la conservación del paisaje y geositios de la costa norte de michoacán, méxico. *Revista de Geografía Norte Grande* (46). https://doi.org/10.4067/s0718-34022010000200006.

Rees, W. E. (1996). Revisiting carrying capacity: area-based indicators of sustainability. Population and Environment, 17.

Reigeluth, C. (2016). Teoría instruccional y tecnología para el nuevo paradigma de la educación. *Revista de Educación a Distancia (Red)* (50). https://doi.org/10.6018/red/50/1a.

Reinales, N., y Osorio, Á. (2018). *Agroecología. experiencias comunitarias para la agricultura familiar en colombia*. https://doi.org/10.12804/tp9789587842326.

Ren, W., Hu, L., Guo, L., Zhang, J., Tang, L., Zhang, E.,… y Chen, X. (2018). Preservation of the genetic diversity of a local common carp in the agricultural heritage rice fish

system. Proceedings of the National Academy of Sciences, *115*(3). https://doi.org/10.1073/pnas.1709582115.

Reyes-García, V., Vila, S., Aceituno-Mata, L., Calvet-Mir, L., Garnatje, T., Jesch, A. y Pardo-de-Santayana, M. (2010). Gendered homegardens: a study in three mountain areas of the iberian peninsula. *Economic Botany, 64*(3), 235-247. https://doi.org/10.1007/s12231-010-9124-1.

Reyna, C., y Reparaz, M. (2014). Propiedades psicométricas de las escalas de atribuciones sobre las causas de la pobreza y actitudes hacia los pobres. *Actualidades en Psicología, 28*(116), 55-66. https://doi.org/10.15517/ap.v28i116.14892.

Richert A., Gensch, R., Jönsson, H., Stenström, T. A., y Dagerskog, L. (2010). Guía Práctica de Uso de la Orina en la Producción Agrícola. Serie *EcoSanRes*: 2011-2. https://mediamanager.sei.org/documents/Publications/SEI-Book-Stenstrom-GuiaPracticaDeUsoDeLaOrinaEnLaProduccionAgricola.pdf. Consultado 08/10/2023.

Rivera-Krstulović, C., y Duran-Aniotz, C. (2020). La respuesta a proteínas mal plegadas como blanco terapéutico en la enfermedad de alzheimer. *Revista Médica De Chile, 148*(2), 216-223. https://doi.org/10.4067/s0034-98872020000200216.

Rivera-Núñez, T. (2020). Agroecología histórica maya en las tierras bajas de méxico. *Ethnoscientia-Brazilian Journal of Ethnobiology and Ethnoecology, 5*(1). https://doi.org/10.18542/ethnoscientia.v5i1.10284.

Rodríguez (2002). Procesos urbanos y "ruralidad" en la periferia de la Zona metropolitana de la Ciudad de México. *Estudios Demográficos y Urbanos* (2002).

Rodríguez, I., y Govea, H. (2007). El discurso del desarrollo sustentable en América Latina. *Revista Venezolana de Economía y Ciencias Sociales, 12*(2), 37-63.

Rodríguez-Sánchez, P., Levy-Tacher, S., Ramírez-Marcial, N., y Lugo, E. (2020). Uso y manejo de la vegetación leñosa en el fundo legal de yaxcabá, yucatán, méxico. *Acta Botanica Mexicana* (127). https://doi.org/10.21829/abm127.2020.1516.

Román-Dañobeytia, F., Tacher, S., Perales, H., Marcial, N., Douterlungne, D., y Mendoza, S. (2007). Establecimiento de seis especies arbóreas nativas en un pastizal degradado en la selva lacandona, chiapas, méxico. *Ecología Aplicada, 6*(1-2), 1. https://doi.org/10.21704/rea.v6i1-2.335.

Rosário, R., Barbosa, M., Carneiro, F., y Costa, M. (2021). Uso e ocupação do solo do município de novo progresso no estado do pará-brasil. *Research, Society and Development, 10*(1), e51210112060. https://doi.org/10.33448/rsd-v10i1.12060.

