



Universidad Veracruzana

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

Región Veracruz

Licenciatura en Agronegocios Internacionales

Alternativas al manejo productivo agropecuario tradicional

Monografía para acreditar Experiencia recepcional

Presenta:
José Armando Alvarez Huerta

Director:
Dr. José Alfredo Villagómez Cortés

Julio de 2021

“Lis de Veracruz: Arte, Ciencia, Luz”



Universidad Veracruzana

Facultad de medicina veterinaria y zootecnia
Región Veracruz

Licenciatura en Agronegocios Internacionales

Alternativas al manejo productivo agrícola tradicional

Monografía para acreditar Experiencia recepcional

Presenta:

José Armando Alvarez Huerta

Director:

Dr. José Alfredo Villagómez Cortés

Dedicatoria

A mis padres y hermano, por haberme apoyado y estado conmigo en este trayecto de preparación profesional, así como nunca dejarme caer. Por siempre brindarme su apoyo económico, consejos, su cariño y su cercanía, a pesar de la distancia.

A mis amigos que encontré en esta experiencia universitaria y a los de mi ciudad natal, por aprender de ustedes y crecer juntos.

Agradecimientos

A los catedráticos de la Universidad Veracruzana por el conocimiento que me impartieron para mi formación universitaria.

A la agencia FIRA por ofrecerme el material e información requerida para lograr los objetivos trazados en este proyecto, así como a mis compañeros y amigos que hice en esta institución.

Índice

Dedicatoria.....	i
Agradecimientos	ii
Resumen.....	iv
Abstract	v
Introducción	1
1. Revisión de literatura.....	3
1.1. El desarrollo en la agricultura.....	3
1.2. Agricultura tradicional.....	4
1.3. Problemática de la agricultura tradicional	6
2. Justificación	8
3. Objetivos.....	10
3.1. Objetivo general	10
3.2. Objetivos específicos.....	10
4. Material y métodos	11
4.1. Tipo de estudio	11
4.2. Diseño de la investigación.....	11
5. Agriculture de bajos insumos.....	13
6. Buenas prácticas agropecuarias	17
7. Manejo Agroecológico de Plagas	22
8. Permacultura	27
9. Agriculture Orgánica	32
10. Agriculture de precisión	39
11. Conclusiones	45
Literatura citada	46

Resumen

Alvarez Huerta José Armando. (2021). *Alternativas al manejo productivo agropecuario tradicional*. Monografía. Licenciatura en Agronegocios Internacionales. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Veracruzana. Veracruz, Ver. Director: Dr. José Alfredo Villagómez Cortés.

La agricultura convencional ha tenido un fuerte impacto negativo sobre el medio ambiente, pues al depender en gran medida de insumos externos como plaguicidas, fertilizantes y otras inversiones, ocasiona una grave contaminación de los cuerpos de agua, degradada y erosiona los suelos, contamina las cadenas agroalimentarias y representa un peligro para la salud de los seres vivos, incluido el humano. En la actualidad, existen diferentes manejos productivos alternos, pero la literatura suele ser especializada y no se abordan en conjunto dichos manejos productivos. El presente trabajo se realizó con el propósito de analizar algunos manejos productivos agropecuarios alternos a la agricultura tradicional convencional. La investigación tuvo dos etapas. En la primera se buscó literatura especializada sobre el tema; en la segunda, el material colectado se clasificó en grandes categorías que conformaron los capítulos de la monografía: agricultura de bajos insumos, buenas prácticas agropecuarias, manejo agroecológico de plagas, permacultura, agricultura orgánica y agricultura de precisión. Cada uno de estos manejos productivos agropecuarios alternos a la agricultura tradicional convencional se describe en términos de sus características y propiedades, ventajas y desventajas comparativas, amigabilidad con el medio ambiente, rentabilidad potencial y factibilidad de adopción por el productor. Se concluye que, el uso de manejos alternativos a la agricultura convencional puede resultar rentable, además de preservar la integridad física y la salud del operario, ser benéfico para el medio ambiente, incrementar la calidad y el valor agregado de los productos, y ser adoptado por pequeños, medianos o grandes productores de cualquier región, en la medida en que consideren que contribuye al logro de su objetivo agronómico.

Palabras claves: Agricultura alternativa, agronegocios, ambiente, contaminación, manejo productivo, gestión de recursos naturales, seguridad alimentaria, sistemas de producción agropecuaria, sostenibilidad.

Abstract

Alvarez-Huerta José Armando, 2021. Alternative approaches to traditional agriculture farming. Monograph. Bachelor's Degree in International Agribusiness. Faculty of Veterinary Medicine and Animal Science, Universidad of Veracruz. Veracruz, Mexico. Advisor: Dr. José Alfredo Villagómez-Cortés.

Conventional agriculture has had a strong negative impact on the environment, depending to a great extent on external inputs such as pesticides, fertilizers and other inputs; it causes serious contamination of water bodies, degrades and erodes soils, pollutes agri-food chains and represents a danger to the health of living beings, including humans. At present, there are different alternative productive managements, but the literature is usually specialized and these productive farming options are not addressed together. The present work was carried out with the purpose of analyzing some alternative agricultural production management to conventional traditional agriculture. The investigation had two stages. In the first, specialized literature on the subject was sought; in the second, the collected material was classified into large categories that made up the chapters of the monograph: low-input agriculture, good agricultural practices, agroecological pest management, permaculture, organic agriculture, and precision agriculture. Each of these alternative agricultural production practices is described in terms of its characteristics and properties, comparative advantages and disadvantages, environmental friendliness, potential profitability, and feasibility of adoption by the farmer. It is concluded that the use of alternative management to conventional agriculture can be profitable, in addition to preserving the physical integrity and health of the operator, being beneficial to the environment, increasing the quality and added value of agriculture products, and exhibiting chances of being adopted by small, medium or large producers from any region, insofar as they consider that it contributes to the achievement of their agronomic objectives.

Key words: Alternative agriculture, agribusiness, environment, pollution, productive management, natural resource management, food security, agricultural production systems, sustainability.

Introducción

Los principales problemas que tiene la agricultura, así como los gobiernos y la sociedad en conjunto, es poder satisfacer la constante y creciente demanda de alimentos y mantener niveles sustentables de los recursos naturales limitados que existen (suelo, agua, vegetación y fauna) (Pérez Vázquez y Landeros Sánchez, 2009). No obstante, con el correr de los años, la agricultura ha tenido un efecto negativo sobre el medio ambiente, pues la agricultura tradicional ha degradado los suelos en gran medida, lo que resulta en la pérdida de la fertilidad, la salinización, la contaminación por agroquímicos y la, erosión de terrenos, como resultado de la eliminación de la cubierta vegetal, de la compactación por maquinaria agrícola y de la reducción del contenido en materia orgánica, lo cual afecta a la estructura y la composición del suelo (Devine *et al.*, 2008). La revolución verde multiplicó la producción agrícola varias veces, pero con un enorme costo ambiental. Si bien la agricultura tradicional benefició a la población al abastecerla de alimento, también afectó en forma fuerte al medio ambiente: contaminación por nitrógeno, fósforo y magnesio en ríos, lagos y aguas subterráneas, agotamiento de minerales del suelo y salinización del suelo en zonas secas, amén de la amenaza que representa para las antiguas prácticas agrícolas tradicionales (Kerr, 2012). Además, en la actualidad, las variaciones climáticas observadas en las décadas recientes son una de las mayores amenazas para los sistemas agrícolas, pues ponen en peligro la integridad ecológica de los agroecosistemas por el uso intensivo de combustibles fósiles, de los recursos naturales, de productos agroquímicos y de maquinaria (Rosenzweig y Hillel, 2015).

De acuerdo con la FAO, en diversos países, la mayor fuente de contaminación del agua es la agricultura; a nivel mundial, el contaminante químico más común en los acuíferos subterráneos, es el nitrato procedente de la actividad agrícola. Al paso de los años, las naciones han tenido un incremento enorme en la utilización de pesticidas sintéticos, de fertilizantes y de otros insumos. Si bien dichos insumos ayudaron a satisfacer la demanda alimenticia mundial, se han convertido en fuertes amenazas para el medio ambiente, así como en probables inconvenientes para la salud humana (Mateo-Sagasta *et*

al., 2017). Debido a su volumen, el riego es el mayor contaminante a nivel mundial de aguas residuales; en el sector agrícola, las tierras reciben anualmente cerca de 115 millones de toneladas de fertilizantes nitrogenados minerales. A nivel global, el medio ambiente se rocía cada año con un promedio de 4.6 millones en toneladas de plaguicidas químicos. Las naciones en desarrollo usan en la agricultura, el 25 por ciento del total mundial de plaguicidas, pero suman el 99 por ciento de las muertes derivadas de su uso en el planeta. En la actualidad, tan solo en el medio acuático europeo se cataloga la presencia de más 700 contaminantes emergentes, sus metabolitos y sus productos de transformación (FAO, 2018). Todas estas influencias negativas agotan y desertizan el suelo, y obligan a renunciar a unos terrenos para arar otros nuevos que, eventualmente, se agotan, con lo que se construye un círculo interminable que destruye el ambiente. Un caso claro es la progresiva deforestación de la selva del Amazonas (West *et al.*, 2019)

Si bien la agricultura clásica ha tenido un efecto decisivo en el desarrollo de la sociedad, ello ha venido aparejado con el deterioro de la salud humana, de la vida silvestre y del ambiente. Para revertir el efecto de la agricultura en el ambiente se necesitan tácticas integrales o enfoques agroecológicos que permitan desarrollar una agricultura más “amigable”, en términos ambientales. Por tal motivo, se realizó este trabajo con el propósito de proporcionar una visión de los diferentes manejos productivos alternos, y considerar si estos pudieran llegar a ser rentables en un país como México, ya que si bien la idea de tener un manejo productivo orgánico o sostenible con el medio ambiente resulta atractiva, la implementación práctica en este momento puede resultar económicamente prohibitiva para el productor, por lo que tal vez tenga que mirar al largo plazo para concretar lo que se considera debe ser el futuro en toda la agricultura.

1. Revisión de literatura

1.1. El desarrollo de la agricultura

Durante la era neolítica, las actividades relacionadas con la agricultura se desenvolvieron siguiendo un modelo productivo que buscaba el mejoramiento de la forma de vida en las comunidades sociales donde se puso en práctica. Este desarrollo comenzó con el uso de elementos técnicos básicos en las distintas civilizaciones en las cuales se aplicaron para el entendimiento de la naturaleza y la obtención de alimentos mediante el cultivo. El aprovechamiento de los recursos naturales permitió generar y obtener riqueza para las poblaciones, por lo que se puede decir que la agricultura tradicional ha sido durante siglos un modo de trabajo que se basa en el capital humano, aunque su uso comenzó siendo muy rudimentario (Purón-Rodríguez y Tejeda-Marrero, 2021).

Eventualmente, durante los procesos de producción, se presentaron excesos en la producción, mismos que originaron los primeros ejemplos rudimentarios de comercio regional entre las comunidades que participaban; de manera casi simultánea, estas poblaciones comenzaron la división del trabajo. Con el tiempo, los elementos clave de la agricultura tradicional evolucionaron hasta consolidarse en una serie de factores clave como: atender la demanda de productos que permiten el abastecimiento de familias pequeñas o grandes, la integración de técnicas agrícolas y equipo tecnológico rudimentario, lo que implica la mano de obra humana y el uso de animales de carga (Masaquiza Moposita *et al.*, 2017).

La tecnología comenzó como elementos rudimentarios como el uso de huesos, sufrió cambios para la creación de herramientas, que se mejoraron cambiando los materiales de construcción por madera o metales. El conocimiento acumulado mediante el desarrollo de diversos esquemas de trabajo también ha mejorado, lo que implica la integración de elementos como el clima, el uso de la agricultura y la ganadería de manera conjunta, así como el manejo agrícola de diversos cultivos que permiten la diversificación (Funes-Monzote *et al.*, 2009). Como consecuencia del rápido crecimiento poblacional de las comunidades a través de la historia y el creciente desarrollo tecnológico y técnico, la agricultura tradicional se ha complementado con nuevos esquemas de trabajo que le permiten adaptarse de manera positiva a los niveles requeridos para satisfacer la necesidad

alimentaria de cada generación. Esta evolución progresiva ha permitido el desarrollo de la agricultura comercial con modelos contemporáneos de trabajo avanzados, dando como resultado producciones óptimas y eficientes en casi cualquier ambiente, con diversificación de los cultivos que los grupos demográficos a través del tiempo (Fernández *et al.*, 2012). A pesar de este crecimiento acelerado existen grupos que intentan mantener los valores y planteamientos de manera tradicional. Los modelos y métodos que utiliza la agricultura tradicional para la producción agrícola se caracterizan por la poca influencia tecnológica y el escaso cuidado y protección al medio ambiente (Pérez Sánchez *et al.*, 2012).

1.2. Agricultura tradicional

La agricultura tradicional es un manejo empírico en los procesos que consiste en aplicar los insumos de manera homogénea, lo que trae consigo una menor producción y rendimiento y mayor costo de producción (Paarlberg, 2009). Entre 1900 y 1940, los agricultores en los países desarrollados comenzaron a utilizar maquinaria eléctrica (tractores, bombas de drenaje, equipo eléctrico), nuevas aplicaciones químicas (fertilizantes nitrogenados sintéticos) y nuevas aplicaciones de la ciencia biológica tanto para la producción agrícola como animal (como maíz híbrido o inseminación artificial) (Uekötter, 2006). Luego, durante el próximo medio siglo, se avanzó hacia la electrificación total, un uso más amplio de productos químicos para controlar malezas y plagas, las aplicaciones de la información y la informática para mejorar la eficiencia de la gestión y la mercadotecnia y, finalmente, nuevos sistemas de sensores como los láseres para la nivelación precisa de los campos (Monreal Lara y López-Cuervo Medina, 2005). La agricultura tradicional es el resultado de las experiencias acumuladas por las prácticas agrícolas locales a lo largo de miles de años. Dichas prácticas tradicionales contribuyeron de manera significativa a la construcción de conocimiento científico en la agricultura, lo que también permite conservar la sostenibilidad del hábitat y la estabilidad alimentaria de sus habitantes frente a la existencia constante de heladas, la escasez fisiológica del agua, las pronunciadas pendientes y la fragilidad de los suelos particulares de dichos ecosistemas (Ávila Bello, 2010).

La Revolución Verde se refiere a una serie de iniciativas de investigación, desarrollo y transferencia de tecnología que ocurrieron en México y otros países como India y Bangladesh entre 1943 y fines de la década de 1970, lo que posibilitó el aumento de la

producción agrícola industrializada en muchos países en desarrollo (Ameen y Raza, 2017). El objetivo de la revolución verde era aumentar la eficiencia de los procesos agrícolas, por lo que las iniciativas incluyeron, entre otros, el desarrollo de granos de cereales de alto rendimiento, la expansión de la infraestructura de riego y la distribución de semillas híbridas, fertilizantes sintéticos y pesticidas a los agricultores (Hussain, 2012). En México, la Fundación Rockefeller estableció un programa en convenio con la Secretaría de Agricultura y Ganadería que incluía la experimentación y aplicación de creaciones de las ciencias agrícolas estadounidenses en regiones ecológicas y sociales favorables para la producción, la generación de conocimientos requeridos para el caso específico del territorio y la preparación de profesionistas nacionales para la ejecución de dichos programas (Hernández-Xolocotzi, 1988). El programa se desarrolló en las zonas más favorables para la agricultura, con facilidades de crédito y con apoyo oficial en lo relativo a los servicios técnicos y de divulgación. Sus resultados fueron sensacionales: crecieron velozmente las producciones de trigo, maíz y frijol, se incrementaron las tierras de riego, se aumentó la producción agrícola de exportación y se mostró que la tecnología actualizada es capaz de solucionar los inconvenientes agrícolas nacionales.

