



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS



AGROECOLOGÍA
(APUNTES)

JOSÉ GONZALO POZAS CÁRDENAS

Campus Universitario "El Cerrillo" Piedras Blancas, Toluca, México.

Enero 2021.

La agricultura es la profesión propia del sabio, la más adecuada al sencillo, y la ocupación más digna para todo hombre libre.

Marcus Tullius Cicerón 106-43 a. C.

CONTENIDO

	Pág.
ÍNDICE DE FIGURAS.....	5
ÍNDICE DE CUADROS.....	5
ADVERTENCIA.....	6
INTRODUCCIÓN.....	8
I. AGRICULTURA TRADICIONAL.....	10
1.1. Agricultura tradicional.....	10
1.2. Historia de la agricultura en México.....	25
1.3. Revolución Verde.....	30
1.3.1. La revolución verde vista desde la Agroecología	38
1.3.2. Revolución verde sinónimo de agricultura convencional.....	40
1.3.3. La revolución verde y su contrapeso la agricultura orgánica.....	41
II. DOMESTICACIÓN DE ESPECIES.....	47
2.1. La domesticación de las plantas.....	47
2.2. Origen de las plantas cultivadas.....	50
2.3. Perspectivas ecológicas de la domesticación de las plantas.....	52
III. ABONOS ORGÁNICOS.....	57
3.1. Nutrición orgánica.....	57
3.2. Abonos orgánicos.....	62
3.2.1. Humuz de lombriz o lombricomposta.....	62
3.2.2. Estiércoles.....	67
3.2.3. Bocashi.....	69
3.2.4. Compostas.....	70
3.2.5. Biofertilizantes.....	72
3.2.6. Excretas y orina humana en la agricultura.....	74
3.2.7. Biosólidos.....	77
IV. AGRICULTURA ALTERNATIVA.....	80
4.1. Agricultura alternativa.....	80
4.1.1. Agricultura orgánica.....	84
4.1.2. Agricultura de bajos insumos.....	87

4.1.3. Agricultura alternativa.....	87
4.1.4. Otros movimientos de la agricultura alternativa.....	92
4.2. Acolchados.....	95
4.3. Permacultura.....	101
V. REFLEXIONES FINALES.....	106
VI. BIBLIOGRAFÍA.....	112

ÍNDICE DE FIGURAS Y CUADROS

Figuras	Pág.
1. Semillas híbridas para campesinos del Estado de México.....	31
2. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) en México....	33
2a. Formas de manejo y mecanismos de domesticación <i>in situ</i> y <i>ex situ</i> de plantas	54
3. Resultados de análisis de fertilidad de suelo: zona de hortalizas orgánicas FCA- UAEMÉX.....	58
4. Resultados de perfil microbiológico de suelo.....	60
5. Resultado de la elaboración de bocashi.....	69
6. Diseño de cepa para el proceso de composteado de residuos orgánicos domésticos.....	71
7. Fijación de N ₂ por <i>Rhizobium</i> en leguminosas.....	73
8. Micorrización en la rizosfera de una planta.....	74
9. Residuos biosólidos del canal de la Facultad de Ciencias Agrícolas UAEMÉX..	77
10. Cosecha de hortalizas orgánicas en el "Cerrillo" Piedras Blancas, Toluca, Méx.	82
11. Componentes de la agricultura alternativa.....	83
12. Directrices de la agricultura orgánica.....	85
13. Prácticas de la agricultura orgánica.....	86
14. Principios de la agricultura orgánica.....	87
15. Procesos de la agricultura alternativa.....	90
16. Cuatro motivos para una conversión a la agricultura regenerativa.....	91
17. Pilares de la Agroecología.....	91
18. Otros movimientos de la agricultura alternativa.....	92
19. Acolchado utilizado para la desinfección de suelo y control de maleza.....	95
20. Acolchado plástico en un cultivo de jitomate en invernadero.....	96
21. Acolchado a campo abierto en el cultivo de lechuga.....	97
22. Acolchado con paja en un cultivo de rábano orgánico de la FCA.....	98
23. Policultivo de brócoli, col, lechuga y betabel con cubierta de residuos orgánicos	99
Cuadros	
1. Caracterización físico-química de humuz de lombriz.....	66
2. Composición nutrimental del Bocashi.....	70
3. Agricultura regenerativa vs convencional.....	89

ADVERTENCIA

El presente material didáctico denominado *Apuntes de Agroecología* dirigido a los alumnos del tercer semestre de la Carrera de Ingeniero Agrónomo Fitotecnista, es el resultado de haber gozado de un año sabático donde para llegar a este producto fue necesario la lectura, el análisis, la síntesis y el comentario de varios textos que hubieron de confrontarse continuamente en el concierto interminable de la ciencia en pos de llegar a una propuesta que, seguro irá evolucionando y madurando para dejar mejores frutos con el tiempo.

El texto se estructuró de acuerdo a la Unidad de Aprendizaje o Programa de Agroecología en cuatro unidades de competencia, la primera aborda la agricultura tradicional donde se plasma la visión y experiencia de las culturas mesoamericanas actualmente vigentes que han visto amenazado su conocimiento, saber y práctica del manejo de los ecosistemas naturales y agrosistemas, lo cual nos compromete a redescubrir y preservar como un bien común patrimonial.