Ruiz, F. J. F. (1999). La agricultura orgánica como una biotecnología moderada y ética en la producción de alimentos. En *Memorias del IV Foro Nacional sobre Agricultura Orgánica*. *Colegio de Postgraduados*, Universidad Autónoma Chapingo y Consejo Nacional Regulador de la Agricultura Orgánica. Montecillo, México.

Ruiz-García, M., Escobar-Armel, P., Alvarez, D., Mudry, M., Ascunce, M., Gutiérrez-Espeleta, G., y Shostell, J. (2007). Genetic variability in four alouatta species measured by means of nine dna microsatellite markers: genetic structure and recent bottlenecks. *Folia Primatologica, 78*(2), 73-87. https://doi.org/10.1159/000097058.

Sainz-Rozas, H. R., Echeverria, H., E., y Angelini, H. P. (2011). Niveles De Carbono orgánico y ph en suelos agrícolas de las regiones pampeana y extrapampeana argentina.

Cienc. Suelo, 29(1), 29-37. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext-&pid=S1850-20672011000100004&lng=es&nrm=iso

Salazar, E., Landero, N., y Mendoza, N. (2020). Ciudades y comunidades sostenibles: revisando el objetivo # 11 del desarrollo sostenible a través de la metodología de sign thinking. Raíces – Revista Nicaragüense De Antropología, 36-56. https://doi.org/10.5377/raices.v3i7.9690.

Salazar Sosa, E., Vázquez Vázquez, C., Idilio Trejo Escareño, H., Rivera Olivas, O. (2003). Aplicación, manejo y descomposición del estiércol de ganado bovino. En Enrique Salazar Sosa, Gómez Palacio (Eds.), *Agricultura Orgánica* (pp. 271). México, Facultad de Agricultura y Zootecnia de la UJED, Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, COCyTED.

Saldaña, T. (1983). *Historia de la Agricultura en México en Tercer Taller Latinoamerica- no de Prevención de Riesgos en el Uso de Plaguicidas*. Xalapa, Veracruz. https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2017/Historia-de-la-agricultura-en-mexico. Consulta 01/07 2020.

Saldivar, R., y Argüello, B. (2018). Nanotecnología: un nuevo paradigma científico en la producción agropecuaria del siglo XXI. *Ecosistemas Y Recursos Agropecuarios, 5*(13), 1-2. https://doi.org/10.19136/era.a5n13.1500.

Sánchez, J. (Coord.). (2019). *Recursos naturales, medio ambiente y sostenibilidad: 70 años de pensamiento de la* CEPAL. Libros de la CEPAL, No. 158 (LC/PUB.2019/18-P), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

Sánchez, D., Ríos, G., y García, M. (2010). La lluvia ácida y los ecosistemas forestales. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente, 16*(2), 187-206. https:// doi.org/10.5154/r.rchscfa.2010.04.022.

Santilli, J. (2012). Agrobiodiversidad y derecho: regulación de los recursos genéticos, seguridad alimentaria y diversidad cultural. *Revista Internacional de los Comunes, 6*(2), 27-35.

Santos, A.T. (2013). *Abonos orgánicos. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación*. México. http://www.sagarpa.gob.mx/ desarrolloRural/Documents/fichasCOUSSA/ Abonos%20organicos.pdf.

Santos, A. M. D., y Mitja, D. (2012). Agricultura familiar e desenvolvimento local: os desafios para a sustentabilidade econômico-ecológica na comunidade de Palmares II, Parauapebas, PA. *Interações (Campo Grande), 13*, 39-48.

Saquet, M. (2014). Peasant agriculture and practice (agro)ecological. the territorial approach historical, critical, relational and pluridimensional. *Mercator, 13*(02), 125-143. https://doi.org/10.4215/rm2014.1302.0009.

Shakesby, R., Coelho, C., Ferreira, A., Terry, J., y Walsh, R. (1993). Wildfire impacts on soil-erosion and hydrology in wet mediterranean forest, portugal. *International Journal of Wildland Fire, 3*(2), 95. https://doi.org/10.1071/wf9930095.