En términos globales, la Revolución Verde mejoró la producción de ciertos cultivos, pero mostró no ser sostenible al causar daños al ambiente, pérdidas dramáticas de biodiversidad y del conocimiento tradicional asociado, favorecer a los agricultores más ricos y dejar a muchos agricultores pobres más endeudados (Pingali, 2012). Sin embargo, el desafío de aumentar la producción de alimentos es más urgente que nunca con el aumento en la población mundial y en la demanda absoluta de alimentos. La producción sostenible de alimentos es uno de los principales desafíos del siglo XXI en una era de crecientes problemas ambientales mundiales, junto con el aumento de la población y la degradación de los recursos naturales, incluida la degradación del suelo y la pérdida de biodiversidad. El crecimiento económico desigual aumenta el poder adquisitivo de los consumidores, la creciente urbanización anima a las personas a adoptar nuevas dietas, y las variaciones y los eventos del cambio climático amenazan tanto a los recursos en aire, tierra y agua (Horlings y Marsden, 2011).

Como resultado de lo anterior, se han dado varios llamamientos a favor de una "revolución más verde", una "revolución doble verde", una "revolución imperecedera", una

"revolución azul" y una "revolución verde africana". Los propulsores de estos movimientos expresan cierto optimismo de que se pueden lograr los aumentos necesarios en la producción de alimentos. Las opiniones varían, sin embargo, sobre la mejor manera de abordar estos desafíos (Armando *et al.*, 2019).

1.3. Problemática de la agricultura tradicional

El problema de la agricultura tradicional es en la actualidad una realidad preocupante que se acrecienta debido al desmedido uso de productos agroquímicos (plaguicidas, foliares y hormonas). La población en general y, los campesinos de la comunidad en lo particular, carecen de una cultura del medio ambiente. La comunidad utiliza los productos agroquímicos para asegurar excedentes de la producción. El manejo desmedido de los productos agroquímicos es resultado de la búsqueda de una mayor obtención de rentabilidad monetaria de las cosechas producidas por los habitantes de la comunidad (Bautista de la Cruz, 2012).

La Revolución Verde, aunque multiplicó la producción agrícola varias veces, tuvo un enorme costo ambiental y puso en peligro la integridad ecológica de los agroecosistemas por el uso intensivo de combustibles fósiles, recursos naturales, agroquímicos y maquinaria. La agricultura es uno de los sistemas altamente sensibles influidos por los cambios en el clima. En los últimos años, los impactos del cambio climático se han convertido en las mayores amenazas para la seguridad alimentaria mundial (Paarlberg, 2009; Xiao *et al.*, 2007). La agricultura también es responsable de los efectos en el paisaje dentro y fuera del sitio. Los principales efectos en el sitio están relacionados con la degradación del suelo e incluyen una mayor densidad aparente, una reducción de la estabilidad de los agregados y el agotamiento del contenido de nutrientes y carbono. Si bien, se ha mencionado anteriormente como la producción agrícola tradicional ha beneficiado a la población con el abastecimiento alimenticio mundial, este ha traído consigo grandes contaminaciones al medio ambiente, agua, suelo ocasionando la acumulación de nitrógeno y un empobrecimiento en la calidad de agua que abastece a las regiones agrícolas, ciudades y poblaciones, afectando la calidad y el desarrollo de las personas (Altieri y Nicholls, 2017; Garnier *et al.*, 2019).

La agricultura del futuro tendrá que probar e implementar otros tipos de manejos distintos al tradicional o convencional que resulten benéficos tanto para el consumidor como para las unidades de producción, las cuales deben de tener un manejo adecuado que permita la producción de manera racional. De este modo, el desarrollo del sistema agrícola debe ser redituable al utilizar métodos que permitan reducir los daños ocasionados por la agricultura tradicional. En la actualidad, existe una gran diversidad de manejos productivos: “revolución azul”, agricultura para el desarrollo sostenible, agroecología, agricultura en agroecosistemas, agricultura de conservación, producción regenerativa, agricultura periurbana y de traspasio, agricultura urbana, agroecoturismo y ecoturismo, buenas prácticas agrícolas y pecuarias, manejo agroecológico de plagas, agricultura de bajos recursos externos, hidroponía, agricultura ecológica y orgánica, permeacultura, agricultura de precisión, entre otras. La presente investigación se centra en aquellos manejos que se considera pueden ser los más factibles para que productores de distintos niveles y regiones los apliquen, debido a su potencial de minimizar el daño ambiental, su rentabilidad y/o su atractivo para los consumidores.

2. Justificación

México es el décimo país más poblado del mundo, con cerca de 130 millones de personas, 77% de las cuales residen en localidades urbanas. Las actividades en el sector primario tienen un papel fundamental, para el abastecimiento y la seguridad alimentaria de México, pero los productores de pequeña y mediana escala, quienes constituyen el 85% del total de productores agroalimentarios, generan más del 60% del empleo contratado y son poseedores y garantes de la agrobiodiversidad (FAO, 2021). De manera adicional, México es uno de los países con mayor diversidad biológica y cultural en el mundo, pero el país ha perdido alrededor del 50% de sus ecosistemas naturales, la contaminación de los ecosistemas y la afectación de los suelos es considerable, con casi la mitad de los mismos con algún proceso de degradación).

El marcado incremento de la población mundial en los últimos años, así como su demanda creciente por alimentos ha puesto una fuerte presión sobre la agricultura. La producción escasa, con bajos rendimientos, que se da en varios lugares afecta de manera directa el abasto de los alimentos necesarios para la subsistencia de la población. De manera adicional, existe una preocupación creciente sobre los efectos nocivos del uso excesivo de los insumos químicos en el medio ambiente que provocan la contaminación del suelo y el agua, la destrucción de la fauna y las comunidades microbianas, la reducción de la fertilidad del suelo y el aumento de la susceptibilidad de los cultivos a las enfermedades (Fliessbach, 2000).

En resumen, la agricultura tradicional convencional ha traído consigo grandes inconvenientes, y si bien su práctica es favorecida por los pequeños productores, los diversos manejos que se promueven pueden llevar a una agricultura más eficiente que les permita un crecimiento en sus ingresos. La presente investigación apunta a proporcionar una visión global de los diferentes manejos existentes, para no limitarse a un mismo manejo que ha perdurado a través de varias generaciones. Este trabajo se realiza bajo la premisa de que es posible lograr un cambio en el manejo tradicional agrícolas, y que los productores pueden optar por un manejo alterno que sea amigable con el medio ambiente y, sobre todo, rentable. La ignorancia y la desinformación son problemas centrales para conocer otros

tipos de manejo productivo, de modo que la presente investigación busca condensar las características salientes de algunos de los diferentes manejos productivos que existen en la actualidad, lo que se puede esperar de su implementación y la factibilidad de adopción para un productor promedio en las condiciones de México y América Latina. Es cierto que existen algunos expertos y eslabones en las distintas cadenas productivas que ya tienen conocimiento explícito de algunos manejos en lo individual, pero no se encontró documento alguno donde se aborden en conjunto todos los manejos productivos. Este trabajo plasma con claridad los beneficios y los principales problemas de cada manejo, con fundamento en documentación fiable elaborada por expertos en la materia de carácter internacional.

3. Objetivos

3.1. Objetivo general

Analizar algunos manejos productivos agropecuarios alternos a la agricultura tradicional convencional.

3.2. Objetivos específicos

- Analizar las características generales de la agricultura de bajos recursos, las buenas prácticas agrícolas, el manejo agroecológico de plagas, la permacultura, la agricultura orgánica y la agricultura de precisión.
- Describir cada uno de estos manejos productivos agropecuarios alternos a la agricultura tradicional convencional en términos de su amigabilidad con el medio ambiente, su rentabilidad potencial y su factibilidad de adopción por el productor.

4. Material y métodos

4.1. Tipo de estudio

El alcance de la investigación es diverso. En principio, el estudio es exploratorio porque busca reunir información dispersa acerca de un tema sobre el que existen muchos documentos publicados, pero no compendiados, y no es del conocimiento ni del dominio de quienes no son especialistas sobre el particular. El alcance también es descriptivo porque en gran medida se encamina a una observación general de tipo aproximativa donde se procede a mencionar las características generales de la agricultura de bajos recursos, las buenas prácticas agrícolas, el manejo agroecológico de plagas, la permacultura, la agricultura orgánica y la agricultura de precisión, en contraste con la situación productiva agrícola tradicional.

Por otra parte, la investigación tiene un enfoque cualitativo, pues se recopila información relacionada con los diversos manejos productivos agropecuarios alternos a la agricultura tradicional convencional, tema sobre el cual se busca obtener publicaciones especializadas recientes. El estudio se considera como no experimental, dado que no se tuvo control sobre las variables asociadas con la investigación; se analiza el estado actual del conocimiento sobre el tema elegido, sin manipulación ni intervención por parte del investigador. Al tratarse de una monografía, la investigación fue documental e implicó la búsqueda de diversos documentos con alto nivel de confiabilidad sobre el tópico como fuentes de información.

4.2. Diseño de la investigación

La investigación tuvo dos etapas. La primera fue de carácter documental y se centro en la busca de información sobre el tema a través de la indagación en diversas revistas científicas, publicaciones periódicas, documentos oficiales o informes técnicos de instituciones públicas o privadas, textos, trabajos presentados en congresos, conferencias, seminarios y foros, tesis y trabajos de grado, monografías. Para tal efecto se visitó la biblioteca Jesús Tavizón Araiza de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Veracruzana para la búsqueda de material bibliográfico. Por otro lado, se recurrió a la Biblioteca Virtual de la Universidad Veracruzana, donde se exploraron las

bases de datos con que cuenta la universidad, así como otros documentos de algunas páginas electrónicas como scielo, redalyc, google académico, DOAJ (Directory of Open Access Journals) y ScienceDirect. Para la recolección de la información se utilizaron también recursos electrónicos como sitios de internet y páginas oficiales de instituciones y organismos nacionales e internacionales relacionadas con al sector agropecuario. La búsqueda de documentos electrónicos se realizó a través de varios motores de búsqueda: google, yahoo y altavista, y para ello se recurrió a palabras clave tanto en español como en inglés, tales como: agricultura tradicional, agricultura convencional, agricultura de bajos recursos, buenas prácticas agrícolas, manejo agroecológico de plagas, permacultura, agricultura orgánica y agricultura de precisión, entre otros términos.

En su segunda etapa, la investigación fue de gabinete, para lo cual se organizaron los datos obtenidos en una secuencia lógica. Para ese propósito, todo el material colectado se clasificó en grandes categorías que se identificaron como capítulos de la monografía. Para ello, se revisaron, analizaron e integraron los datos procedentes de diferentes fuentes documentales que estaban relacionados para integrar el escrito final.

5. Agricultura de bajos insumos

La agricultura de bajos insumos es un conjunto de prácticas de carácter extensivo que se aplica en zonas con escaso desarrollo tecnológico, en la que se reduce la aplicación de fertilizantes y plaguicidas, lo cual se trata de compensar con prácticas culturales, manejo integrado de plagas y gestión de los recursos (Dubey *et al.*, 2020). Los insumos a los que se refiere esta definición incluyen, entre otros, la mano de obra, el capital, el combustible y el fertilizante. Los sistemas agrícolas que usan pocos insumos en forma deliberada, suelen disponer de recursos limitados, por lo que intentan optimizar la gestión y el empleo de insumos de producción internos (esto es, los recursos de que dispone la unidad de producción agropecuaria) y de minimizar el empleo de insumos de producción externos (los recursos ajenos a la misma, como los fertilizantes y plaguicidas), con el propósito de reducir los costos de producción, evitar la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas, disminuir la presencia de residuos de plaguicidas en los alimentos, abatir el nivel general de riesgo del agricultor y aumentar la rentabilidad de la unidad de producción a corto y largo plazo (Stenholm y Waggoner, 1990).

Un desafío importante para la sostenibilidad global es el maximizar la producción de alimentos para poder alimentar a una población humana en rápido crecimiento, mientras se minimiza el uso de recursos críticos y la degradación de la calidad del suelo (Sarkar *et al.*, 2020). Las prácticas agrícolas sostenibles que se basan en el empleo de bajos insumos externos son de suma importancia para reducir las compensaciones ambientales y la producción de alimentos saludables para el planeta. El papel de la agricultura sostenible de bajos insumos es entonces garantizar la seguridad alimentaria al tiempo que salvaguarda los recursos naturales críticos para el bienestar humano (Dubey *et al.*, 2020).

Pimentel *et al.* (1989) señalan que los principios que subyacen a un sistema agrícola sostenible de bajos insumos son: (1) adaptar el sistema agrícola al medio ambiente de la región, incluidos el suelo, el agua, el clima y la biota presente en el sitio; (2) optimizar el uso de recursos biológicos, químicos y físicos en el agroecosistema. Por su parte, Cravo (1991) menciona que el sistema de cultivo con bajos insumos se sustenta en: 1) adaptación de las plantas a las limitaciones del suelo en vez de mejorar los suelos para adecuarlos a las necesidades de las plantas; 2) maximización de los rendimientos de los cultivos por unidad

de insumo químico aplicado y 3) uso ventajoso de las características favorables de los suelos ácidos infértilles. De acuerdo con Altieri y Nicholls (2007, el convertir un sistema convencional de producción, que se caracteriza por un monocultivo que se maneja con altos insumos, a un sistema diversificado de bajos insumos, se basa en dos pilares agroecológicos: la diversificación del hábitat y el manejo orgánico del suelo.

La agricultura de bajos insumos externos puede ser poco productiva o de alto rendimiento, en función de la intensidad del uso de los recursos y de la mejora de los recursos locales. La agricultura que usa recursos disponibles localmente y renovables, usa pocos insumos externos o ninguno, y se orienta por lo general solo a la subsistencia, razón por lo que se le conoce como agricultura de bajos insumos externos y tiene lugar principalmente en zonas con un "bajo potencial" ecológico. Cravo (1991) argumenta que el sistema de cultivo continuo con altos insumos, a pesar de sus ventajas agronómicas y económicas, sólo es posible en regiones que posean suficiente infraestructura vial, de mercado y de crédito, para que los productores puedan comprar fertilizantes y otros insumos y vender sus productos de dos o tres cosechas anuales a precios compensatorios.

En la agricultura de bajos insumos las mejoras agrícolas se deben buscar a partir de los insumos disponibles en forma local, de otras innovaciones tecnológicas que sean ecológicamente compatibles, y del uso intensivo de recursos renovables. Este tipo de sistema agrícola tiene la capacidad para producir alimentos de manera indefinida y rentable sin perjudicar la calidad de los recursos naturales, por lo que se realizan prácticas seguras para suministrar alimentos nutritivos y reducir los riesgos para la salud al disminuir la fuerte dependencia de insumos externos y promover el uso de insumos de producción internos (Najafabadi *et al.*, 2012). De hecho la mayoría de los productores con escasos recursos carecen de productos agroquímicos, como fertilizantes, insecticidas, fungicidas y herbicidas, de energía agrícola y equipo motorizado. Por otro lado, las opciones de gestión deben considerar las deficiencias en nutrientes de los suelos, las precipitaciones pluviales erráticas e imprevisibles y el limitado potencial de ampliación de las instalaciones de riego. En estas situaciones, la tecnología mejorada debe ser evaluada por un conjunto múltiple de indicadores de rendimiento del sistema: productividad, estabilidad, sostenibilidad y equidad. Ello apunta también a la necesidad de formar personal técnico especializado que pueda apoyar de manera apropiada a los productores en estos aspectos (Madden, 1988). En

contraste con las técnicas agrícolas tradicionales, que tienen una baja productividad, los sistemas mejorados deben tener una alta productividad, junto con una alta estabilidad y bajos riesgos. Por lo tanto, las tecnologías adecuadas, tales como las variedades y los cultivos tienen que ser eficientes en cuanto a los recursos (Williams, 1990). En conexión con esto, Suso *et al.* (2013) comentan que la diversidad biológica es imperativa cuando se trata de promover una agricultura de bajos-insumos, ya que en estos sistemas, la producción tiene que basarse en los utensilios suministrados por la diversidad dentro y entre cultivos, en usar los recursos locales e incluir a las variedades tradicionales, como fuente de genes útiles y de genotipos, para el desarrollo de nuevas variedades o para que las variedades locales evolucionen como nuevas poblaciones. En consecuencia, la agricultura de bajos insumos externos podría ser poco provechosa y de rendimiento elevado en función de la magnitud de la producción y de la optimización de los recursos locales.