La domesticación de las especies abre la segunda unidad de competencia, propone el reto de seguir investigando el maravilloso mundo de las plantas como lo hicieron muchos de nuestros predecesores, entre ellos: Darwin, Vavilov, Mendel y otros.

La tercera unidad la componen los abonos orgánicos, que sin duda es una de las mejores alternativas para el mejoramiento y fertilidad del suelo, y su ciclo interminable de procesos biogeoquímicos en él. En esta unidad se dan a conocer algunos de los abonos más importantes y sus características. Esto permitirá en el alumno-discente tomar las mejores decisiones para usarlos en beneficio de los agrosistemas con los productores, así como proponerles las mejores soluciones a su problemática de producción y productividad.

La cuarta unidad que trata de la agricultura alternativa, centra su propuesta en señalar la diversidad de vertientes alternativas para producir cuidando el ambiente natural y

social. Por lo que, con estas propuestas se reduce el pretexto para no vivir con calidad de vida e ir soñadoramente en busca de un mundo mejor, como diría ese genio posmodernista de la filosofía ambiental, Karl Popper.

De este modo, el material se presenta solamente como un complemento a la gran variedad de libros y textos que abordan el desarrollo de la Agroecología.

Debo advertir que muchos libros revisados donde se plasman las grandes ideas y conocimientos de décadas anteriores, sorprendentemente estarán vigentes para siempre y es imposible no citarlos; además, en esta ciencia relativamente nueva y en contra de las posturas neoliberales de producción agrícola, no fluyen con esa misma velocidad que la información por internet que se quisiera, por lo que para algunos parecerá desactualizado o pasado de moda; pero, para quienes nos entusiasma redescubrir las esencias, los colores y los sabores de las plantas y el suelo, es una posibilidad de reencontrar caminos andados por nuestros primeros cultivadores y cuidadores de su agroecosistema. De antemano, una disculpa por no sujetarme al conocimiento estrictamente actual y ser un promotor desde mi trinchera de la búsqueda del saber.

Agradezco en mucho a mis alumnos, entusiastas guerreros que han multiplicado su experiencia de la Agroecología en su parcela, y le regalan como gotas de agua los frutos sanos y saludables de su pequeña cosecha a la familia y comunidad, esto pareciera insignificante, pero es el comienzo de que hay sensibilidad, gusto, valoración y conciencia en la producción limpia, a ellos va este material especialmente.

También mi agradecimiento y admiración a las mentes que permiten que la libertad floresca, madure y dé frutos en el mundo de la academia, a ellos la llama eterna de mi ofrenda mortal para que sigan existiendo y la Universidad se engrandezca con la dialéctica de las ideas por pequeñas que sean.

INTRODUCCIÓN

Estas notas o apuntes de agroecología no podían quedarse sin comenzar dando una visión general de la importancia que reviste esta ciencia, cuyo origen se fundamenta en el conocimiento agronómico y de la ecología; de esta manera invito a todos los lectores que iniciemos problematizando sobre el origen y concepto de la agroecología.

El concepto de agroecología aparece en los años 30 del siglo pasado, y ha evolucionado para abarcar niveles más integrales. Wezel y Soldat (2009), identifican dos niveles: primero, evidencian tres tipos de sentido en el uso de la noción de agroecología, disciplina científica, movimiento social y conjunto de prácticas agrícolas. Segundo, identifican tres grandes tipos de usos del concepto de la agroecología basado sobre una escala de enfoques a nivel: parcelario, agroecosistema, y sistema alimentario.

Por otro lado, Otmann (2005) y Merola (2015), plantean la necesidad de que la agroecología como disciplina deba verse en tres dimensiones de análisis: **a). Técnico-productiva**, centrada en el diseño sustentable de los agroecosistemas, donde la ecología es el marco de referencia científico que en diálogo con el conocimiento tradicional campesino e indígena propone la redefinición de los fundamentos técnicos de la agronomía, la veterinaria y las ciencias forestales. **b). Socioeconómica**, busca la revalorización de recursos y potencialidades locales y la recreación de un desarrollo endógeno. **c). Sociopolítica**, implicada en el acompañamiento de procesos participativos, desde redes críticas o iniciativas de investigación aplicada, orientadas a construir alternativas de globalización agroalimentaria,

Además, las tres dimensiones de la agroecología deben complementarse para su desarrollo en cinco niveles territoriales: trabajo de finca (**nivel predial**); mercado alternativo (**nivel comunidad local**); diseño e implementación de estrategias endógenas (**nivel sociedad local**); articulación regional de disidencias contra el neoliberalismo y la globalización económica capitalista para la transición

agroecológica (**nivel estatal**); y articulación mundial de disidencias contra el neoliberalismo y la globalización económica capitalista para la soberanía alimentaria (**nivel global**) (Sevilla Guzmán *et al.*, 2000).