Schönning, C., y Stenström, T. A. (2004). *Lineamientos para el Uso Seguro de la Orina y de las Heces en Sistemas de Saneamiento Ecológico*. Programa EcoSanRes y del Instituto Ambiental de Estocolmo. Reporte 2004-1. Estocolmo, Suecia.

Schroeder, R., y Formiga, N. (2012). El turismo rural como estrategia de dinamización

territorial. el caso del sudoeste bonaerense. *Anales de Geografía De La Universidad Complutense, 32*(2). https://doi.org/10.5209/rev_aguc.2012.v32.n2.39725.

Shiva, V. (2013). *The Violence of the Green Revolution: Third World Agriculture, Ecology, and Politics*. Zed Books (Perkel, 2022).

Silva, E. M., y Moore, V. M. (2017). Cultivos de cobertura como práctica agroecológica en granjas de hortalizas orgánicas en Wisconsin, EE. UU. Sustainability (Switzerland), 9(1): 55; https://doi.org/10.3390/su9010055.

Silva *et al.* (2020). Impactos das alterações no uso e cobertura do solo no Município de Altamira, Pará. Research, Society and Development (2020).

Silva, M., Peralba, M., y Mattos, M. (2003). Determinação de glifosato e ácido aminometilfosfônico em águas superficiais do arroio passo do pilão. *Pesticidas: Revista De Ecotoxicologia E Meio Ambiente, 13*. https://doi.org/10.5380/pes.v13i0.3161.

Silva, R., Silva, M., Cardoso, E., Moreira, F., Curi, N., y Alovisi, A. (2010). Biomassa e atividade microbiana em solo sob diferentes sistemas de manejo na região fisiográfica campos das vertentes - mg. *Revista Brasileira De Ciência Do Solo, 34*(5), 1584-1592. https://doi.org/10.1590/s0100-06832010000500011.

Sousa, A. C., y Uceda-Maza, F. X. (2017). *Más Allá De Los Desafíos D El Decenio De La Educación Para El Desarrollo Sostenible: Una Reflexión Necesaria Holos* (vol. 5, pp. 136-150). Brasil: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte Natal.

Thurston, H. D. (1991). *Sustainable Practices for Plant Disease Management in Traditional Farming Systems.* Boulder: Westview Press.

Tijerina, W. (2017). Desarrollismo subnacional para el nuevo siglo. Problemas Del Desarrollo. *Revista Latinoamericana De Economía, 49(*192). https://doi.org/10.22201/iiec.20078951e.2018.192.58827.

Toledo, V. M., J. Carabias, C. Mapes, y C. Toledo. (1985). *Ecología y Autosuficiencia Alimentaria.* México. Siglo Veintiuno Ed.108 pp.

Toledo, V.M. (2012). La agroecologia en latinoamérica: Tres revoluciones, una misma transformacion. *Agroecología, 6*, 37-46.

Toledo, V.M., y Barrera-Bassols, N. (2009). *La memoria biocultural. La importancia ecológica de las sabidurías tradicionales*. Andalucia, España: Icaria. https://pagi- nas.uepa.br/herbario/wpcontent/uploads/2017/12/lamemoriabioculturalpdf.pdf. Consultado 16/06/ 2020.

Toro, C., Márquez-Valdelamar, L., y Mondragón-Ceballos, R. (2016). Diversidad genética en grupos de monos aulladores de manto (alouatta palliata mexicana) en la reserva de la biosfera los tuxtlas (veracruz, méxico). *Revista Mexicana De Biodiversidad, 87*(3), 1069-1079. https://doi.org/10.1016/j.rmb.2016.07.003.

Trebbi, G., Nipoti, P., Bregola, V., Brizzi, M., Dinelli, G., y Betti, L. (2016). Ultra high diluted arsenic reduces spore germination of alternaria brassicicola and dark leaf spot in cauliflower. *Horticultura Brasileira, 34*(3), 318-325. https://doi.org/10.1590/ s0102-05362016003003.