Los países en desarrollo dependen de la agricultura para mantener sus medios de vida rurales y el progreso en su estilo de vida. Si bien existen varias limitaciones (por ejemplo, la presión de la tierra o insumos costosos) que afectan la rentabilidad del proceso agrícola, las variaciones climáticas ocurridas en décadas recientes son una amenaza adicional para la sostenibilidad general de la producción agrícola (Rosenzweig e Hillel, 2008). Por otro lado, las actividades agrícolas contribuyen a dicha variación climática, ya que el sector agrícola por sí solo representa el 13.5% de las emisiones de los gases con efecto invernadero (IPCC, 2008). Por tanto, es necesario modificar las prácticas agrícolas para lograr una agricultura sostenible y resiliente al clima.

Pimentel *et al.* (1989) demostraron que, en los sistemas que operan con bajos insumos, se pueden mantener altos rendimientos de maíz y reducir los costos de insumos mediante el manejo adaptativo del suelo, el agua, la energía y los recursos biológicos. Por ejemplo, la erosión del suelo se redujo de 18 toneladas por hectárea al año a solo una, se logró y el control de plagas sin el uso de pesticidas. Esto redujo los costos de producción de maíz en un 33% al tiempo que bajó los insumos de energía fósil en aproximadamente un 50%. Por su parte, Cravo (1991) menciona que, en el área del Amazonas, una de las prácticas que se evidencia como una de las más importantes en el sistema de bajos insumos es una buena quema de la vegetación, pues de ella depende la liberación de nutrientes contenidos en la biomasa, en forma de ceniza; por el contrario, el principal problema que se

evidencia para el sistema de bajos insumos es la competencia de malezas, ya que el aumento progresivo en las dificultades para controlar las malezas torna inestable al sistema de bajos insumos, a partir del tercer año de su establecimiento.

El concepto de agricultura de bajos insumos se desarrolló como resultado de la creciente toma de conciencia del público y de los agricultores sobre los impactos negativos de los sistemas de cultivo intensivo altamente especializados, intensivos en capital y agroquímicos (fertilizantes y plaguicidas) en el medio ambiente, y su efecto negativo sobre la calidad de vida (Dubey *et al.*, 2020). En este sistema se integran los recursos naturales disponibles de manera local (suelo, agua, vegetación, plantas y animales) y los recursos humanos (trabajo humano, conocimientos y habilidades), para mantener un sistema de producción económico, ecológico, cultural y social de manera sostenible. Aunque el uso de insumos externos no se excluye por completo, la agricultura de bajos insumos aboga por el uso mínimo y juicioso de los recursos externos para lograr una agricultura sostenible. De hecho, se han desarrollado tecnologías específicas para algunos cultivos, por ejemplo, Turrent Fernández *et al.* (2017) proponen un sistema tecnológico milpa intercalada en árboles frutales para hacer más productiva y sustentable la agricultura tradicional de maíz de temporal en pequeña escala.

En síntesis, la agricultura de bajos insumos es un tipo de manejo apropiado para los pequeños productores que carecen de capital líquido, así como de personal altamente capacitado. A través de este sistema, se busca la implementación de conocimientos técnicos y de prácticas innovadoras que reduzcan los costos en la producción. Si bien este tipo de manejo puede ser poco productivo, al intensificar su aplicación durante los ciclos productivos se pueden obtener rendimientos altos, lo que permite el crecimiento de los productores, así como la diversificación de los cultivos a través del tiempo, con una mejora en sus condiciones, además de implementar una mayor demanda de mano de obra.

6. Buenas prácticas agropecuarias

Las buenas prácticas agropecuarias son el conjunto de procedimientos, actividades, condiciones y controles que se aplican en las unidades de producción, con el objeto de disminuir los peligros asociados a agentes físicos, químicos o biológicos, así como los riesgos sanitarios en los bienes producidos para consumo (Izquierdo y Rodríguez Fazzone, 2006).

La FAO (2002) presentó una iniciativa de buenas prácticas agrícolas como un mecanismo para llevar a cabo medidas concretas en pro de la agricultura y el desarrollo rural sostenible, dado que hasta ese momento, el sector agrícola carecía de un marco unificador para orientar el debate y la acción de los países en materia de políticas y métodos para lograr una agricultura sostenible. Por tal motivo, su propuesta considera los siguientes aspectos: suelo, agua, producción de cultivos, y piensos, protección de los cultivos, producción animal, salud animal, bienestar animal; cosecha, elaboración y almacenamiento en la granja; energía y gestión de los desechos.

Las buenas prácticas agropecuarias surgieron en las últimas décadas como una respuesta al aumento de las exigencias fitosanitarias y de inocuidad para la producción agrícola, el crecimiento del consumo, la ampliación de los mercados a escala mundial, y el surgimiento de consumidores cada vez más preocupados por el origen y composición de los alimentos. En síntesis, las buenas prácticas agropecuarias son un mecanismo para cubrir la necesidad de obtener productos de calidad a costos competitivos, pero una de las consecuencias es que muchos sectores quedaron relegados debido a su poca capacidad para responder a estas nuevas exigencias. Otras dificultades son que en algunos países, persisten prácticas de producción y gestión empresarial inadecuadas que hacen que se agraven las condiciones de seguridad alimentaria, debido a las fuertes barreras que encuentran los pequeños productores para acceder a los mercados. También contribuyen al deterioro de los recursos naturales y a la acentuación de la pobreza rural, la aplicación de técnicas inapropiadas, la baja competitividad y productividad de los cultivos, y la ausencia de estándares y normas de calidad debido a los bajos precios de esos productos en el mercado. Es en este contexto que algunas instituciones, públicas y privadas, preocupadas por la inocuidad y la sostenibilidad de la producción comenzaron a promover conceptos, realizar

consultas e instrumentar programas sobre Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) en conjunto con los distintos actores de la cadena agroalimentaria (FAO-OIE, 2009).

La busca de una transición inmediata a sistemas de producción sostenibles y de ordenación de los recursos naturales de los que vive la colectividad pretende que se logre integrar en estrecha interacción las aportaciones biológicas y tecnológicas, que se incorporen en forma más completa los precios de producción, se sostenga la productividad y la igualdad ecológica y se restablezca la confianza del consumidor en sus productos y procedimientos de producción. Como resultado del éxito de este proceso se beneficiarán los pequeños, medianos y grandes productores, quienes obtendrán un valor agregado por sus productos y lograrán un mejor ingreso a los mercados; los clientes, que disfrutarán de alimentos elaborados de manera sustentable, de mejor calidad e inocuos, y el comercio y la industria, que conseguirán ganancias al entregar mejores productos; y la población en general, que gozará de un mejor medio ambiente (CONAFOR, 2006).

Para conseguir los fines de las buenas prácticas agropecuarias, urge generar conciencia entre los gobiernos y cada una de las partes interesadas, en especial los productores y clientes, de lo que constituye la agricultura sustentable. Los gobiernos y las instituciones privadas requieren formular y ejercer políticas de apoyo. Pomareda (2009) opina que si bien la seguridad alimentaria debe ser un objetivo de desarrollo, las políticas nacionales deben considerar en forma explícita las implicaciones que tiene la inestabilidad de la producción, especialmente en el caso de los alimentos básicos, por lo que resulta necesario hacer cambios significativos para incentivar un mejor balance entre la agricultura de exportación y aquella que genera productos para el mercado interno. Por su parte, los agricultores deben responder a los incentivos de disponer de un mejor ingreso al mercado y el valor agregado derivado de adoptar aquellos procedimientos de producción que satisfacen la demanda de la industria alimentaria y el consumidor. Para eso, los agricultores requieren una orientación sin ambigüedades y saber cómo llevarla a la práctica. Los agricultores requieren ser eficientes y competitivos, pero a la vez, tienen que obtener precios adecuados por sus productos (FAO, 2002). Al respecto, Gutiérrez-Guzmán *et al.* (2012) realizaron una jerarquización de los factores y subfactores críticos que afectan la implantación de un programa de buenas prácticas agrícolas para pequeños productores de

café y frutas en el departamento del Huila en Colombia y encontraron que la mayor barrera para implantar un programa de BPA es la necesidad de invertir en infraestructura.

Las buenas prácticas agropecuarias se basan en la aplicación del entendimiento disponible a la implementación sustentable de los recursos naturales básicos para la producción, en forma benéfica, de productos agrícolas alimentarios y no alimentarios inocuos y saludables, a la vez que se procura la viabilidad económica y el equilibrio social. En el fondo se trata del entendimiento, la comprensión, la organización y mensura, el registro y administración orientados al logro de fines sociales, del medio ambiente y productivos específicos. Esto requiere un plan de administración sólida y completa, así como la función de hacer ajustes tácticos una vez que las situaciones lo precisen (El-Hage Scialabba y Hattam, 2003). Desde el punto de vista ambiental, estas prácticas se relacionan con la promoción de la reposición y rehabilitación de los ecosistemas y la recuperación de la totalidad ecológica, lo cual puede contribuir a conseguir un equilibrio en medio de las necesidades humanas y las de la diversidad biológica, por medio del restablecimiento de una secuencia de funcionalidades de los ecosistemas. Las prácticas de reposición dan además la posibilidad de revertir la degradación de las tierras y de recuperar la diversidad biológica, así como los servicios de los ecosistemas, en especial si las prácticas son aplicadas en una escala de paisaje (CONAFOR, 2006).

Existen varias publicaciones que comparten experiencias en la aplicación de Buenas Prácticas Agropecuarias, Villoch (2010) apunta que son documentos que recogen las recomendaciones de las condiciones que deben crearse para la producción de alimentos de calidad e inocuos e incluyen los requisitos para lograr producciones que no afecten al medio ambiente y cuiden la salud de los trabajadores. En el caso particular de la leche, señala que la aplicación de la Buenas Prácticas propicia la obtención eficiente de leche de calidad y sus requisitos guardan relación con los indicadores de las especificaciones de este; sin embargo, existe un elevado número de recomendaciones que muchas veces los pequeños productores no tienen capacidad de asumir, por lo que es preferible seleccionar las guías propias de cada país o bien las elaboradas por la Federación Internacional de Lechería con la Organización para la Agricultura y Alimentación de la Organización de Naciones Unidas. Las diseñadas por iniciativas privadas son muchas veces impuestas por

mercados específicos y establecen la necesidad de certificaciones como forma de demostrar su cumplimiento.

Somoza *et al.* (2018) evaluaron la situación ambiental de un establecimiento rural en la región Pampeana Austral antes de la implementación de Buenas Prácticas Agrícolas. Del total de los aspectos evaluados, el 60% de los puntos de control analizados presentaron una situación ambiental óptima o adecuada para la incorporación de Buenas Prácticas Agrícolas y el resto una situación comprometida, por lo que concluyeron que la mayor parte de los procesos y acciones llevadas a cabo en el establecimiento rural son favorables para la puesta en marcha de dichas prácticas, pero señalan que mientras se incorporan técnicas que aumentan la sustentabilidad en términos de conservación de suelos, aumenta la demanda de insumos energéticos, de agroquímicos y de la cantidad de litros utilizados por año.

Jaramillo (2017) evaluó el grado de desempeño de las buenas prácticas agropecuarias de la unidad productiva de ovinos en el municipio Holguín, Valle; Colombia y concluyó que la unidad productiva evaluada presenta algunos avances en la implementación de buenas prácticas pecuarias; sin embargo, la capacitación del personal es deficiente, ya que no se abordan temas específicos que conlleven al cumplimiento efectivo de prácticas y procedimientos que contribuyan al desarrollo sostenible del sistema.

Flores-González *et al.* (2019) analizaron la adopción de tecnologías de buenas prácticas ganaderas en comunidades ganaderas tzeltales en Ocosingo, Chiapas e identificaron que las principales limitantes o barreras para mejorar la adopción de las técnicas propuestas fueron la falta de financiamiento y/o crédito, el desconocimiento del mercado y la ignorancia de nuevas técnicas.

La certificación buenas prácticas agropecuarias constituye un beneficio en la producción, ya que permite generar documentación esencial como: procedimientos, registros, planes de trabajo, programas de capacitación, entrenamiento, supervisión. Con ello, se garantiza la inocuidad de los alimentos, la seguridad de los trabajadores, la rastreabilidad de los alimentos y la sostenibilidad ambiental, contribuyendo a proteger la salud de los consumidores, ya que en cada etapa disminuye los peligros asociados a agentes físicos, químicos o biológicos, y se logra la inocuidad de los alimentos. Para ello, existen diversos organismos que otorgan dicha certificación, tanto en el ámbito nacional como

internacional. Mur-Cardona y Molano-Molina (2016) realizaron un seguimiento al proceso de Certificación de Buenas Prácticas Ganaderas en una Unidad Productiva Bovina de una institución educativa en Colombia e identificaron como avances las condiciones de manejo adecuadas (42.60%), la asistencia profesional (25.90%), y en menor grado la existencia de instalaciones, áreas o terrenos y las certificaciones o constancias oficiales. A su vez, los principales aspectos a mejorar fueron la carencia de registros y protocolos sanitarios” (21.30%), la ausencia de demarcación de áreas (17.00%), y con menor proporción el déficit de equipos o implementos (12.80%), la adecuación de instalaciones (12.80%) y los carencia de registros y protocolos de manejo (10.60%).

En síntesis, las buenas prácticas agropecuarias son convenientes para los productores de corte empresarial que desean hacerse competitivos y conseguir precios más justos por sus productos. No obstante, la adopción de algunas prácticas puede requerir hacer una inversión económica en infraestructura, capacitación del personal y pago de certificaciones, además de un compromiso con el cambio y trabajo arduo y constante.

7. Manejo Agroecológico de Plagas

El manejo agroecológico de plagas es un sistema de cultivo que se aplica en una unidad de producción agrícola autónoma con base en la utilización optima de los recursos naturales, sin recurrir a productos químicos sintéticos (SADER, 2020). La agroecología es la ciencia que estudia los diseños agrarios y los ecosistemas, en la búsqueda de espacio sostenible y económicamente viable, con todos los componentes que rodean un ecosistema, suelos, cultivos e insectos; es decir, estudia todas las partes del agroecosistema (Altier y Nicholls, 2000). Migliorini y Wezel (2017) afirman que tanto la agroecología como la agricultura orgánica ofrecen contribuciones prometedoras para el futuro desarrollo de la producción agrícola sostenible y de los sistemas alimentarios, especialmente si sus principios y prácticas convergen en un enfoque transformador que impida la convencionalización de los sistemas agroalimentarios. La agroecología puede desempeñar un papel importante en la búsqueda de soluciones para los desafíos de las plagas. Estos autores mencionan que los métodos agroecológicos ya están disponibles y se utilizan, y que los pequeños agricultores del mundo, que representan el 80% del número total de granjas y producen más del 50% de los alimentos del mundo en el 20% de la superficie agrícola, podrían duplicar la producción de alimentos dentro de 10 años en las áreas de inseguridad alimentaria del planeta. Cuando se habla de agricultura de base ecológica, la agroecología es cada vez más mencionada y reconocida, y actualmente hay grandes discusiones sobre similitudes, sus principios y prácticas divergentes. La agroecología se reconoce cada vez más como un movimiento social o político, representado por organizaciones e individuos que exponen los conflictos existentes en la sociedad al proponer cambios políticos y sociales. Para Gliessman (2007), la agroecología no puede restringirse a una serie de prácticas que pueden estandarizarse.