En síntesis, la agroecología como ciencia debe practicarse desde una visión holística, tecnológicamente autosuficiente, que dialoga con sus saberes, usa espacios pequeños, es altamente diversificada y poco contaminante. Además de usar energías renovables y energía humana, es una ciencia práctica que convive con la naturaleza y de nosotros depende que se siga impulsando (Toledo, 2012).

Una manera de preservar e impulsar la agroecología sin lugar a dudas, es a través de generar las suficientes políticas públicas en torno a este modelo de desarrollo agropecuario y forestal, ya que las políticas públicas como sabemos, son instrumentos y estrategias que desde el Estado se diseñan e implementan con distintos grados de participación de actores, sociedad civil y organismos internacionales a fin de orientar la ejecución de las acciones de gobierno.

Actualmente, México tiene una deuda en cuanto a política pública se refiere de la agroecología, ya que estas políticas se enmarcan en un contexto complejo, y ante un sistema institucional orientado a facilitar el desarrollo de la agricultura competitiva del mercado internacional y alto nivel de uso de insumos. El contexto resulta una limitante para el desarrollo de una política pública integral de la agroecología. Y sin embargo, quiénes practicamos la agroecología estamos convencidos que es un modelo de desarrollo alternativo, viable económicamente, aceptable socialmente y amigable con nuestro entorno. De ahí la necesidad de generar políticas públicas que protejan, proyecten e impulsen la agroecología mexicana, patrimonio de la humanidad.

I. AGRICULTURA TRADICIONAL

1.1. Agricultura tradicional

A finales del siglo pasado aún persistía un alto porcentaje de tierra cultivada del mundo explotada por métodos tradicionales, de subsistencia, particularmente en países en desarrollo. La agricultura de este tipo recogió los frutos de la evolución genética, social, económica, cultural y la adaptó a las condiciones de sus entornos más inmediatos. De este modo, los agricultores del S. XXI, en un momento dado se encontraron con un sistema agrícola complejo que, a lo largo de muchas generaciones y civilizaciones, les permitió subsistir ante condiciones geográficas, culturales, políticas, económicas, sociales, ambientales adversas y dependiendo casi exclusivamente de la fuerza humana, animal y el inicio de la tecnología mecanizada (Ruthenberg, 1971; Egger, 1981).

En tal sentido, los agricultores tradicionales han aplicado prácticas eficientes de largo plazo, en vez de hacerlo a corto plazo, y con el empleo de recursos de su localidad, llámense estiércoles, abonos, lixiviados, compostas, lombricompostas, bioles, bocashis, agua, suelo, semillas, repelentes de plagas y enfermedades, microorganismos benéficos, minerales, tierra de monte, mano de obra humana, tracción animal, bosques, selvas, desiertos, ríos y otros. Por lo tanto, no buscan la productividad de un solo cultivo, emplean estrategias para conservar y diversificar sus milpas, valoran la totalidad del agroecosistema a través de labranzas mínimas, acolchados vegetales para proteger el suelo, sistemas de siembras de cultivos alelopáticos, asociados, en franjas, relevos, policultivos, rotaciones de cereales, leguminosas, frutales y hortalizas entre otros (Gliessman *et al.*, 1981; UNICEF, 2008).

En el sistema de producción agrícola se tienen múltiples obstáculos que superar para recoger una cosecha y, más aún, para tener seguridad alimentaria. En un agroecosistema no se desconocen los problemas de anegamiento del terreno, suelos altamente pesados o arcillosos, suelos con baja fertilidad, sequías, granizo, heladas, problemas fitosanitarios de plagas, enfermedades y maleza; calidad de la semilla,

manejo del cultivo, nutrición, riego, clima, precipitación, tormentas eléctricas, humedad del ambiente y almacenamiento de las cosechas entre otros factores que limitan el equilibrio de un sistema productivo (Odum, 2006). Y claro, los pueblos originarios de América, y estoy seguro de todo el mundo, han aprendido a lidiar forjando una agricultura, si bien de subsistencia, también de persistencia adaptada a las peores condiciones ambientales (Knight, 1980).

Continuidad, diversidad, tiempo, uso óptimo del espacio, manejo de recursos, reciclaje de nutrientes, conservación del agua-suelo-selva-bosque-montaña, protección y sucesión de cultivos fueron sin duda procesos que favorecieron los agrosistemas tradicionales a través del tiempo. En el caso de los últimos tres procesos se explican de la siguiente manera:

Reciclaje de nutrientes. Los agricultores tradicionales sustentan la fertilidad del suelo, manteniendo ciclos cerrados de nutrientes, energía, agua y desechos. Muchos enriquecen el suelo con la elaboración y aplicación de biofertilizantes, bioles, lombrihumus, compostas, bocashis, caldos fermentados, lixiviados de guano, recolección de nutrientes, abonos cuya procedencia son los animales domésticos como aves, cerdos, caballos, mulas, burros, conejos, cabras, vacas, bueyes y borregos; tierra del bosque, rastrojos, esquilmos de cultivos y otros. Algunas veces también se sirven del guano de aves marinas o excretas de murciélago.