Trigueros-Vazquez, I., Ruiz-Rosado, O., López, F., Solis-Guzman, B., Morales-Trejo, F., y Romero, G. (2023). Use and conservation of medicinal plants obtained from agro-

ecosytems and ecosystems by the mochó and kakchikel ethnic groups of southeastern chiapas, méxico. *Boletin Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromaticas, 22*(1), 100-114. https://doi.org/10.37360/blacpma.23.22.1.8.

Trimano, L. (2019). ¿Qué es la neorruralidad? reflexiones sobre la construcción de un objeto multidimensional. *Territorios,* (41), 119. https://doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/territorios/a.6951.

Trinidad, S. A. (2002). *Abonos orgánicos*. Secretaria de Agricultura Ganadería y Desarrollo Rural, Subsecretaria de Desarrollo Rural, Dirección General de Desarrollo Rural, Colegio de Postgraduados. Montecillos, México. http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasCOUSSA/Abonos%20organicos.pdf.

Ugalde, J., Urpí, J., y Nuñez, O. (2006). Diversidad genética y relaciones de parentesco de las poblaciones silvestres y cultivadas de pejibaye (bactris gasipaes, palmae), utilizando marcadores microsatelitales. *Revista De Biología Tropical, 56*(1). https://doi.org/10.15517/rbt.v56i1.5520.

Van der Ploeg, J. D. (2012). The drivers of change: the role of peasants in the creation of an agro- ecological agriculture. *Agroecología, 6*, 47-54. https://digitum.um.es/digitum/bitstream/10201/29881/1/The%20drivers%20of%20change,%20the%20role%20of%20peasants%20in%20the%20creation%20of%20an%20agro-ecological%20agriculture.pdf.

Valdez-Ibañez, A., Bosch-Serra, À., y Yagüe-Carrasco, M. (2019). Fertilization with pig slurry: impacts on earthworms in rainfed agriculture. *Investigación Agraria, 21*(1), 1-10. https://doi.org/10.18004/investig.agrar.2019.junio.1-10.

Valera, L. (2019). *Ecología humana. Nuevos desafíos para la ecología y la filosofía*. Ed. Arbor.

Villegas-Cornelio, V., y Canepa, J. (2017). Vermicompostaje: i avances y estrategias en el tratamiento de residuos sólidos orgánicos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 8*(2), 393-406. https://doi.org/10.29312/remexca.v8i2.59.

Vitousek, P., Mooney, H. A., Lubchenco, J., y Melillo, J. M. (1997): Human domination of earth´s ecosistems. *Science, 277*, 494-499.

Wackernagel, M., L., Onisto, A., Callejas Linares, I. S., López Falfán, J., Méndez García, A. I., Suárez Guerrero y Suárez Guerrero, M. G. (1997). Ecological Footprints of Nations: How Much Nature Do They Use? How Much Nature Do They Have? Commissioned by the Earth Council for the Rio+5 Forum. *International Council for Local Environmental Initiatives*. Toronto.

Waseem, W., Sulaiman, M., Islam, S., Kumam, P., Nawaz, R., Raja, M. A. Z.,… y Shoaib, M. (2020). A study of changes in temperature profile of porous fin model using cuckoo search algorithm. *Alexandria Engineering Journal, 59*(1), 11-24.

Wezel, A., Goette, J., Lagneaux, E., Passuello, G., Reisman, E., Rodier, C., y Turpin, G. (2018). Agroecology in Europe: research, education, collective action networks, and alternative food systems. *Sustainability, 10*(4), 1214. https://doi.org/10.3390/su10041214.

World Health Organization (WHO). (1989). *Guidelines for the safe use of wastewater and*

excreta in agriculture and aquaculture. Geneva, Switzerland. http://www.who.int/ctd/schisto/epidemio.htm.

Yáñez-Chávez, L., Pedroza-Sandoval, A., Marínez-Salvador, M., Sánchez-Cohen, I., Echavarría-Cháirez, F., Velásquez-Valle, M., … y López-Santos, A. (2018). Uso de retenedores de humedad edáfica en la sobrevivencia y crecimiento de dos especies de pastos bouteloua curtipendula [michx.] torr. y chloris gayana kunth. *Revista Mexicana De Ciencias Pecuarias, 9*(4), 703-718. https://doi.org/10.22319/rmcp. v9i4.4333.