Dado que la agricultura tradicional utiliza métodos que la mayoría de las veces no preservan la integridad de los ecosistemas, el ambiente y la biodiversidad, no es sostenible en el tiempo, por lo cual resulta imperativo utilizar técnicas agrícolas ecológicas de la agroecología, la cual maneja las técnicas agrícolas de manera holística, creando agroecosistemas, y considera todos los componentes que lo integran con base en la teoría de sistemas. A partir de esto surge el manejo integrado de plagas, el cual se fundamenta en el uso de varias técnicas ecológicamente compatibles, con el objetivo de mantener

poblaciones de artrópodos, patógenos y otras plagas por debajo del umbral de daño ecológico. En este caso, los insectos son los principales causantes de “stress” biótico para las plantas, pues causan daño directo o funcionan como vectores de agentes fitopatólogicos (Pascal, 2016)

Vázquez Moreno (2007) traza el desarrollo y evolución del manejo agroecológico de plagas en los sistemas agrarios de Cuba, el cual es muy semejante al de otros países, pues ha transitado por varias etapas en las que se han utilizado diferentes metodologías de control. En la década de 1970s se comenzaron a desarrollar alternativas a los productos químicos, como los sistemas de diagnóstico y señalización, el programa de lucha biológica y más tarde el manejo integrado de plagas. La etapa actual en que se adopta el manejo agroecológico de plagas de manera generalizada es la culminación de dicho proceso, y los plaguicidas químicos se emplean solo ante una determinada necesidad justificada. De hecho esta disciplina se desarrolló en la busca de nuevos conocimientos y enfoques para lograr una agricultura más sustentable. Vázquez y Pérez (2017) mencionan que, en la actualidad, se han generado tecnologías para la producción masiva de agentes de control biológico, que se utilizan en forma rutinaria en diversos cultivos de importancia económica en Cuba.

El enfoque agroecológico busca manejar y/o convivir con las malezas, manteniéndolas en niveles tolerables que no signifiquen una competencia desmedida. Parte de la idea que las malezas son un componente más de un sistema productivo y que cumplen una función o servicio ecosistémico (Astier *et al.*, 2008). Las plantas que crecen de manera espontánea en un monocultivo se deben considerar como plantas indicadoras, pues son un conjunto de especies pioneras en la sucesión vegetal que advierten sobre el estado de los suelos (fertilidad) y alguna posible deficiencia o exceso de micronutrientes o minerales y de pH (Gliessman, 2002). El manejo de plagas se sustenta en la aplicación de agroquímicos, tanto por productores como por técnicos, lo que provoca diversos problemas como consecuencia de la dependencia en el uso de plaguicidas. Al impulsar una estrategia diferente, como el manejo agroecológico de plagas, se aplica una visión mucho más amplia que sustenta los principios del manejo agroecológico y no sólo busca sumar alternativas de manejo (Devine *et al.*, 2008).

El manejo agroecológico de plagas trata de identificar los principios de las plagas para incidir en las razones y cambiar las condiciones que hacen que se expandan, de allí que los instrumentos resultan muy relevantes. El manejo agroecológico de plagas se basa en el muestreo, ya que antes de tomar decisiones con respecto al funcionamiento y manejo de las plagas se hace un muestreo que justifique hacer alguna acción, pues el ver un insecto en el cultivo no es sinónimo de enfrentar una plaga, sino que esto ocurre una vez que se comprueba que esa especie de insecto perjudica económicaamente al productor (SADER, 2020). Es importante comprender que por cada plaga hay un cierto número de insectos benéficos, y se deben suministrar las condiciones para que éstos logren funcionar de la mejor manera. Los insectos benéficos tienen la posibilidad de regular la población fitófaga (dañina), y aquello es lo cual se hace con el funcionamiento agroecológico de plagas, propiciar las condiciones para que aquellos insectos benéficos funcionen. Se acercan plantas atractivas para los insectos benéficos y se suman alternativas para eludir los tratamientos con agroquímicos. Para que haya un óptimo control biológico se tienen que juntar plantas que son interesantes y atractivas para ellos. El uso de herramientas, como las trampas con feromonas y las trampas cromáticas, de luz o con atrayentes alimenticios. Dependiendo de la biología de los insectos, se utilizará una u otra. En este sentido, se puede soportar cierta población de insectos en una parcela, empero si la población que hay no justifica una acción de control, no hay razón para hacerla, ni utilizar plaguicidas en forma indiscriminada (Cucchi, 2020).

El manejo agroecológico de plagas posee un enfoque holístico y considerar todas las variables que pueden afectar a la plaga o a las plantas. Por ejemplo, Altieri y Nicholls, C. I. (2006) señalan que los métodos culturales de manejo de suelos tales como la fertilización afectan la susceptibilidad de las plantas al ataque de insectos plaga a través de alteraciones en los niveles de nutrientes en los tejidos. Se ha encontrado que la habilidad de una planta a tolerar la incidencia de plagas o enfermedades está ligada a las condiciones óptimas del suelo, en particular a las propiedades biológicas. Los cultivos que crecen en suelos con un alto contenido de materia orgánica y con alta actividad biológica exhiben por lo general menor incidencia de plagas. Estas reducciones parecen atribuirse a niveles menores de nitratos libres en el follaje.

El manejo agroecológico de plagas es un enfoque que no tiene por fin maximizar los rendimientos y la ganancia, sino que prioriza la mejora en la productividad del sistema, lo que incluye el aprovechamiento de los recursos y el obtener rendimientos suficientes para asegurar la calidad de vida del núcleo familiar productor. Se busca conseguir un equilibrio en el desempeño del agroecosistema que posibilite el reducir los inconvenientes que se muestran, desde el diseño de una agricultura biodiversa, sustentable, resiliente y eficiente. El enfoque agroecológico estima que el razonamiento creado en las instituciones de educación superior y en los centros de investigación se debe complementarse con la percepción y conocimientos que poseen los agricultores. El razonamiento sobre el manejo y desempeño de los agroecosistemas y la generación de tecnología se enriquece al realizarse desde el diálogo de saberes entre el conocimiento profesional y el de los agricultores, en un proceso de relación innovadora en las sociedades rurales (Cap *et al.*, 2012). A ello contribuye el hecho de que, en la actualidad, la agricultura agroecológica no se ve impulsada por el mercado. De manera adicional, el momento no existen sistemas de certificación ni etiquetas para el producto, pues todavía no se define de manera única como debe hacerse el manejo y no existen umbrales de entrada claros, como el origen y cantidad de los insumos (orgánicos o químicos).

Cap *et al.* (2012) denominan “transición agroecológica” al proceso de transformación de los sistemas convencionales de producción hacia sistemas de base agroecológica. Este proceso comprende no solo recursos técnicos, productivos y ecológicos, sino además puntos socioculturales y económicos del campesino, su familia y su sociedad. Por ello, la transición agroecológica debe entenderse como un proceso multilíneal de cambio que pasa por medio del tiempo. Una vez que se analiza este proceso, es primordial eludir el reduccionismo que estima la transición agroecológica como un proceso técnico. La producción se relaciona de manera íntima con las condiciones del medio ambiente de cada agroecosistema y debe ajustarse en esa realidad, sin dejar de estar comprometida y condicionada por los procesos socioculturales y organizativos.

Marasas *et al.* (2012) señalan que la transición agroecológica es un proceso complejo en el que se articulan distintas escalas (finca, comunidad local, territorio) y que se ve afectada por factores sociales, económicos, tecnológicos, culturales, políticos y ecológicos. Para analizar un proceso de transición se requiere inicialmente de la comprensión de cómo

funcionan los agroecosistemas (la estructura y procesos que ocurren en él) y los diferentes modos de intervención de los seres humanos, quienes toman la decisión de intervenir un ecosistema para transformarlo con fines productivos en un agroecosistema. Para ello, es necesario considerar, simultáneamente, al menos tres criterios claves: 1. Las características estructurales internas del agroecosistema que emprende el proceso; 2. Las singularidades del productor o familia productora que toma las decisiones y gestiona el funcionamiento del sistema; 3. Los factores externos que condicionan las posibilidades de desarrollo de un proceso de transición.

El manejo agroecológico de plagas surge como una alternativa para maximizar el aprovechamiento de los recursos medio ambientales, donde se establecen plantaciones o cultivos que interaccionan con el ecosistema nativo del medio. Las interacciones permiten establecer parámetros que indican el estado productivo y calidad del suelo, humedad, disponibilidad de agua permiten aplicar métodos innovadores y acciones, que propicien una producción aceptable en sectores de poblaciones rurales. Tal vez su principal inconveniente es que requieren asesoría técnica especializada regular para su realización.

8. Permacultura

Mollison y Holmgren (1978) definieron originalmente a la permacultura como “un sistema integral y evolutivo de especies de plantas perennes o perpetuas y animales útiles al hombre”. Holmgren (1978) ofrece una definición más actual de permacultura: “El diseño consciente de paisajes que imitan los patrones y las relaciones de la naturaleza, mientras suministran alimento, fibras y energía abundantes para satisfacer las necesidades locales”.

La permacultura se desarrolló como un método de ingeniería para los sistemas vivos naturales y artificiales y consiste en una agricultura ecológicamente equilibrada o ingeniería ecológica y arquitectura de un ecosistema artificial superproductivo, que requiere un mínimo de interferencia humana y crea un mínimo impacto ambiental negativo. Se diseña a los ecosistemas vivos como los ingenieros diseñan y operan las máquinas hechas de materiales inanimados y se basa en las relaciones que se pueden establecer entre los recursos (plantas, animales, construcciones, agua), con la intención de crear sistemas que sean ecológicamente y económicamente viables, pero sostenibles a largo plazo utilizando las cualidades inherentes de las plantas, animales, combinadas con las características naturales del paisaje y las estructuras (Akhtar *et al.*, 2016).

La respuesta del público en general a la publicación del primer libro sobre permeacultura fue muy positiva, y el concepto se popularizó con rapidez en Australia, Estados Unidos y Europa. Además de los australianos Bill Mollison y David Holmgren, se añadió un tercer exponente, el japonés Masanobu Fukuoka, quién realizó importantes contribuciones al desarrollo de las técnicas de siembra (Fukuoka, 1978). Sin embargo, la percepción de la permeacultura no resultó ser muy clara, pues mientras algunos la etiquetaron bajo la etiqueta de una nueva “técnica de jardinería”, otros la percibieron como un fenómeno del estilo de vida contracultural. Pereira Salazar, (2013) anota que, en la actualidad, los Movimientos Globales de Ecoaldeas y Permacultura son movimientos sociales contemporáneos que presentan un rápido crecimiento en todo el planeta- pese a no ser muy conocidos, ni recibir la atención de los medios tradicionales de comunicación pública, y llevan a la práctica modelos concretos de cambio social, pero que son parte del movimiento antiglobalización que construye pequeñas comunidades autosustentables que se consolidan lentamente con sus limitados recursos. Canto (2014) lleva la cosa más allá y

cuestiona si se está o no frente a un nuevo paradigma de sustentabilidad y un nuevo paradigma cultural que se enfoca a la mejora en la calidad de vida.

Para Bogatyrev y Bogatyрева (2015), la permacultura consiste en el diseño de ecosistemas artificiales que deben poseer la productividad y los beneficios de los sistemas agrícolas convencionales combinados con la autosuficiencia, la elasticidad y las características de autoservicio de los ecosistemas naturales. Así, la permacultura resulta útil para adquirir una experiencia multidominio que se une a un sistema integral de biología, agricultura, ingeniería y arquitectura de un ecosistema artificial superproductivo. El principal fundamento de los métodos de la permacultura es el equilibrio de los beneficios para los seres humanos y la biosfera. La permacultura acumula gran cantidad de datos empíricos bien validados, pero se presentan obstáculos para los diseñadores permaculturales, tales como: ¿cuando se comienza a crear un nuevo sistema en las nuevas condiciones / entorno? ¿cómo pasar de esa alta teoría a soluciones y decisiones prácticas? En otras palabras, en permacultura existe una profunda brecha entre la teoría y la práctica (Perea Restrepo, 2016). Todo permaculturista supera este obstáculo intuitivamente con la ayuda de su experiencia o mediante el método de prueba y error, lo que significa que la permacultura con una metodología sólida de transición paso a paso desde esos "dictámenes" teóricos al nivel práctico hará que este desafío sea predecible, confiable y repetible.

La permacultura es una respuesta creativa de diseño a un mundo donde la disponibilidad de energía y recursos disminuye, con énfasis en los procesos de diseño tomados de la naturaleza. Implica paisajismo, horticultura, agricultura sostenible, ecoconstrucciones, además de ser una herramienta para diseñar, establecer, gestionar todo lo anterior, con el trabajo en comunidad. Este sistema integra armónicamente la vivienda y el paisaje, ahorra materiales y produce menos desechos, a la vez que conserva los recursos naturales. La permacultura está en la actualidad bien establecida a lo largo y ancho del mundo y existen muchos ejemplos exitosos de su uso (Burnett, 2008).

La permacultura es un sistema planeado de manera consciente que imita el patrón y la interacción establecidos en la naturaleza, e integra prácticas de manejo sustentable. La permacultura identificó cómo funciona el sistema natural y cómo el sistema natural pierde

su equilibrio. El paradigma de la permacultura se inspira en principios rectores. Primero, cada elemento del sistema posee algunas funcionalidades. Segundo sitio, cada funcionalidad preferida del sistema se preserva por medio de diversos elementos. Tercero, todo en el sistema se interrelaciona con todo el resto. Cada componente del sistema ejecuta labores relevantes, por ejemplo, las aves ayudan a mantener el control de las plagas, las plantas extraen nitrógeno de la atmósfera y lo introducen de forma que otras plantas tienen la posibilidad de usarlo. Además, los ecosistemas naturales reprocesan sus propios desperdicios y todos los múltiples recursos de la naturaleza funcionan colectivamente, como los humedales y los bosques son sostenibles y cumplen funcionalidades que satisfacen sus propias necesidades energéticas (Akhtar *et al.*, 2016).

La permacultura es una filosofía de desempeño que no se opone a la naturaleza que promueve la observación prolongada y solicita que permita apreciar cada una de las funcionalidades de la flora y la fauna. El concepto permacultura es una elipsis de los vocablos persistente, agricultura y cultura. A inicios de los años 80, la idea de permacultura se había extendido a partir del diseño de sistemas agrícolas hacia hábitats humanos sostenibles (Mollison, 1991).

Mogen (2006) resalta que los principios éticos y de diseño proporcionan un marco para el enfoque de permacultura, pero abarcan múltiples dimensiones. De esta manera se establece la “flor de la permacultura” que implica un esquema que representa su complejidad. La permacultura establece principios que derivan del estudio de la naturaleza y de las sociedades más primitivas sostenibles. Se trata de una serie de premisas que se toman en cuenta al momento de diseñar un sistema como el planteado. Los principios de diseño se basan en la “ecología de sistemas” y provienen fundamentalmente del pensamiento sistémico, pero también de la llamada ecología profunda y de diversas técnicas que provienen de las prácticas agrícolas del período pre-industrial. La ética y los principios de la permacultura son declaraciones concisas que son globales y las técnicas que transmiten estos principios diferirán según el área y el estado (Holmgren, 2002). En ausencia de una estrategia ética global con respecto al medio ambiente en el mundo moderno, la permacultura proporciona una relación convincente entre la ética y el bienestar del medio ambiente (Burnett, 2008).

Los principios o pautas éticas son tres premisas puntuales: cuidar la tierra (conservación de bosques, agua y suelo), cuidar a las personas (ocuparse de sí mismo, de la familia, parientes y de la comunidad) y por último, compartir equitativamente (participación o repartición justa y equitativa de los bienes producidos y de velar por la reincorporación de una parte de los excedentes que se generan como aporte al mismo sistema) (Mollison, 1991). Holmgren (2007) agrega la redistribución de los excedentes (establecer límites de consumo y a la reproducción). También se destaca el interés de este enfoque en aprender de los pueblos originarios y de las culturas tribales y locales, lo que se justifica basándose en que esas culturas han existido en un relativo balance de armonía con su entorno y han sobrevivido por muchas generaciones aislados del paradigma occidental.