Conservación del agua. En el caso de inundaciones constantes, los agricultores tradicionales, en vez de invertir en costosos sistemas de drenaje, crean sistemas integrados de agricultura, acuicultura o ambas, como las chinampas de Xochimilco en la Cd. de México. O los arrozales con peces en china y la India. Su conocimiento y experiencia incluyen las cosechas de agua en casa, la recolección a través de tendedores con manta de cielo en el desierto de Atacama, la recolección en ollas de agua, bordos y zanjas.

Protección y sucesión de cultivos. Los agricultores tradicionales han creado diversas estrategias para controlar con éxito a los organismos indeseados. Mezclas

de cultivos y combinaciones de variedades los protegen contra catastróficos ataques de plagas, enfermedades, y los doseles de los cultivos que inhiben el crecimiento de las malezas al reducir al mínimo la necesidad de controlarlas. Las prácticas de cultivo como la aplicación de mulch o cubiertas vegetales, la nutrición orgánica correcta, las sobresiembras, las épocas de siembra anticipadas, el uso de variedades resistentes y el uso de repelentes son estrategias para reducir la presencia de estos problemas fitosanitarios.

En general, una cosecha abundante de cultivos y árboles con diferentes hábitos de crecimiento, doseles y estructuras radiculares permite un mejor uso de espacio, nutrientes, agua y radiación solar. Desde luego, se incrementa la variedad de alimentos, reducen el riesgo de su carencia, promueven la fertilidad del suelo a través de la fijación del nitrógeno, desbloqueo de fósforo, potasio, micronutrientes, mantienen y equilibran las relaciones parásito-huésped y depredador-presa en beneficio del agricultor tradicional.

La agricultura tradicional no ha sido sencilla, basta recordar el exterminio que hicieron los españoles a los cientos de grupos minoritarios indígenas en el Continente Americano, a la larga, provocarían que ellos en pos de salvar sus vidas migraran a zonas marginales y montañosas; de ahí que los indígenas, futuros campesinos y pequeños agricultores se encontraran con poco espacio para establecer sus cultivos; aún en tales condiciones de marginalidad, lograron cultivar en las montañas como el caso de los Incas, o zonas de pendientes pronunciadas donde tuvieron que diseñar cultivos en contorno y terrazas.

También cabe la posibilidad de haberse encontrado en zonas pantanosas y haber tenido que diseñar drenes, o en lugares de sequía o cercanos a las zonas desérticas haber captado ingeniosamente el agua, como las tribus que habitan el desierto de Atacama en Sudamérica que capturan el rocío del agua con mantas de cielo, o el norte de México que conservan las plantas silvestres como la gobernadora, la candelilla o los cactus para sobrevivir.

Otra de las múltiples herencias que los grupos originarios dejan a la humanidad es sin duda, el manejo de la diversidad de los cultivos, el policultivo es un gran ejemplo, una estrategia tradicional para promover una dieta diversa, estabilidad de la producción, reducción de riesgos al mínimo, disminución de incidencia de plagas y enfermedades, mano de obra altamente especializada, intensificación de producción con recursos limitados y rentabilidad con bajos insumos, tecnología y maquinaria (Francis, 1976; Harwood, 1979; Ruthenberg, 1971; Altieri 1983).

En cuanto al rendimiento total por hectárea, los policultivos se consideran de alta productividad, incluso cuando se reduce la producción de los componentes individuales. Esta ventaja en el rendimiento se expresa como el Índice Equivalente del uso de la Tierra (LER, por sus siglas en inglés), referido al área del monocultivo necesaria para rendir la misma cantidad que una hectárea de policultivo, utilizando la misma población de plantas. Y si el LER es mayor que uno, el policultivo tiene una sobreproducción.

En un estudio realizado en Toluca, México., sobre el manejo orgánico de la milpa: rendimientos de maíz, frijol y calabaza en monocultivo y policultivo llevado a cabo por Ebel y Pozas (2017). Se pudo notar cómo el LER sobrepasó a los cultivos individuales, y cómo a pesar de que esta tecnología está validada, actualmente no se ve favorecida por los productores de la zona del Valle de Toluca en el Estado de México; los cuales están cambiando su semilla criolla por semilla híbrida, plaguicidas, fertilizantes y maquinaria agrícola moderna, esperando alcanzar metas de altos rendimientos que superen, al menos las 3.5 toneladas en promedio de maíz de la entidad federativa.

El esquema de producción agrícola tipo “milpa” es un policultivo tradicional Mesoamericano que incluye maíz (*Zea mays* L.), calabaza (*Cucurbita* spp.) y frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Caracterizado por una sinergia entre estos tres cultivos que favorece su rendimiento en conjunto, y genera resiliencia ante perturbaciones externas. No obstante, retos actuales ambientales y socio-económicos disminuyen el

atractivo de la milpa para los productores por lo que es necesario innovar este sistema de producción sin perder su principal fortaleza, la agrobiodiversidad. En el experimento, se compararon todas las posibles combinaciones de policultivos de maíz, calabaza y frijol con los monocultivos de cada una de estas plantas. Todo el manejo fue orgánico y la nutrición se basó en estiércol composteado de bovino. De todos los tratamientos analizados, la asociación de maíz y frijol mostró la mayor producción total, donde el maíz rindió 7.9 t ha⁻¹ y el frijol 1.9 t ha⁻¹.