Zamora, K. (2017). Uso potencial de lixiviados y tés de vermicompost en el control del ojo de gallo del cafeto ylt;iygt;mycena citricolorylt;/iygt;. *Agronomía Costarricense, 41*(1). https://doi.org/10.15517/rac.v41i1.29747.

Zanor, G., López-Pérez, M., Martínez-Yáñez, R., Ramírez-Santoyo, L., Gutiérrez-Vargas, S., y León-Galván, M. (2018). Mejoramiento de las propiedades físicas y químicas de un suelo agrícola mezclado con lombricompostas de dos efluentes de biodigestor. *Ingeniería Investigación y Tecnología, 19*(4), 1-10. https://doi.org/10.22201/fi.259 40 732e.2018.19n4.036.

Zhang, B., Chen, W., y Yang, X. (1998). Occurrence of pythium species in long-term maize and soybean monoculture and maize/soybean rotation. *Mycological Research, 102*(12), 1450-1452. https://doi.org/10.1017/s0953756298006510.

Zribi, W., Faci González, J. M., y Aragüés Lafarga, R. (2011). Efectos del acolchado sobre la humedad, temperatura, estructura y salinidad de suelos agrícolas. *Separata ITEA, 107*(2):148-162. http://hdl.handle.net/10532/1796. Consulta 11/11/2020

Zimmerer, K. (2013). The compatibility of agricultural intensification in a global hotspot of smallholder agrobiodiversity (Bolivia*). Proceedings of the National Academy of Sciences, 110*(8), 2769-2774. https://doi.org/10.1073/pnas.1216294110.

Zimmermann, M., Leifeld, J., y Fuhrer, J. (2007). Quantifying soil organic carbon fractions by infrared-spectroscopy. *Soil Biology and Biochemistry, 39*(1), 224-231. https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2006.07.010.

Agroecología y sustentabilidad: una convergencia para el desarrollo

INFORME DE ORIGINALIDAD

20%
ÍNDICE DE SIMILITUD

FUENTES PRIMARIAS

1	ri.uaemex.mx Internet	6680 palabras — 16%
2	repositorio.lamolina.edu.pe Internet	378 palabras — 1%
3	www.scielo.org.mx Internet	168 palabras — < 1%
4	kipdf.com Internet	148 palabras — < 1%
5	www.researchgate.net Internet	133 palabras — < 1%
6	dspace.unl.edu.ec Internet	127 palabras — < 1%
7	www.scribd.com Internet	106 palabras — < 1%
8	doczz.com.br Internet	102 palabras — < 1%
9	www.oalib.com Internet	64 palabras — < 1%
10	cdn.atenaeditora.com.br Internet	63 palabras — < 1%

11	www.thefreelibrary.com Internet	63 palabras — < 1%
12	vsip.info Internet	59 palabras — < 1%
13	www.casadelibrosabiertos.uam.mx Internet	46 palabras — < 1%
14	hdl.handle.net Internet	44 palabras — < 1%
15	docplayer.es Internet	35 palabras — < 1%
16	cdigital.uv.mx Internet	34 palabras — < 1%
17	www.aporrea.org Internet	33 palabras — < 1%
18	www.btb.termiumplus.gc.ca Internet	29 palabras — < 1%
19	documents.mx Internet	23 palabras — < 1%
20	edoc.pub Internet	18 palabras — < 1%
21	futurcrop.com Internet	17 palabras — < 1%
22	www.slideshare.net Internet	17 palabras — < 1%
23	doaj.org Internet	16 palabras — < 1%

24	idoc.pub Internet	16 palabras — < 1%
25	www.tdx.cat Internet	16 palabras — < 1%
26	pt.scribd.com Internet	15 palabras — < 1%
27	www.smcsmx.org Internet	15 palabras — < 1%

EXCLUIR CITAS	ACTIVADO	EXCLUIR FUENTES	DESACTIVADO
EXCLUIR BIBLIOGRAFÍA	ACTIVADO	EXCLUIR COINCIDENCIAS	< 15 PALABRAS