Muñiz (2019) explora algunos puntos de encuentro entre los planteamientos que establecen la permacultura y su posible aplicación en el campo de la agricultura urbana para la producción de alimentos orgánicos.. Es un sistema que no solo involucra al sector agrícola sino que se extiende también en el ámbito social, político y económico en diversos tipos de comunidades y con especial énfasis a las que habitan en las ciudades.

Con todo, la permeacultura puede no obtener todos los beneficios que en teoría se supone proporciona. González-Guillot y Alarcón-Méndez (2020) compararon las características químicas y físicas de los suelos agrícolas en dos unidades: un sistema de permacultura y una finca agroecológica en Santiago de Cuba y encontraron que existieron diferencias significativas en cuanto a la conservación de los suelos del sistema de permacultura sobre los de la finca agroecológica, que requieren acciones para recuperar la capacidad productiva y preservar este recurso.

Giraldo de López *et al.* (2017) ven en la permacultura un camino efectivo para conseguir cambios sociales, como producto de los nuevos procesos que lleva implícita la Permacultura. Con ello, proponen establecer cambios importantes en los consumidores al pasar de dependientes a ser productores autónomos y en trabajar con la naturaleza y no en contra de ella. Consideran que si este esfuerzo fuera lo suficientemente vasto, se puede obtener tanto la soberanía alimentaria a nivel poblacional, como la seguridad alimentaria a nivel individual, cuando todos los individuos dispongan, en todo momento, de acceso físico y económico a suficientes alimentos, inocuos y nutritivos para satisfacer sus necesidades alimenticias. Gómez (2020) opina que la permacultura ha ganado terreno como una de las formas más

originales de sostenibilidad económica en relación con el cuidado del medio ambiente y las nuevas formas de consumo. Se trata, en última instancia, de crear otras redes de comunión con el entorno y sus particularidades sociales y culturales.

Por su parte, Gutiérrez Pinto (2021) percibe a la permacultura como una herramienta para el ordenamiento territorial, y presenta resultados de un estudio de dos años sobre cómo es posible incorporar los valores encontrados en la permacultura hacia el desarrollo de un hábitat sostenible en Arequipa, Perú.

En lo tocante al ámbito educativo, Fossaluzza, (2016) apunta que todavía hay pocos trabajos que discutan la permacultura y sus interfaces con la educación ambiental en la academia, pese a que se percibe una creciente demanda por la permacultura, la cual parece atraer a la gente porque tiene un carácter práctico, es decir, porque promueve cambios concretos en el entorno y la sociedad en la que se vive ahora. Por su parte, Fossaluzza y Tozoni-Reis (2020) identificaron que en Brasil existen 38 grupos que ofrecen cursos de sobre permacultura y 210 educadores que se desempeñan como mentores; no obstante, la enseñanza de la permacultura en Brasil es un campo complejo, con acciones de carácter contradictorio y heterogéneo. Finalmente, Rodríguez García *et al.* (2016) proponen vincular a las escuelas primarias con su comunidad mediante la aplicación de los ejes temáticos de la permacultura, tales como acciones de aprovechamiento del agua de lluvia para la producción de alimentos en un huerto escolar de verduras, plantas medicinales y frutales, con lo que se cumple con una de las directrices planteadas en la Agenda 21, que es reorientar la educación hacia un desarrollo sostenible.

En conclusión, la permacultura se basa en varias ciencias que procuran satisfacer las necesidades humanas sin destruir, contaminar o agotar los recursos naturales, y ofrece diversos campos de aplicación y acciones en diferentes ámbitos, por lo que tiene un alto potencial para agricultores de diferentes estratos productores, e incluso para residentes urbanos.

9. Agricultura Orgánica

La agricultura orgánica se fundamenta en una concepción integral del manejo de los recursos naturales por el hombre que involucra elementos técnicos, sociales, económicos y agroecológicos (Soto y Muschler, 2001). La agricultura orgánica engloba el conjunto de prácticas que excluyen el uso de productos agrotóxicos y prácticas contaminantes, promueve la salud alimentaria, la calidad de vida y mantiene los suelos y ecosistemas libres de contaminantes (Garbach *et al.*, 2016).

Los sistemas de producción orgánica se iniciaron como movimiento alternativo con mayor fuerza en los años 1960s en Europa y en Estados Unidos, aunque sus orígenes son muy anteriores y se pueden trazar a fines del siglo XIX (Soto y Muschler, 2001). En sus inicios, resultó esencial observar los procesos productivos de la naturaleza y aprender de ella las lecciones necesarias para favorecer la producción de alimentos. En la actualidad, este manejo productivo es una alternativa integral para el desarrollo capaz de consolidar la producción de alimentos saludables en mercados altamente crecientes y competitivos. Este manejo es una alternativa innovadora, y social ante la crisis de un sistema de producción predominante que trata de usar al máximo los recursos de la finca, haciendo hincapié en la fertilidad del suelo y en la actividad biológica y paralelamente, en reducir la utilización de los recursos no renovables y en no usar fertilizantes y plaguicidas sintéticos para defender el medio ambiente y la salud humana. La agricultura orgánica implica muchísimo más que no utilizar agroquímicos (Parrott y Marsden, 2002), ya que el conocimiento empírico, el tradicional y el científico se integran para alcanzar metas comunes que se consolidan mediante la asociatividad como un aspecto importante para el desarrollo rural.

La agricultura orgánica emplea una extensa variedad de posibilidades tecnológicas con el propósito de minimizar y hacer recuperables los precios de producción, defender la salud, mejorar la calidad de vida y la calidad del ambiente, a la vez que intensificar las interrelaciones biológicas y los procesos naturales convenientes, este manejo se entiende como la unión entre el ser humano y la naturaleza. La agricultura orgánica rescata diversas prácticas de la agricultura tradicional, descartando las prácticas contaminantes y poco éticas del mismo (Soto y Muschler, 2001). Algunas prácticas comunes en la producción orgánica son el uso de maquinaria adecuada para un control de malezas eficaz, la selección natural

de variedades resistentes a plagas o el uso de microorganismos naturales para aumentar la fijación de nitrógeno en el suelo. Más que la eliminación o sustitución de insumos sintéticos como fertilizantes o agroquímicos provenientes de la industria por insumos naturales, la producción orgánica busca reducir la dependencia de insumos externos, reducir o eliminar impactos ambientales, y proveer alimentos saludables a mercados altamente competitivos y exigentes (Amador, 1999). La agricultura orgánica moderna busca también combinar prácticas ancestrales, como el uso de terrazas para retener suelo, o una gran gama de plantas, animales, y microorganismos para mantener la fertilidad y supresividad de agroecosistemas, con tecnologías y conocimientos avanzados de las últimas décadas. La evolución del conocimiento agroecológico se debe integrar con técnicas modernas de control biológico, selección de plantas resistentes, producción bajo techo, uso de microorganismos benéficos, entre otras; de manera adicional, se debe complementar con la evolución de sistemas de certificación innovadores donde el papel central lo desempeñen los mecanismos de control interno y la combinación de criterios ecológicos, económicos y sociales.

Los enfoques convencionales para intensificar la agricultura y, en particular, el uso desenfrenado de riego y fertilizantes se encuentran entre las principales causas de la degradación ambiental. Los productos orgánicos, por sus características intrínsecas, se consideran una especialidad frente a la producción convencional. Sin lugar a dudas, el sector orgánico se encuentra en una fase de maduración anterior a la producción de los *commodities* o de los alimentos tradicionales, y necesita de mayores inversiones para alcanzar una economía de escala. En esta línea, existe una brecha tecnológica importante con el sector tradicional. Talamoni (2021) destaca que el segmento orgánico sigue funcionando “sobre la base de prueba y error, y para revertir esto es necesaria la inversión, la investigación y el desarrollo, y resulta fundamental el apoyo del Estado”.

En 1972, varios grupos de productores organizados conformaron una Federación Internacional de Movimientos Orgánicos con sede en Alemania que se denominó IFOAM, la cual afilia en la actualidad 750 organizaciones de 104 países. En 1992 se crea una oficina para la acreditación de agencias de certificación, el IOAS (*International Organic Accreditation System*), la cual no solo garantiza la estandarización de los servicios de

certificación, sino permite que, mediante la unión de las agencias, permite que se pueda mantener el proceso de certificación (Soto y Muschler, 2001).

La agricultura orgánica muestra una secuencia de propiedades distintivas que permiten detectar las fuerzas que trabajan en el proceso de aumento de la producción y las ventas de los productos orgánicos, entre ellos: la agricultura orgánica es un sistema de producción orientado a los procesos más que a los productos; el proceso de la agricultura orgánica involucra limitaciones significativas que elevan los precios de producción y venta; los clientes que compran los productos primordialmente perciben las ventajas que aportan a la salud, la estabilidad en los alimentos y al medio ambiente (Soto, 2003).

La agricultura orgánica es el sector de la agricultura que muestra el crecimiento más rápido a nivel mundial en los últimos años. Ello es indicativo de que la producción de alimentos orgánicos se está volviendo cada vez más popular. No obstante, solo el 1.2% de la superficie agrícola del mundo poseen una certificación orgánica. Con mucho, Australia lidera la superficie de territorio orgánico certificado, seguido de lejos por Argentina, China, Estados Unidos y España (Wang *et al.*, 2010). Latinoamérica representa en torno al 11% de la producción orgánica mundial con una tendencia creciente y cerca de 220 mil productores orgánicos (Talamoni, 2021). En resumen, la superficie terrestre global bajo agricultura orgánica es pequeña pero se prevé que aumente, en particular, a medida que la demanda de alimentos orgánicos sigue creciendo en Europa y Estados Unidos. Incluso si la prima por productos orgánicos disminuye, la agricultura orgánica puede continuar expandiéndose y los sistemas de agricultura orgánica pueden tener una mayor participación en la alimentación del mundo con sus múltiples beneficios de sostenibilidad (Crowder y Reganold, 2015). Lampkin (2000) considera que el éxito de la agricultura orgánica en Europa se debe a que representa una solución integral a los problemas del sector agropecuario: protección al ambiente, conservación de recursos renovables y no renovables, mejor calidad de alimentos y direccionamiento de la producción hacia las áreas con mayor demanda en el mercado. Por esta razón, desde finales de la década de 1980s los gobiernos europeos establecieron incentivos para la producción orgánica. Otro factor clave para el desarrollo de la agricultura orgánica ha sido la exigencia de los consumidores, la cual se ha incrementado considerablemente en los últimos años a raíz de los problemas por residuos de plaguicidas y

otros compuestos, por lo que el consumidor exige cada vez mayores garantías de calidad y sanidad en los alimentos que consume (Soto y Muschler, 2001).

La producción y comercialización de productos orgánicos en el mundo sigue en aumento. Durante la primera década del siglo XXI, la agricultura orgánica fue el sector económico con mayor y continuo crecimiento, a una tasa del 20 % anual. En la actualidad, es posible encontrar productos con etiquetas de orgánicos en la mayoría de los supermercados alrededor del mundo. Aproximadamente el 80% de los alimentos orgánicos se consume en los mercados de EE. UU y la Unión Europea, mientras que el 75% de los productores producen fuera de estos dos principales mercados (Willer *et al.*, 2020).

Los exportadores de alimentos orgánicos tienen que superar una secuencia de retos para ingresar y permanecer en el mercado mundial. El complejo está compuesto primordialmente por PYMES de capital nacional, por lo que el proceso de readecuación de los procesos productivos para cumplir con los estándares de calidad exigidos internacionalmente, constituye un verdadero desafío para estas organizaciones. La negociación puede demorar varios años, al término de los cuales la mayoría de los exportadores orgánicos celebran contratos semestrales o anuales, que se renuevan periódicamente. Por lo general, los consumidores quieren conservar una interacción de largo plazo con sus proveedores, ya que la oferta de productos orgánicos es reducida, pero los contratos permanecen sujetos a la oferta del exportador y a una actualización de costos. Como el costo del contrato es predeterminado, suele ser el exportador quien absorbe cualquier fluctuación posterior. El mercado europeo es en especial sensible, puesto que es bastante preciso con la calidad de los productos y ante el menor cambio en los costos, interrumpe las importaciones (Talamoni, 2021)

La comunidad orgánica internacional acordó cuáles son los principios comunes de la agricultura orgánica, los cuales dan las directrices de la forma en que las personas deben interactuar con su entorno. Son principios éticos que permiten orientar el desarrollo de estos sistemas productivos y la elaboración de normas de los países productores. Existen cuatro principios fundamentales de la agricultura orgánica, que han sido reconocidos a nivel mundial y publicados por IFOAM (Eyhorn *et al.*, 2005). El *Principio de la salud* establece que la agricultura orgánica debe sostener y promover la salud del suelo, planta, animal,

persona y planeta como una sola e indivisible. La salud de los individuos y las comunidades no pueden separarse de la salud de los ecosistemas. De esta forma, suelos saludables producen cultivos saludables, que a su vez, fomentan la salud de los animales y las personas. El *Principio de ecología* se refiere a que la agricultura orgánica debe basarse en sistemas y ciclos ecológicos vivos, trabajar con ellos, imitarlos y ayudar a sostenerlos. Este principio ubica a la agricultura orgánica como un sistema ecológico vivo, establece que la producción debe estar basada en los procesos ecológicos y en el reciclaje y debe ajustarse a los ciclos y equilibrios ecológicos naturales universales, que tienen un funcionamiento específico en cada lugar. Según el *Principio de la equidad*, la agricultura orgánica se debe basar en relaciones que aseguren equidad con respecto al ambiente común y a las oportunidades de vida. La equidad se caracteriza por la igualdad, el respeto, la justicia y la gestión responsable del mundo compartido, tanto entre humanos, como en sus relaciones con otros seres vivos. Todos los involucrados en la agricultura orgánica deben conducir sus relaciones de tal manera que aseguren justicia a todos los niveles y a todas las partes: productores, trabajadores agrícolas, transformadores, distribuidores, comercializadores y consumidores. La equidad requiere de sistemas de producción, distribución y comercio abiertos y justos, que consideren los verdaderos costos ambientales y sociales. Finalmente, el *Principio de la precaución* establece que la precaución y la responsabilidad son elementos claves en la gestión, desarrollo y elección de tecnologías para la agricultura orgánica, ya que como se trabaja con sistemas vivos y dinámicos, que responden a demandas y condiciones internas y externas, quienes practican la agricultura orgánica pueden incrementar la eficiencia y la productividad siempre que no comprometan la salud y el bienestar tanto de las personas como del ecosistema.

La sostenibilidad es un concepto multidimensional en el cual la agricultura orgánica puede proporcionar un escenario relevante en la medida en que abarca la dimensión social, económica y medio ambiental. En este sentido, la producción orgánica puede considerarse como una estrategia hacia el desarrollo sostenible al requerir la integración de los actores desde diferentes enfoques, pues en contraposición a otras estructuras productivas, fomenta la cohesión y el fortalecimiento de estructuras sociales, prácticas adecuadas de producción en términos ambientales y mejores expectativas de ingreso a los productores (Bernal *et al.*, 2012). Con estas premisas, la certificación orgánica se constituye en una ventana de

oportunidad para la agregación de valor de los productos, su inclusión en nuevos mercados y el alcance de la sostenibilidad económica para los productores.