En el policultivo, cada planta de maíz produjo 68.3 g, 1.2 veces superior al rendimiento por planta en monocultivo; y cada planta de frijol 27.5 g, lo que corresponde a su rendimiento en el monocultivo. Todas las demás combinaciones de cultivos (maíz-calabaza, frijol-calabaza y maíz-frijol-calabaza) superaron los respectivos monocultivos en cuanto a su rendimiento total. Con respecto a la calabaza se destacó que las diversas asociaciones incrementaron su rendimiento por planta, pero disminuyeron la producción por planta de maíz y frijol asociados con la calabaza. Se confirmó la sobrecosecha de maíz y frijol asociados comparado con los respectivos monocultivos, lo que subraya el potencial productivo de los sistemas de producción diversificados.

El ejemplo anterior, deja claro la evidente ventaja de un policultivo o cultivo asociado contra el monocultivo, donde además se cosechan flores de calabaza, calabacitas, ejotes o frijol tierno y elotes como verduras. Por otro lado, si la verdura se lleva al mercado, tiene buena aceptación y alcanza generalmente buen precio en beneficio del agricultor. A cambio, éste entrega un producto fresco, saludable y de buen sabor.

¿De dónde proviene el conocimiento agrícola tradicional? El término conocimiento tradicional, nativo, técnico, rural y etnociencia o ciencia de los pueblos ha sido utilizado para describir el sistema de conocimiento de un grupo étnico que se ha originado local y naturalmente. El conocimiento tiene muchas dimensiones: lingüística, botánica, zoológica, agrícola, artesanal, y proviene de la interacción entre pobladores y el ambiente. La información se extrae del ambiente a través de sistemas cognitivos y

perceptivos, los cuales, seleccionan la información más útil, apropiada, las adaptaciones exitosas se conservan y se traspasan de generación en generación a través de medios orales o empíricos. Los investigadores han descrito este conocimiento demostrando que la distinción más clara proviene de las comunidades donde los ambientes tienen una gran diversidad física-biológica, y de aquellas que viven al borde de la sobrevivencia (Chambers, 1983).

En los sistemas agrícolas tradicionales, las personas de mayor edad poseen un conocimiento profundo sobre su ambiente en relación a los jóvenes. Para los estudiosos de la agroecología como Altieri, Toledo, Glisseman y Odum, algunos aspectos relevantes de los sistemas de conocimiento tradicionales son:

- Ambiente físico: fuentes de agua y su ciclo, relieve, geomorfología, tipos de suelo, lluvia, humedad del ambiente, temperatura, y clima.
- Sistemas populares para identificar seres vivos: flora, fauna, bosques, matorrales; fenómenos de la naturaleza y ubicación exacta de los recursos naturales y sus ciclos productivos.
- Aplicación práctica del conocimiento tradicional.

El conocimiento de los indígenas con respecto al suelo, clima, vegetación, flora, fauna, agua, atmósfera, bosques y de los ecosistemas de su entorno, resultan una estrategia valiosa para entender las interrelaciones de los seres con su ambiente, lo cual, les permite desarrollar autosuficiencia alimentaria en sus localidades (Toledo *et al.* 1985).

El conocimiento local sobre el ambiente físico es abundante. La agricultura ancestral en todo el mundo ha creado calendarios lunares tradicionales para el desarrollo agrícola. En México, por ejemplo, los agricultores tradicionales y originarios de Chiapas y Oaxaca siembran de acuerdo a las fases lunares. Muchos otros enfrentan el cambio climático usando indicadores basados en la fenología de la vegetación local. *Por ejemplo, en Java occidental, el Gadung sp., es un indicador meteorológico de la temporada lluviosa, se supone comienza poco después de que sus hojas empiezan a*

crecer. En la misma región, el pomelo tiene una función similar: cuando sus frutos comienzan a crecer se inicia la época propicia para el cultivo de plantas anuales (Christianty et al., 1985).

Los insectos en el mundo indígena tienen una relación alimenticia, medicinal y curativa. Forman parte de su cosmogonía y folklore, muy diferente a la agricultura convencional, donde los insectos son plagas sujetas al control con potentes plaguicidas. Un ejemplo son los chapulines que forman parte de la dieta de Mijes y Zapotecos de Oaxaca, se preparan con chile, limón y sal. Se sirven como entremés o botana acompañados con un vaso de mezcal. También es común en México, alimentar a los pájaros de casa con mosquitos que son previamente capturados con trampas y vendidos en los mercados para tal fin.

Otro de los problemas son los roedores, suelen ser una plaga que ataca al cultivo de maíz en dos momentos: en la siembra, y en estado lechoso-mazoso. *Rattus norvegicus* (rata urbana) y *Rattus rattus* (rata de campo), son dos especies de ratas que se vuelven una pesadilla para los productores en el Valle de Toluca en el Estado de México. Los agricultores emplean cebos envenenados a base de warfarina al 0.05% para su control y con deficientes resultados. En cambio, los cañeros de la Huasteca Potosina mexicana cultivan la caña de azúcar y las ratas de campo forman parte de su alimentación cotidiana. Dos formas muy distintas de controlar una plaga.