Existen varios beneficios demostrados de la agricultura orgánica: mejora general en el control de plagas, conservación de la biodiversidad y de los hábitats, secuestro de carbono, control de la erosión y el escurrimiento de agua. En el estudio realizado por Garbach *et al.* (2016), si bien los sistemas orgánicos mejoraron la polinización, la biodiversidad y la diversidad del hábitat, el control de la erosión y el escurrimiento de agua, el control de plagas y malezas fueron similar al manejo tradicional. A su vez, Chabert & Sarthou (2020) efectuaron un estudio en gran escala con el que cuestionaron la capacidad de la agricultura de conservación para respaldar no solo los servicios de apoyo relacionados con los suelos, sino también el potencial biótico general para la agricultura multiservicio, comparando diferentes formas de conservación, agricultura orgánica y convencional. Este estudio ilustra el potencial de la agricultura de conservación para abordar el aparente antagonismo entre productividad y desempeño ambiental. Si bien la agricultura orgánica mejoró la salud de los cultivos con respecto a las enfermedades, disminuyó significativamente los rendimientos, pero se observó una alta variabilidad en el nivel de expresión de los servicios de producción en la agricultura de conservación.

La agricultura orgánica engloba todos los sistemas agrícolas que parten de la fertilidad del suelo como base para una buena producción, y que respetan las exigencias y capacidades naturales de las plantas, los animales y el paisaje; y busca optimizar la calidad de la agricultura y el medio ambiente en todos sus aspectos. Se considera que los suelos con un manejo productivo orgánico poseen un elevado potencial para contrarrestar los efectos de la desertización, debido a que la agricultura orgánica se adapta mejor tanto a la tensión del agua, como a la pérdida de nutrientes. Los productores con manejo orgánico nutren sus suelos con fertilizantes orgánicos y tienen la posibilidad de mejorar los suelos degradados y problemáticos. La función de retención del agua y de los nutrientes aumenta gracias al elevado grado de materia orgánica y la cobertura persistente del suelo. La proporción de agua que es necesario para irrigación puede reducirse sustancialmente como resultado de la alta capacidad de retención de humedad resultante (El-Hage Scialabba y Hattam, 2003).

Existe poca prueba científica que logre probar el potencial de la agricultura orgánica para combatir la desertización, sin embargo hay diversos ejemplos prácticos de los sistemas de la agricultura orgánica en zonas áridas que muestran cómo la agricultura orgánica puede coadyuvar para que las tierras degradadas vuelvan a recuperar su fertilidad (El-Hage Scialabba y Hattam, 2003). Aún cuando la adopción de la agricultura orgánica parece ser una opción viable para las superficies áridas, hay una pluralidad de restricciones para adoptar los sistemas de agricultura orgánicos o, inclusive, las técnicas personales.

Finalmente, existen dudas sobre la rentabilidad de la agricultura orgánica en comparación con los sistemas productivos tradicionales. Salgado Torres (2017) comparó el costo de oportunidad que tienen los productores ganaderos de cambiar su actual sistema de producción de leche –sistema extensivo y semiestabulado- por un sistema orgánico, más sostenible y ambientalmente amigable. Bajo las condiciones de esta investigación, desde un punto de vista financiero, el sistema de producción ganadera semiestabulado fue más rentables que el sistema de producción orgánica. A pesar de conseguir un mejor precio por litro de leche, el sistema orgánico tuvo menor rentabilidad, esto se debió principalmente a los altos costos de producción y al bajo capital animal. El problema radica en la ausencia de insumos locales a bajo costo que faciliten la implementación de dicho sistema.

En conclusión, la agricultura orgánica se posiciona como un manejo en auge y con mercados importantes en Europa y Norteamérica. Si bien es cierto que el rendimiento productivo es relativamente bajo con respecto al manejo convencional; la calidad en el producto final puede compensar esto con un mejor precio de venta, además de los beneficios al medio ambiente y a los consumidores, los cuales son altamente valorados por los mismos. No obstante, no debe perderse de vista que un agricultor orgánico debe ser un agricultor estudioso y dedicado, que conozca los problemas en su predio y pueda adelantarse a ellos con soluciones preventivas y haciendo el mejor uso de los principios y procesos ecológicos.

10. Agricultura de precisión

La Agricultura de Precisión (AP) es un concepto agronómico de gestión de parcelas agrícolas que requiere el uso de las tecnologías de Sistemas de Posicionamiento Global (GPS), sensores, satélites e imágenes aéreas junto con Sistemas de Información Geográfico (SIG) para estimar, evaluar y entender dichas variaciones (Marote, 2010). La información recolectada puede ser usada para evaluar con mayor precisión la densidad óptima de siembra, estimar fertilizantes y otras entradas necesarias, y predecir con más exactitud la producción de los cultivos.

La agricultura de precisión surgió a principios de los 1980's y se caracteriza por permitir el uso de los recursos de manera eficiente, reducir la inversión innecesaria, la contaminación ambiental, y proporcionar beneficios económicos, sociales y ambientales (Wang *et al.*, 2010; Min *et al.*, 2011). La agricultura de precisión es una excelente herramienta útil para maximizar los rendimientos en los sitios donde sea económico hacerlo y minimizar los costos en áreas con limitantes económicamente incorregibles pero, sobre todo, viene a vincular al productor con el concepto de sustentabilidad del medio ambiente (Marote, 2010). La agricultura de precisión se desarrolló como un método para que la producción de alimentos sea más eficiente, pues depende del uso puntual de recursos como el agua y el suelo, entre otros recursos naturales, que como se sabe no son recursos inagotables o abundantes, los cuales utilizados mediante estrategias de cultivo permiten una producción exitosa. La agricultura de precisión, a través del conjunto de tecnologías de la información permite gestionar de forma eficaz estos recursos (Cisternas *et al.*, 2020); así, la agricultura de precisión es más consciente del medio ambiente y produce beneficios inmediatos (Yost *et al.*, 2017).

El término Agricultura 4.0 se refiere al uso de tecnologías como la agricultura de precisión, pero en un escenario mayor que abarca los diferentes sectores del sector agropecuario en general, y parte del supuesto que la tecnología innovadora ofrece beneficios como maximizar el volumen de producción y minimizar el riesgo de fallas. En la industria, la primera revolución industrial se inició en 1780 con el movimiento de fabricación de procesos textiles con la introducción de plantas de producción mecánicas movidas por agua líquida o vapor, con lo que se automatizó la fabricación de textiles y se

verificó un movimiento de la producción desde los hogares hacia las fábricas. Treinta años después, la segunda revolución industrial abrió la era de la producción en masa. A fines de la década de 1960 se introdujo la tercera revolución industrial y con ella fue posible automatizar la producción mediante la electrónica y las tecnologías de la información. La actual cuarta revolución industrial se centra en la informatización y en un concepto de producción innovador (Sung, 2018). La revolución tecnológica que trajo Internet tiene mucho por aportar para mejorar la productividad del campo, no sólo con mejoras en los equipos, sino también por la velocidad de procesamiento de los datos y el uso que se le puede dar a esa información. Las empresas agropecuarias están ingresando en la llamada Web 2.0, que coloca al usuario de Internet como creador de contenidos más que como mero receptor (Marote, 2010).

El concepto de la cuarta revolución industrial combina la inteligencia artificial con grandes bases de datos y ha logrado una atención y una popularidad significativas en la agricultura de precisión, como el monitoreo, el diagnóstico de plagas de insectos, la medición de la humedad del suelo, el diagnóstico del tiempo de cosecha, el monitoreo del estado de salud de los cultivos, y la reducción del complicado monitoreo por parte de humanos (Ane y Yasmin, 2019). La agricultura tradicional estima que un lote es homogéneo y aplica los insumos con base en los valores promedio de toda la zona de siembra, lo que incrementa los costos de producción y aumenta el impacto ambiental (así como la contaminación del subsuelo). Sin embargo, en la agricultura de precisión, se aplican distintas cantidades de insumos y se valoran las necesidades particulares de cada parte del cultivo y su respuesta en tiempo real (Santillán y Rodríguez, 2018). El uso de las tecnologías de la información contribuye a una adecuada toma de decisiones, desde el punto de vista de la gestión técnico-productiva, económica y ambiental. En lugar de administrar una parcela completa en función de una condición promedio hipotética, que puede no existir en ninguna parte del campo o ser fiel a la realidad,, la implementación de la agricultura de precisión hace posible el uso de una amplia variedad de tecnologías que recopilan datos de sitios específicos y su aplicación puntual en prácticas de gestión (Paxton *et al.*, 2011; Rodríguez *et al.*, 2017). El uso de las tecnologías de la información en la agricultura de precisión se basa en la recolección de datos del terreno donde se desarrollarán los cultivos, lo que hace posible que los agricultores tengan datos precisos y a

su vez reconozcan las variaciones temporales y espaciales de los recursos productivos, y ayuda a la toma de decisiones para la aplicación de los tratamientos necesarios y que estos tengan un mejor aprovechamiento. Esto es, pasar de la agricultura de precisión a la agricultura de decisión (Aubert *et al.*, 2012).

La agricultura de precisión brinda la posibilidad de aplicar distintos tratamientos en un cultivo a escala local y obtener una mayor producción a menor costo. A través de un mapa de rendimiento del cultivo se puede aplicar una dosis variable de plaguicidas, herbicidas o fertilizantes, lo que contribuye a minimizar el costo de la producción y a lograr un mejor equilibrio ambiental. El hincapié en la utilización de este tipo de agricultura radica en que al manejar los insumos necesarios para los cultivos, con mayor exactitud, sólo se aplican las cantidades de productos químicos estrictamente necesarias y se disminuye la contaminación ambiental, se ajustan las acciones de manejo requeridas con base en esto. o para mejorar la gestión de los recursos hídricos, optimizando el rendimiento a través de prácticas de cosecha automatizadas. Así, es viable conceder un funcionamiento agronómico diferenciado para cada lugar específico (Lizarazo Salcedo y Alfonso Carvajal, 2011). Como parte de los beneficios potenciales que se atribuyen a la agricultura de precisión están la reducción de costos al aplicar fertilizante solo donde se requiera, con base en muestreos de suelo y análisis de los datos de rendimiento (Mintert *et al.*, 2016).

Alguna de la información más relevante generada por la agricultura de precisión podría resultar útil a personas interesadas en el área, como investigadores, estudiantes, técnicos, agricultores y empresarios, para tomar mejores decisiones, desde la disminución de costos de producción, mejora de la calidad de los productos, eficiencia de la energía y de los insumos en general (reducción en la aplicación de agua, fertilizantes, plaguicidas y mano de obra requerida), y mejora en el control de plagas y enfermedades. También proporciona elementos para seleccionar las tecnologías más adecuadas para implementar en una finca, o para identificar a proveedores de tecnologías de la información cuando se necesite recomendar alguna a sus clientes (Cisternas *et al.*, 2020).

El uso de la agricultura de precisión ayuda enormemente a los agricultores que necesitan optimizar sus recursos. Sin embargo, hasta la fecha, sus tasas de adopción se mantienen por debajo de las expectativas (McConnell, 2019; Pathak *et al.*, 2019; Higgins

et.al., 2017). En la mayoría de los casos, cada terreno presenta características de gestión únicas, por lo que no todas las tecnologías de información ayudarán a determinar las causas de la variabilidad entre ellas y sería costoso implementar todas las tecnologías de inmediato. A pesar de todos los beneficios proporcionados por este manejo, se ha observado que su tasa de adopción actual no es alta. Esto se debe a distintos factores, donde la falta de conocimiento sobre el uso de este manejo juega un papel importante, por ejemplo: el agricultor puede tender a favorecer la inversión en otras tecnologías, como mejoras en la siembra, asumiendo que son de mayor ayuda que implementar métodos en agricultura de precisión (Schimmelpfenning & Ebel, 2011). También es posible que la adopción se vea como un proceso demasiado complejo y multidimensional (Pathak *et al.*, 2019). Y finalmente es necesario seleccionar adecuadamente las soluciones informáticas adecuadas para los granjeros necesidades (Higgins et al; 2017), respecto a este último punto, es importante resaltar que distintas tecnologías de información proporcionan diferentes beneficios y poseen diferentes necesidades que deben abordarse (Nair, 2011). Un estudio anterior muestra que las ventajas relativas de las tecnologías usadas durante este manejo son un factor determinante para que los agricultores tengan la confianza para adoptar de manera rápida el manejo. (Pathak *et al.*, 2019). Sin embargo, una de las principales brechas por las que este sistema de producción tiene una baja tasa de adopción por parte de los productores es la alta inversión requerida para implementar tecnologías y procedimientos de los sistemas en la agricultura de precisión (Cisternas *et al.*, 2020).

Hay muchas soluciones tecnológicas que se ofrecen en el mercado con diferentes funciones que se pueden combinar entre sí. Sin embargo, se requiere que los agricultores posean un conocimiento mínimo para seleccionar apropiadamente las combinaciones correctas entre las tecnologías de información (Higgins *et al.*, 2017). La agricultura de precisión incluye cada una de las prácticas de producción que usan las tecnologías de la información para ajustar la utilización de insumos para que sea viable obtener el producto esperado o para monitorear el resultado. Algunos ejemplos de tecnologías de información utilizadas son las tecnologías de tasa variable, los monitores de rendimiento y los diversos tipos de sensores (Marote, 2010). Las tecnologías utilizadas incluyen tanto dispositivos de hardware como sistemas de software que procesan los datos capturados por los dispositivos, proporcionando la información necesaria para los procesos de toma de decisiones

(Cisternas *et al.*, 2020). La agricultura de precisión tiene el potencial de automatizar y simplificar la recopilación y análisis de información; incluso permite decidir e implementar rápidamente acciones de gestión para áreas pequeñas en grandes campos (Echeverría Llumipanta, 2015; Tripathi *et al.*, 2013). La agricultura de precisión es un concepto agronómico de gestión de parcelas agrícolas, basado en la existencia de variabilidad en campo y comprende varias etapas: recolección de datos, procesamiento de información y toma de decisiones. Vivas *et al.* (2016) observa que el control de calidad de los datos es un proceso muy importante para agricultura de precisión que puede ser considerado en la recolección de datos.

Una estrategia para abordar esto es utilizar un enfoque incremental para la implementación y evaluar los beneficios obtenidos de la tecnologías de la información implementada en cada ciclo. Esta estrategia considera la incorporación de una o dos tecnologías para cada iteración (ciclo productivo) y evalúa cuidadosamente los resultados (Shannon *et al.*, 2018). Finalmente, sigue siendo un problema el determinar qué tecnología sería la mejor para implementar para cada cultivo, además, la complejidad de las novedosas tecnologías de la información que se utilizan en la agricultura de precisión implica un mayor grado de aprendizaje de habilidades para su correcta adopción y gestión (Pathak *et al.*, 2019) que varía entre cada individuo y, por lo tanto, puede afectar su implementación apropiada (Arley Orozco y Llano Ramírez, 2016).

Demattê *et al.* (2014) compararon los sistemas de gestión de la agricultura de precisión y la agricultura tradicional en términos de las diferencias en el muestreo de la red, la variación de la producción, las fallas de la planta y los costos. La agricultura de precisión tuvo mayor productividad para la conversión de materia verde en azúcar en las parcelas de mayor tamaño (4.0 ha). A medida que disminuyó el tamaño de las parcelas, los costos de los análisis de suelos aumentaron siendo los análisis de potasio y cal los más costosos, por lo que los análisis del método convencional son un 25% más bajos; sin embargo, las parcelas con agricultura de precisión produjeron más caña de azúcar y azúcar que el método convencional.

A manera de conclusión, la agricultura de precisión es todavía un concepto relativamente reciente, pero es un área muy investigada que progresó constantemente

debido a las necesidades de los agricultores por utilizar más los recursos de forma óptima. Atrás quedaron los tiempos en donde la competitividad se analizaba solo en términos económicos, hoy se fija la mirada en el resguardo del medio ambiente y en políticas de desarrollo sustentable como variables fundamentales. La agricultura de precisión es una estrategia de gestión que utiliza tecnologías de la información para recopilar datos útiles de distintas fuentes, con el objetivo de apoyar las decisiones asociadas a la producción de cultivos. SE vasa basa en utilizar el enorme volumen de datos que se recolecta por los equipos de agricultura de precisión para reconocer, ubicar, cuantificar y registrar la variabilidad espacial y temporal de cada unidad agrícola y darle una lectura que favorezca la toma de decisiones. Esta tecnología es más apropiada para productores de corte empresarial y requiere inversión económica y una mentalidad de aprendizaje continua, pero si adopción exitosa permitirá mejorar la eficiencia en la agricultura en diferentes ambientes y, finalmente, puede llevar al ahorro de costos.

11. Conclusiones

Esta monografía analiza las características generales de la agricultura de bajos insumos, las buenas prácticas agrícolas, el manejo agroecológico de plagas, la permacultura, la agricultura orgánica y la agricultura de precisión y describe cada uno de estos manejos productivos agropecuarios alternos a la agricultura tradicional convencional en términos de su amigabilidad con el medio ambiente, su rentabilidad potencial y su factibilidad de adopción por el productor.

Los resultados de esta revisión sistemática de la literatura permitieron constatar que, aunque algunos manejos todavía son un concepto relativamente reciente, el abordaje alterno del manejo agrícola tradicional permite la posibilidad de ser más eficientes y satisfacer las necesidades futuras, las cuales crecen constantemente debido a la creciente población.

En última instancia, la producción de alimentos de calidad que contribuyan al desarrollo de un país es difícil de entender sin una industria del sector agropecuario que sea innovadora y competitiva. La mejor máquina agrícola será aquella “herramienta” que permita el logro del objetivo agronómico con el menor costo (económico y ambiental) que preserve tanto la integridad física y la salud del operario como la del medio que lo rodea (seguridad del ambiente productivo).

Literatura citada

- Akhtar, F., Lodhi, S.A. & Khan, S.S. (2015). Permaculture approach: linking ecological sustainability to businesses strategies. *Management of Environmental Quality*, 26(6), 795-809. <https://doi.org/10.1108/MEQ-01-2015-0001>
- Akhtar, F., Lodhi, S.A., Khan, S.S. & Sarwar, F. (2016). Incorporating permaculture and strategic management for sustainable ecological resource management. *Journal of Environmental Management*, 179, 31 - 37. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.04.051>
- Altier, M., & Nicholls, C. I. (2000). Agroecología. *Teoría y práctica para una Agricultura Sustentable*. Red de Formación Ambiental para América Latina y el Caribe. México D.F.: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Recuperado de: <http://www.agro.unc.edu.ar/~biblio/AGROECOLOGIA2%5B1%5D.pdf>
- Altier, M., & Nicholls, C. I. (2006). Optimizando el manejo agroecológico de plagas a través de la salud del suelo. *Agroecología*, 1, 29-36.
- Altier, M., & Nicholls, C. I. (2007). Conversión agroecológica de sistemas convencionales de producción: teoría, estrategias y evaluación. *Ecosistemas*, 16(1), 3-12.
- Altieri, M.A., & Nicholls, C.I. (2017). The adaptation and mitigation potential of traditional agriculture in a changing climate. *Climatic Change*, 140, 33–45 (2017). <https://doi.org/10.1007/s10584-013-0909-y>
- Amador, M. (1999). ONG y agricultura orgánica. Un punto de vista. *Revista Aportes*, 20-23, 121-122.
- Ameen, A. & Raza, S. (2017). Green Revolution: A Review. *International Journal of Advances in Scientific Research*; 3(12): 129-137. <https://doi.org/10.7439/ijasr>
- Ane, T. & Yasmin, S. (2019). Agriculture in the fourth industrial revolution. *Annals of Bangladesh Agriculture*, 23(2), 115-122.
- Arley Orozco, O. & Llano Ramírez, G. (2016). Sistemas de información enfocados en tecnologías de agricultura de precisión y aplicables a la caña de azúcar, una revisión. *Revista Ingenierías, Universidad de Medellín*, 15(28), 103 - 124. <https://doi.org/10.22395/rium.v15n28a6>
- Armando, D.T., Guiné, J.B. & Tukkera, A. (2019). The second green revolution: Innovative urban agriculture's contribution to food security and sustainability – A review. *Global Food Security*, 22, 13-24. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2019.08.002>
- Astier, M., Masera, O. R., & Galván-Miyoshi, Y. (2008). *Evaluación de sustentabilidad: un enfoque dinámico y multidimensional*. Valencia, España: SEAE, CIGA, ECOSUR, CIEco, UNAM, GIRA, Mundiprensa y Fundación Instituto de Agricultura Ecológica y Sustentable.
- Aubert, B. A., Schroeder, A. & Grimaudo, J. (2012). IT as enabler of sustainable farming: An empirical analysis of farmers' adoption decision of precision agriculture technology. *Decision Support Systems*, 54, 510-520. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2012.07.002>
- Ávila Bello, C. (2010). La agricultura tradicional y la conservación de los recursos naturales en México. *Este País*, 26, 46-50.
- Bautista de la Cruz, J.C. (2012). *Uso de productos agroquímicos en la comunidad de San Pedro de Quicato distrito de Acocro, perspectivas* (Tesis de Licenciado en Antropología Social). Facultad de Ciencias Sociales, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho, Perú. Recuperado de: http://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/handle/UNSC/2933/TESIS%20AN143_Bau.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Bernal, L.P., Castellanos, O. & Martínez-Bernal, L.F. (2012). *Sostenibilidad y desarrollo: el valor agregado de la agricultura orgánica*. Bogotá D.C.: Universidad de Colombia.

- Bogatyrev, N., & Bogatyreva, O. (2015). Permaculture and TRIZ –Methodologies for cross-pollination between biology and engineering. *Procedia Engineering*, 131, 644-650.<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.12.458>
- Burnett, G. (2008). *Permaculture: a beginner's guide* (2nd edition). Brooklyn, N.Y.: Spiralseed.
- Canto, G. (2014). *Las Ecoaldeas y los principios de la Permacultura en el Uruguay, una alternativa para migrar de la ciudad al campo* (trabajo final de grado). Facultad de Psicología, Universidad de la República. Montevideo, Uruguay.
- Cap, G., De Luca, D., Marasas, M., Pérez, M. & Pérez, R. (2012). *El camino de la transición agroecológica*. Buenos Aires: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Recuperado de: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_-_el_camino_de_la_transicion_agroecologica.pdf
- Chabert, A., & Sarthou, J.P. (2020). Conservation agriculture as a promising trade-off between conventional and organic agriculture in bundling ecosystem services. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 292, 106815.<https://doi.org/10.1016/j.agee.2019.106815>
- Cisternas, I., Velásquez, I., Caro, A., & Rodríguez, A. (2020). Systematic literature review of implementations of precision agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*, 176. 105626. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105626>
- CONAFOR. (2006). *Buenas prácticas de manejo y biodiversidad. Herramientas para la implementación de Redd+* en México. México: Comisión Nacional Forestal. Recuperado de: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/538290/06_Buenas_Practicas_de_Manejo_y_Biodiversidad.pdf
- Cravo, M.S. (1991). Resumen de resultados en sistemas de cultivos con bajos insumos. Actas del taller latinoamericano de manejo de suelos tropicales, 2., San José, Costa Rica. Recuperado de: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/207840/1/Manejo-de-Suelos-Tropicales-en-Latinoamerica-p58.pdf>
- Crowder, D.W. & Reganold, J.P. (2015). Financial competitiveness of organic agriculture on a global scale. *PNAS*, 112(24), 7611-7616. <https://doi.org/10.1073/pnas.1423674112>
- Cucchi, N.J.A. (2020). *Agricultura sin plaguicidas sintéticos: manejo agroecológico de plagas en cultivos argentinos*. Buenos Aires: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Recuperado de: https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_agricultura_sin_plaguicidas_sinteticos.pdf
- Demattê, J.A.M., Demattêl, J.J.L.I., Alves, E.R., Negrão, R. & Morelli, J.L. (2014). Precision agriculture for sugarcane management: a strategy applied for brazilian conditions. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 36(1), 111-117. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v36i1.17664>
- Devine, G.J., Eza, D., Oguzuku, E. & Furlong, M.J. (2008). Uso de insecticidas: contexto y consecuencias ecológicas. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 25(1), 74-100.
- Dubey, P.K., Singh, G.S. & Abhilash, P.C. (2020). *Adaptive Agricultural Practices. Building Resilience in a Changing Climate*. Geneva, Switzerland: Springer Nature. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-15519-3>
- Echeverría Llumipanta, N.A. (2015). *Desarrollo de un Sistema de Información Geográfica que permita la gestión integral de los cultivos de palma aceitera a través de la aplicación de sistemas de agricultura de precisión* (Tesis de Maestría en Sistemas de Información Geográfica). Colegio de Posgrados, Universidad San Francisco de Quito. Quito. Recuperado de: <http://192.188.53.14/bitstream/23000/4224/1/120771.pdf>
- El-Hage Scialabba, N. & Hattam, C. (2003). *Agricultura Orgánica, Ambiente y Seguridad Alimentaria*. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/y4137s/y4137s00.htm#Contents>
- Eyhorn, F., Heeb, M. & Weidman, G. (2005). *IFOAM Manual de Capacitación en Agricultura Orgánica para los Trópicos Húmedos*. Bonn: Federación Internacional de Movimientos de Agricultura Orgánica (IFOAM). Recuperado de: <https://www.fibl.org/fileadmin/documents/shop/1447-manual-basico.pdf>

- FAO. (2002). *Las buenas prácticas agrícolas*. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Recuperado de: <http://www.fao.org/ag/esp/revista/faogapes.pdf>
- FAO. (2018). *Los contaminantes agrícolas: una grave amenaza para el agua del planeta*. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Recuperado de: <http://www.fao.org/news/story/es/item/1141818/icode/>
- FAO. (2021). FAO en México. México en una mirada. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Recuperado de: <http://www.fao.org/ag/esp/revista/faogapes.pdf>
- FAO-OIE. (2009). *Guía de buenas prácticas ganaderas para la seguridad sanitaria de los alimentos de origen animal*. Rome: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación/Organización Mundial de Sanidad Animal.
- Fernández, L., Castañeiras, L., León, N., Shagarodsky, T. & Barrios, O. (2012). Doce atributos de la agricultura tradicional campesina cubana. *Agricultura Orgánica*, 18(2), 15-20.
- Fliessbach, A., Mäder, P., Pfiffner, L., Dubois, D. & Gunst, L. (2000). *Organic farming enhances soil fertility and biodiversity*. Dossier. Brussels: FiBL (Research Institute of Organic Agriculture). 16 pp.
- Flores-González, A., Jiménez-Ferrer, G., Castillo-Santiago, M., Ruíz de Oña, C. & Covaleda, S. (2019). Buenas prácticas ganaderas: adopción de tecnologías en la Cañada Río Perlas, Ocosingo, Chiapas México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 22, 87-96.
- Fossaluzza, A.S. (2016). *Permacultura: Por que e para quem?* Anais do III Fórum de Educação Ambiental Crítica. 14-15 novembro 2016. Bauru, SP: Universidad Estatal Paulista Júlio de Mesquita Filho. Pp. 184-187.
- Fossaluzza, A.S. & Tozoni-Reis, M.F.C. (2020). O Ensino de Permacultura no Brasil: o papel dos Cursos de Design em Permacultura (PDCs) e as contribuições da Educação Ambiental Crítica. *Ciência & Educação*, 26, e20042. <https://doi.org/10.1590/1516-731320200042>
- Funes-Monzote, F.R., Tittonel, P. & López-Ridaura, S. (2009). La diversidad y eficiencia de los sistemas agrícolas, elementos clave para la intensificación agroecológica. *Agrodesarrollo'09. Por una agricultura con futuro. II Simposio Internacional Extensionismo, transferencias de tecnologías, aspectos socioeconómicos y desarrollo agrario sostenible*. May 2009. Varadero, Matanzas, Cuba. Pp. 199-203.
- Garbach, K., Milder, J.C., DeClerck, F.A.J., Montenegro de Wit, M., Driscoll, L. & Gemmill-Herren, B. (2016): Examining multi-functionality for crop yield and ecosystem services in five systems of agroecological intensification, *International Journal of Agricultural Sustainability*, 11-28. <https://doi.org/10.1080/14735903.2016.1174810>
- Garnier, J., Le Noë, J., Marescaux, A., Sanz-Cobena, A., Lassaletta, L., Silvestre, M., Thieu, V. & Billen, G. (2019). Long-term changes in greenhouse gas emissions from French agriculture and livestock (1852–2014): From traditional agriculture to conventional intensive systems. *Science of the Total Environment*, 660, 1486-1501.
- Giraldo de López, M., Cabascango Jaramillo, J.C. & Pinargote Yépez, L.M. (2017). Soberanía alimentaria a través de la Permacultura. *Revista Publicando*, 10(2), 53-69.
- Gliessman, S. (2002). *Procesos Ecológicos en la Agricultura Sostenible*. Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Recuperado de: <https://biowit.files.wordpress.com/2010/11/agroecologia-procesos-ecol3b3gicos-en-agricultura-sostenible-stephen-r-gliessman.pdf>
- Gliessman, S. (2007). *Field and Laboratory Investigations in Agroecology* (Second edition). Boca Raton, FL: CRC Press.
- Gomez, S.J. (2020). *La Permacultura en Colombia: Una aproximación por medio del descubrimiento* (trabajo de grado). Escuela de Ciencias Administrativas, Contables, Económicas y de Negocios, Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Bogotá.

- González-Guillot, Y. & Alarcón-Méndez, C.O. (2020). Evaluación de las propiedades físico-químicas del suelo de un sistema de permacultura y una finca agroecológica en el municipio Santiago de Cuba. *Ciencia en su PC*, 1(3), 125-137.
- Gutiérrez-Guzmán, N., Serra, J.A., & Dussan-Sarria, S. (2012). Priorización de factores críticos para implantar buenas prácticas agrícolas en pequeños productores. *Cuadernos de Desarrollo Rural*, 9 (69), 221-237.
- Gutiérrez Pinto, D. (2021). La permacultura como fundamento del ordenamiento territorial. Propuesta de desarrollo sostenible en Cerro Colorado, Arequipa. *Revista Iberoamericana de Estudios Municipales*, 12(23), 129-152. <http://dx.doi.org/10.32457/riem.v23i2.520>
- Hernández-Xolocotzi, E. (1988). La Agricultura tradicional en México. *Comercio Exterior*, 38(8), 673 - 678. Recuperado de: <http://revistas.bancomext.gob.mx/rce/magazines/189/2/RCE2.pdf>
- Higgins, V., Bryant, M., Howell, A., & Battersby, J. (2017). Ordering adoption: Materiality, knowledge and farmer engagement with precision agriculture technologies. *Journal of Rural Studies*, 55, 193-202. <https://doi.org/10.1016/j.rurstud.2017.08.011>
- Holmgren, D. (2002). *Permaculture: Principles & pathways beyond sustainability*. Melbourne: Holmgren Design Services.
- Holmgren, D. (2007). *Essence of permaculture*. Melbourne: Holmgren Design Services.
- Horlings, L.G. & Marsden, T.K. (2011). Towards the real green revolution? Exploring the conceptual dimensions of a new ecological modernisation of agriculture that could 'feed the world'. *Global Environmental Change*, 21, 441–452.
- Hussain, A. (2012). *The Green Revolution*. In: Jalal, A. (ed), *The Oxford Companion to Pakistani History*. Karachi, Pakistan: Oxford University Press.
- IPCC (2008). *Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*. Ginebra, Suiza: Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Recuperado de: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar4_syr_sp.pdf
- Izquierdo, J. & Rodríguez Fazzone, M. (2006). *Buenas Prácticas Agrícolas (BPA): En busca de sostenibilidad, competitividad y seguridad alimentaria*. Santiago, Chile: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- Jaramillo, D. (2017). *Implementación de buenas prácticas ovinas en la Hacienda La Lyda, municipio de Holguín Valle* (Trabajo de grado). Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de La Salle. Bogotá, DC: Colombia. Recuperado de: <https://ciencia.lasalle.edu.co/zootecnia/165>
- Kerr R.B. (2012) Lessons from the old Green Revolution for the new: Social, environmental and nutritional issues for agricultural change in Africa. *Progress in Development Studies*. 12, (2-3), 213–229. Doi: 10.1177/146499341101200308
- Lizarazo Salcedo, I.A, & Alfonso Carvajal, O.A. (2011). Aplicaciones de la agricultura de precisión en palma de aceite "Elaeis guineensis" e híbrido O x G. *Revista de Ingeniería*, 33, 124-130. <https://doi.org/10.16924/revinge.33.12>
- Madden, P. (1988). Low-input/sustainable agricultural research and education: challenges to the agricultural economics profession. *American Journal of Agricultural Economics*, 70(5), 1167-1172.
- Marote, M.L. (2010). Agricultura de Precisión. *Ciencia y Tecnología*, 10, 143-166. <https://doi.org/10.18682/cyt.v10.i1.765>
- Marasas, M., Blandi, M.L., Dubrovsky Berensztein, N. & Fernández, V. (2015). Transición agroecológica: características, criterios y estrategias. Dos casos emblemáticos de la provincia de Buenos Aires, Argentina. *Agroecología*, 10(1), 49-60.
- Masaquiza Moposita, D.A, Pereda Mouso, J., Curbelo Rodríguez, L.M., Figueredo Calvo, Reynaldo, & Cervantes Mena, M.. (2017). Intensificación de los sistemas agropecuarios y su relación con la