Posey (1986), en sus estudios de la etnoentomología de los indios Kayapo del Amazonas de Brasil, describe el conocimiento detallado acerca de los ciclos de vida de los insectos, sus usos y manejo. Las hormigas, algunas de las cuales pueden ser la plaga principal de los cultivos, son insectos que suelen ser el alimento popular que recolectan. Otro caso, es el complejo manejo de las abejas meliponas sin aguijón (Meliponinae), para la producción de miel, lo que demuestra un profundo conocimiento ecológico de su biología. El papel de los insectos sociales como modelos naturales para la organización social es particularmente interesante; el comportamiento de estos

insectos se reconoce en forma simbólica en los rituales y ceremonias de esta cultura amazónica.

El conocimiento etnobotánico de los Tzeltales, Purepechas y Mayas como grupos étnicos de México que alcanzan a reconocer más de 1200, 900 y 500 especies de plantas respectivamente, nos da idea de la riqueza de conocimiento de estas culturas. Además, estratégicamente han creado patrones de alimentación, agroforestación, policultivos, cuidado de flora, fauna, bosques, agua y paisajes; basándose en experiencias de años de observación y práctica guiada por complejos sistemas etnobotánicos de clasificación. Estos sistemas les han permitido asignar a cada paisaje una práctica de producción determinada, obteniendo una diversidad de productos provenientes de las plantas mediante una estrategia de uso múltiple (Toledo *et al.* 1985).

Otro caso en México, son los indios huastecos, administradores de campos agrícolas, complejos huertos domésticos y terrenos forestales con más de 300 especies de plantas. Las pequeñas áreas alrededor de las casas, por lo común, tienen un promedio de entre 80 y 125 plantas útiles, entre plantas medicinales nativas (Alcorn, 1984).

En Java occidental, es común que el Pekarangan o huerto familiar, tenga de 100 o más especies de plantas útiles como materiales de construcción, combustible, frutales, hortalizas y ornamentales, plantas medicinales, especias y cultivos comerciales (Christianty *et al.* 1985).

Juan (2009), cita las estrategias de los campesinos tradicionales del Sur del Estado de México, al hacer uso de sus múltiples conocimientos para complementar sus necesidades alimenticias y la de sus animales, a través de las plantas y animales silvestres existentes en las barrancas. Así como de las plantas de traspatio, las cuales incluyen ornamentales, frutales, forestales, rituales, comestibles, aromáticas, medicinales que conforman, además de una arquitectura del paisaje, múltiples servicios ambientales como la captura de carbono, cortinas rompevientos, moderación

del clima, reducción de la evaporación, estabilidad del ciclo hidrológico, captación de agua, protección del suelo desnudo evitando erosión, mejoradores de suelo, producción de frutos, refugio de fauna silvestre, armonía de colores estético-psicológica, liberación de oxígeno, ambientes perfumados; además de que algunas son fijadoras de nitrógeno como leguminosas, betuláceas, casuarináceas y otras.

La parte práctica es evidente en la selección de variedades de semillas para los ambientes específicos. La siembra de maíces criollos en México es producto de una rigurosa selección masal ancestral. De igual modo hacen los agricultores tradicionales de las montañas del Perú con la papa. Todo lo cual supone sobreponerse a las limitaciones agronómicas, biológicas, ecológicas, ambientales, sociales, culturales y económicas. Los agroecosistemas tradicionales, que aún se encuentran en México y Sudamérica, son verdaderos repositorios de germoplasma de la vida vegetal y animal, incluidas las semillas para el establecimiento de los cultivos locales. Y como bien lo señala Nabhan (1983), estos recursos genéticos invaluable, dependen del resguardo apropiado y uso continuo de los agricultores tradicionales para su existencia. Pero, además se requiere de una verdadera política pública que incentive las agriculturas tradicionales de los pueblos originarios de lo contrario, se corre el riesgo de que las transnacionales se apropien de ese conocimiento, y lo exploten hasta exterminarlo únicamente con fines económicos.

En la agricultura tradicional, estrictamente no existen las malezas, ya que deliberadamente se dejan junto a los cultivos, y se usan con fines medicinales, ornamentales, rituales y alimenticios. Entre este tipo de plantas se encuentran los quelites, chivatitos, berros, papas de agua, tréboles, malvas, quintoniles, pericón, nabos, lengua de vaca, toritos, y muchísimas más. El agricultor, simplemente retiene selectivamente las hierbas que le convienen, y usa todo lo que produce el sistema agrícola (Chacón y Gliessman, 2002).

En cuanto al control de plagas, los agricultores tradicionales en todo el mundo utilizan la vegetación endémica y distintas plantas con cualidades amargas, astringentes,

picasas, hederosas y otras de sus localidades para elaborar una diversidad de repelentes; entre las que se encuentran el ajo, cebolla, canela, pimienta, mala mujer, hinojo, romero, menta, hierba buena, chile, albahaca, ruda, cempasúchil y crisantemo; con ellas se elaboran repelentes contra plagas como pulgones de la lechuga, gusano cogollero del maíz, babosas de la col, diabrotica de la calabaza, conchuela del frijol y otras plagas que se pueden observar en los cultivos del Estado de México.

En Tanzania, los agricultores tradicionales cultivan *Tephrosin* spp., en los bordes de los campos de maíz. Las hojas se trituran y el líquido resultante se utiliza para controlar las plagas del maíz. En Tlaxcala, México, los agricultores cuidan las plantas silvestres de *Lupinus* en los campos de maíz, porque estas plantas actúan como cultivos trampa para el control de *Macroductylus* sp, también llamado frailecillo o tonto que llega en grandes cantidades y mastica las hojas del cereal (Altieri, 1993).

Thurston (1991), comparó varios componentes del sistema agrícola tradicional con respecto a su **productividad**: *producción de los cultivos o ingreso producido*; **sustentabilidad**: *capacidad para mantener el sistema en existencia durante un largo período de tiempo, aun cuando está sometido a estrés*. **Estabilidad**: *obtención de producciones consistentes y confiables a corto y largo plazo*; y **equitatividad**: *distribución relativa de la riqueza a la sociedad*. Concluyó que el 96% son sustentables, 92% usan bajos insumos y 50% tienen requerimientos de mano de obra externos. Estas prácticas fueron: densidad del cultivo, profundidad de siembra, época de siembra, alteración de la arquitectura de plantas y cultivos, control biológico de patógenos del suelo, quema, barbecho, inundación, manipulación de la sombra, abono con mulch, cultivos de estratos múltiples, cultivo múltiple, siembra de cultivos diversos, siembra en camas elevadas, rotación, elección del lugar, labranza, uso de abonos orgánicos y control de malezas.

Las enfermedades de las plantas en la agricultura tradicional. Se asocian a varios factores, entre ellos la nutrición y la incorporación adecuada de materia orgánica al suelo como parte de la estrategia de la agricultura tradicional; ya que los mecanismos de defensa de las plantas consumen mucha energía. De este modo, el balance

correcto de nutrientes en la planta les brinda protección. También hay que considerar que, si hay contenidos elevados de nutrientes como el N_2 , se genera mayor resistencia a patógenos facultativos o necrotóficos en tejidos de las plantas, provocando mayor susceptibilidad a patógenos obligados o biotróficos. Esto se explica por los hábitos de alimentación de cada uno de ellos, ya que estos últimos se nutren de aminoácidos y azúcares, mientras los necrotróficos prefieren tejidos senescentes. Entonces, como agrónomos debemos cuidar el exceso de nitrógeno que, aunado a la deficiencia de azufre, se reduce el contenido de azúcares reductores y la síntesis de proteína en las plantas, aumentando carbohidratos y aminoácidos solubles en las hojas y consecuentemente, generando un medio para que prosperen hongos, bacterias e insectos plaga (Gómez, 2020). Otros aspectos relevantes a considerar en el manejo de enfermedades son los siguientes:

- Uso de plantas antagónicas como cultivos repelentes y plantas trampas para el control de nemátodos.
- Uso de semillas limpias o materiales de multiplicación saludable para eliminar patógenos.
- Algunos patógenos de las plantas se transmiten al fraccionar el material vegetativo de multiplicación.
- El uso de herramientas estériles para cortar el material de multiplicación y el uso del mismo que no ha sido cortado. Por ejemplo, plantar el tubérculo completo de la papa, en lugar de una fracción de este, lo previene de hongos y bacterias ocurridos cuando se cortan los tubérculos.
- La densidad poblacional de los cultivos tiene consecuencias en la incidencia e intensidad de las enfermedades. Los cultivos con alta población por lo general aumentan la incidencia de la enfermedad, pero, en algunos casos con algunas enfermedades virales pueden reducirse. La densidad de los cultivos puede ser alterada al manipular la relación de las plantas o el espacio entre las filas.
- La profundidad a la cual se siembra la semilla y los materiales de multiplicación pueden influir en la incidencia o intensidad de la enfermedad, situación que debe considerarse cuando se diseñan las estrategias para controlar las

enfermedades. A menudo, la siembra superficial es una práctica eficaz para el control de las enfermedades fungosas de la raíz, ya que las plantas emergen rápidamente del suelo cuando no se han sembrado a profundidad.