- productividad y eficiencia. Resultados con su aplicación: Artículo de Revisión. *Revista de Producción Animal*, 29(2), 57-64.
- Mateo-Sagasta, J., Zadeh, S.M. & Turrel, H. (2017). *Water pollution from agriculture: a global review. Executive summary*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations and the International Water Management Institute.
- McConnell, M. (2019). Bridging the gap between conservation delivery and economics with precision agriculture. *Wildlife Society Bulletin*, 43(3), 391-397. <https://doi.org/10.1002/wsb.995>
- Migliorini, P. & Wezel, A. (2017). Converging and diverging principles and practices of organic agriculture regulations and agroecology. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 37, Article 63. <https://doi.org/10.1007/s13593-017-0472-4>
- Mintert, J., Widmar, D., Langemeier, M., Boehlje, M., & Erickson, B. (2016). The challenges of precision agriculture: is big data the answer. *2016 Annual Meeting of the Southern Agricultural Economics Association*. San Antonio, TX: Southern Agricultural Economics Association. Pp. 1 – 9.
- Mollison, B. (1991). *Introduction to permaculture*. Berkeley, CA: Ten Speed Press.
- Mollison, B. & Holmgren, D. (1978). *Permaculture One. A perennial agriculture for human settlements*. Melbourne: Corgi
- Mogen, E. (2006). Permaculture: Origins, philosophy and goals. *Hortscience*, 41(4), 933.
- Monreal Lara, J. & López-Cuervo Medina, S. (2005). Sistemas automáticos de guiado y nivelación por GPS para agricultura de precisión. *Agrotécnica*, 3, 67-70.
- Muñiz, R. (2019). El aporte de la permacultura en el desarrollo de la agricultura urbana. *Revista Tekhné*, 22(1), 35-43.
- Mur-Cardona, A.A. & Molano-Molina, J.P. (2016). Buenas prácticas ganaderas: ¿Mito, inconsciencia ganadera o falta de apoyo estratégico? *Revista Facultad Ciencias Agropecuarias*, 8(1), 12 – 18.
- Nair, S. S. (2011). *Three essays on the economics of precision agriculture in cotton production* (Ph.D. dissertation). Texas Tech University, Lubbock, TX. Retrieved from: <https://ttu-ir.tdl.org/bitstream/handle/2346/ETD-TTU-2011-05-1433/NAIR-DISSERTATION.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Najafabadi, M.O., Khedri, K. & Lashgarara, F. (2012). Requirements of low input sustainable agricultural implementation: a factor analysis of experts' perspective. *ARP Journal of Agricultural and Biological Science*, 7(8), 583-585.
- Paarlberg, R. (2009). The ethics of modern agriculture. *Soc* 46, 4–8. <https://doi.org/10.1007/s12115-008-9168-3>
- Parrott, N. & Marsden, T. (2002). *The Real Green Revolution: Organic and Agroecological farming in the South*. London: Greenpeace Environmental Trust.
- Pascal, E. (2016). Agroecología y manejo de insectos plaga. Memorias Arbitradas de las IV Jornadas Científicas del Departamento de Ciencias Naturales. 21,22 y 23 de Junio de 2016. San Francisco, Estado Zulia, Venezuela: Universidad Nacional Experimental “Rafael María Baralt”. Pp. 60-64.
- Pathak, H., Brown, P., & Best, T. (2019). A systematic literature review of the factors affecting the precision agriculture adoption process. *Precision Agriculture*, 20, 1292–1316. <https://doi.org/10.1007/s11119-019-09653-x>
- Paxton, K., Mishra, A., Chintawar, S., Roberts, R., Larson, J., English, B., . . . Martin, S. (2011). Intensity of precision agriculture technology adoption by cotton producers. *Agricultural and Resource Economics*, 40, 133–144. <https://doi.org/10.22004/ag.econ.105464>
- Perea Restrepo, S.A. (2016). Lecciones sobre permacultura para un hábitat simbiótico en el paisaje cultural cafetero. *DEARQ*, 19, 34-51. DOI: <http://dx.doi.org/10.18389/dearq19.2016.04>

- Pérez Sánchez, J.M., Velasco Orozco, J.J. & Reyes Montes, L. (2014). Estudios sobre agricultura y conocimiento tradicional en México. *Perspectivas Latinoamericanas*, 11, 144-156.
- Pérez Vázquez, A. & Landeros Sánchez, C. (2009). Agricultura y deterioro ambiental. *Elementos*, 73, 19 - 25.
- Pereira Salazar, C.A. (2013). Participación y acción colectiva en los movimientos globales de ecoaldeas y permacultura. *Revista Latinoamericana de Psicología*, 45(3), 401-413.
- Pimentel, D., Culliney, T.W., Buttler, I.W., Reinemann, D.J. & Beckman, K.B. (1989). General concepts low-input sustainable agriculture using ecological management practices. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 27, 3-24.
- Pingali, P.L. (2012). Green Revolution: impacts, limits, and the path ahead. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109, 12302-12308. Doi: [10.1073/pnas.0912953109](https://doi.org/10.1073/pnas.0912953109)
- Pomareda, C. (2009). *Políticas públicas para la adaptación a la variabilidad del clima y al cambio climático*. In: Sepúlveda, C.J. & Ibrahim, M. (Editores) *Políticas y sistemas de incentivos para el fomento y adopción de buenas prácticas agrícolas como una medida de adaptación al cambio climático en América Central*. Serie técnica, Informe técnico No. 377. Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.
- Purón-Rodríguez, D. & Tejeda-Marrero, V.M. (2021). Síntesis histórica del concepto calidad desde la Revolución Neolítica a la Agricultura de Precisión. *Revista Ingeniería Agrícola*, 11(3). Recuperado de: <https://revistas.unah.edu.cu/index.php/IAgric/article/view/1402/2554>
- Rodríguez, S., Gualotuña, T., & Grilo, C. (2017). A system for the monitoring and predicting of data in precision agriculture in a rose greenhouse based on wireless sensor networks. *Procedia Computer Science*, 121, 306-313. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.11.042>
- Rodríguez García, R.M., Hernández Acosta, R., Hernández Martín, J.C. & Pérez Hernández, A.C. (2016). La permacultura, una alternativa en la producción de alimentos desde la escuela y la comunidad. *Revista de Cooperativismo y Desarrollo*, 4(1), 84-94.
- Fukuoka, M. (1978). *The One-Straw Revolution*. Emmaus, PA: Rodale Press.
- Rosenzweig, C. & Hillel, D. (Editors) (2008). *Climate change and the global harvest: Impacts of El Niño and other oscillations on agroecosystems*. Oxford, UK: Oxford Scholarship Online. DOI: [10.1093/oso/9780195137637.001.0001](https://doi.org/10.1093/oso/9780195137637.001.0001)
- Rosenzweig, C. & Hillel. D. (Editors) (2015). *Handbook of Climate Change and Agroecosystems*. ICP Series on Climate Change Impacts, Adaptation, and Mitigation: Volume 3. Hackensack, NJ: World Scientific Publishing. <https://doi.org/10.1142/p970>
- SADER. (2020). ¿Qué es Manejo Agroecológico de Plagas? México: Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural Recuperado de: <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/que-es-manejo-agroecologico-de-plagas>
- Salgado Torres, T.P. (2017). Costos económicos de emplear Buenas Prácticas Ambientales en la actividad ganadera primaria bovina de producción de leche (Disertación de grado Economista). Facultad de Economía, Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Quito.
- Santillán, O. & Rodríguez, M.E. (2018). Agricultura de Precisión. INCYTU, 015, 1-4. Recuperado de: https://www.foroconsultivo.org.mx/INCYTU/documentos/Completa/INCYTU_18-015.pdf
- Sarkar, D., Kar, S. K., Chattopadhyay, A., Shikha, Rakshit, A., Tripathi, V.K., Dubey, P. K., & Abhilash, P. C. (2020). Low input sustainable agriculture: A viable climate-smart option for boosting food production in a warming world. *Ecological Indicators*, 115, 106412. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106412>
- Schimmelpfennig, D., & Ebel, R. (2011). *On the doorstep of the information age: recent adoption of precision agriculture*. Economic Information Bulletin No. 80, EIB-80, Washington, DC: U.S. Dept. of Agriculture, Economic Research Service. 31 pp. Retrieved from: https://www.ers.usda.gov/webdocs/publications/44573/5732_eib80_1.pdf?v=8197.6

- Shannon, D.K., Clay, D.E., & Sudduth, K.A. (2018). An Introduction to Precision Agriculture. In: *Precision Agriculture Basics*. Shannon, D.K., Clay, D.E., & Kitchen, N.R. (Eds.). Hoboken, N.J.: John Wiley & Sons, Inc. pp. 1-12. <https://doi.org/10.2134/precisionagbasics.2016.0084>
- Somoza, A., Vázquez, P. & Zulaica, L. (2018). Implementación de buenas prácticas agrícolas para la gestión ambiental rural. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 44(3), 398-423.
- Soto, G. (coordinadora) (2003). *Memoria del Taller Agricultura Orgánica: una herramienta para el desarrollo rural sostenible y la reducción de la pobreza*. 19 al 21 de mayo de 2003. Turrialba, Costa Rica: Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola (FIDA), Unidad Regional de Asistencia Técnica (RUTA), Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).
- Soto, G. & Muschler, R. (2001). Agricultura orgánica. Génesis, fundamentos y situación actual de la agricultura orgánica. *Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)*, 62, 101 – 105.
- Stenholm, C.W. & Waggoner, D.B. (1990). Low-input, sustainable agriculture: Myth or method? *Journal of Soil and Water Conservation*, 45(1), 13-17.
- Sung, J. (2018). *The Fourth Industrial Revolution and Precision Agriculture*. In: Hussmann, S. (editor), Automation in Agriculture - Securing Food Supplies for Future Generations. London, UK.: IntechOpen. Available from: <https://www.intechopen.com/chapters/57703>
- Suso, M.J., Bocci, R., & Chable, V. (2013). La diversidad, una herramienta poderosa para el desarrollo de una agricultura de bajos-insumos. *Ecosistemas*, 22(1), 10-15. Doi: [10.7818/ECOS.2013.22-1.03](https://doi.org/10.7818/ECOS.2013.22-1.03)
- Talamoni, S. (2021). *El agregado de valor: principal desafío de los elaboradores de productos orgánicos*. Buenos Aires: Instituto Nacional de Tecnología Industrial. Recuperado de: https://www.ciaorganico.net/documypublic/444_Analisis_INTI_Productos_Organicos.pdf
- Tripathi, R., Shahid, M., Nayak, A.K., Raja, R., Panda, B.B., Mohanty, S., . . . Kumar, A. (2013). *Precision Agriculture in India: Opportunities and Challenges*. Odisha, India: Rice Knowledge Management Portal. Retrieved from: <https://krishi.icar.gov.in/ispub/bitstream/123456789/33996/1/Precision%20Agriculture%20in%20India%20Opportunities%20and%20Challenges.pdf>
- Turrent Fernández, A., Cortés Flores, J.I., Espinosa Calderón I, A., Hernández Romero, E., Camas Gómez, R., Torres Zambrano, J.P. & Zambada Martínez, A. (2017). MasAgro o MIAF ¿Cuál es la opción para modernizar sustentablemente la agricultura tradicional de México? *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8(5), 1169-1185.
- Uekötter, F. 2006 *Historia ambiental de la agricultura. Un informe bibliográfico*. In: Millán García Varela, J. y Sanz Lafuente, G. (editores). *Sociedades agrarias y formas de vida: la historia agraria en la historiografía alemana, siglos XVIII-XX*. Zaragoza: Prensas Universitarias de Zaragoza. pp. 253-267.
- Vázquez Moreno, L.L. (2007). Desarrollo del manejo agroecológico de plagas en los sistemas agrarios de cuba. *Fitosanidad*, 11(3), 29-39.
- Vázquez, L.L. & Pérez, N. (2017). El control biológico integrado al manejo territorial de plagas de insectos en Cuba. *Agroecología*, 12(1), 39-46.
- Villoch, A. (2010). Buenas prácticas agropecuarias para la producción de leche. sus objetivos y relación con los códigos de higiene. *Rev. Salud Animal*, 32(3), 137-145.
- Vivas, F.Y., Corrales, J.C. & Ramírez-González, G. (2016). Aproximación a un modelo contextual para calidad de datos en agricultura de precisión. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 15(29), 99-112. <https://doi.org/10.22395/rium.v15n29a6>
- Wang, X., Wang, S., Cai, Z. & Ding, J. (2010). *The Research on Natural Vegetation's Response to Agriculture in Tarim River Basin in Recent 50 Years Using Multi-Source Remote Sensing Data*. In: Li, D., & Zhao, C. (Eds.) *Computer and Computing Technologies in Agriculture III*. Beijing: Springer Science & Business Media. Pp. 27-31. DOI: [10.1007/978-3-642-12220-0](https://doi.org/10.1007/978-3-642-12220-0)

- West, T.A.P., Börner, J. & Fearnside, P.M. (2019). Climatic benefits from the 2006–2017 avoided deforestation in Amazonian Brazil. *Frontiers in Forest and Global Change*, 2, 52. <https://doi.org/10.3389/ffgc.2019.00052>
- Williams, J.R. (1990). Social traps and incentives: Implications for low-input, sustainable agriculture. *Journal of Soil and Water Conservation*, 45(1) 28-30.
- Willer, H., Schlatter, B., Trávníček, J. Kemper, L. & Lernoud, L. (Eds.) (2020). *The World of Organic Agriculture - Statistics & Emerging Trends* (2020). Frick, Switzerland: Research Institute of Organic Agriculture (FiBL) & IFOAM - Organics International. Retrieved from: <https://www.fibl.org/fileadmin/documents/shop/5011-organic-world-2020.pdf>
- Xiao, G.-J., Zhang, Q., & Wang, J. (2007). Impact of global climate change on agro-ecosystem: a review. *Journal of Applied Ecology*, 18(8), 1877 - 1885.
- Yost, M. A., Kitchen, N. R., Sudduth, K. A., Sadler, E. J., Drummond, S. T., & Volkmann, M. R. (2017). Long-term impact of a precision agriculture system on grain crop production. *Precision Agriculture*, 18, 823 - 842. <https://doi.org/10.1007/s11119-016-9490-5>

“Lis de Veracruz: Arte, Ciencia, Luz”

www.uv.mx