- Los períodos de barbecho a menudo son benéficos para reducir las pérdidas causadas por las enfermedades de las plantas, especialmente para las enfermedades del sistema radical. El barbechado es eficaz si se combina con la rotación de cultivos.
- El fuego y el calor se reconocen como prácticas para el manejo de las enfermedades de las plantas. Las altas temperaturas producidas por la quema pueden eliminar el inóculo de muchos agentes patógenos.
- La agricultura tradicional utiliza la práctica de la inundación para el control de agentes patógenos de las plantas. Por ejemplo en los arrozales, además de los beneficios agronómicos diversos, desempeñan un papel fundamental en la reducción de enfermedades del suelo.
- La aplicación de cubiertas vegetales o plásticas “mulch”, reduce las enfermedades de las plantas, al disminuir el salpicado del suelo por las lluvias. Además, influye en el contenido de humedad, temperatura del suelo, y aumenta la actividad microbiológica que extinguen los agentes patógenos de las plantas.
- Los cultivos múltiples (policultivos) con nutrición orgánica tienen cierto grado de control, sobre plagas, enfermedades y malezas; esto en virtud de que la diversidad de plantas les genera mayor protección en el terreno cultivado.
- Durante siglos, los sistemas de estratos múltiples existieron en las áreas tropicales sin problemas importantes de enfermedades. La manipulación en forma combinada de la arquitectura de las plantas y la sombra, el uso de variedades locales, la diversidad de especies en sistemas de estratos múltiples, podrían ser ejemplos útiles para otras áreas en los trópicos.
- Los campos elevados, las camas de realce, los canales y otros sistemas fueron ampliamente utilizados por los agricultores tradicionales durante milenios. Los beneficios de estos sistemas son: un mejor drenaje y riego, aumento en la fertilidad y control de heladas. El hecho de sembrar en suelos elevados por

sobre la superficie del suelo, es una práctica para el manejo de enfermedades relacionadas con agentes patógenos del suelo.

- La rotación de cultivos debe ser utilizada cuidadosamente para ayudar a los agricultores tradicionales, considerando que el valor de la rotación de cultivos para el manejo de enfermedades determinadas es para una localidad específica.

Manejo y conservación *in situ* de recursos genéticos

Los agroecosistemas tradicionales son genéticamente diversos, contienen poblaciones variables y adaptadas, así como especies silvestres emparentadas de los cultivos (Harlan, 1976).

Los agricultores andinos cultivan 50 variedades de papas en sus campos y tienen un sistema taxonómico especial para clasificarlas (Brush *et al.*, 1981). De igual modo, en Tailandia e Indonesia, los agricultores mantienen una diversidad de variedades de arroz que se adaptan a una extensa gama de condiciones ambientales. Las pruebas indican que las taxonomías populares se tornan relevantes a medida que las áreas se vuelven marginales y riesgosas. En Perú, por ejemplo, a medida que aumenta la altitud, aumenta el porcentaje de variedades nativas de papas.

En México, aún los agricultores permiten que los teosintes permanezcan dentro o cerca de los campos de maíz, de manera que se produzca el cruzamiento natural cuando el viento polinice el maíz (Wilkes, 1977). Mediante esta asociación continua, se han producido equilibrios estables entre los cultivos, las malezas, las enfermedades, las prácticas culturales y los hábitos humanos (Bartlett, 1980). Los equilibrios son complejos y difíciles de modificar sin trastornar el balance, lo que podría provocar una pérdida de los recursos genéticos. Por esta razón Altieri y Merrick (1987), han sostenido el concepto de la conservación *in situ* de muchas variedades nativas de tierra y especies silvestres emparentadas.

Huertos familiares de México

Los huertos familiares, de cocina, huertos de traspatio, huertos domésticos o solares. Es un espacio de terreno que comprende una casa adyacente a una zona de cultivo con una variedad de especies de plantas y animales domésticos. El huerto representa las necesidades e intereses de una familia; proporciona alimentos, forraje, leña, productos comerciales, materiales de construcción, medicinas y plantas ornamentales para la familia o la comunidad local. Muchos de los árboles comunes que conforman los huertos son especies que han sido encontradas en los bosques naturales cercanos, e incorporado especies nuevas como el papayo (*Carica papaya*), el guayabo (*Psidium* sp.), el plátano (*Musa* spp.), el limón (*Citrus limon*) y el naranjo (*Citrus aurantium*).

Una serie de especies indígenas y exóticas de hierbas, arbustos, viñas y epífitas se cultivan, ya sea en lugares con poca luz o bajo la sombra de los árboles. Las plántulas de las especies silvestres útiles traídas al huerto por el viento o por los animales, no necesitan ser desmalezadas y, en forma subsiguiente, son integradas al sistema del huerto doméstico. En uno de los pueblos Mayas de Yucatán, Xuilub; la riqueza floral de sus huertos familiares es impresionante, ahí se encontraron 404 especies, casi un tercio de las 1120 especies que se conocen en todo el estado. La superficie promedio de los huertos familiares varía entre los 600 y los 6 000 m². Sus prácticas locales tradicionales del manejo de los huertos han contribuido a la cubierta forestal de la península y tienen el potencial para contribuir con mucho más (Gliessman, 1990).

Sistemas agropastorales

Los sistemas agrícolas con producción de animales y cultivos se les denominan sistemas agropastorales (McDowell y Hildebrand, 1980). En el mundo hay ejemplos de estos sistemas: en las llanuras de Asia se cultiva arroz, y los búfalos proporcionan tracción para el cultivo de los campos, leche y carne para el consumo doméstico o su venta en el mercado. Otros animales como el ganado vacuno, aves (pollos y patos),

porcinos se crían en estos lugares y su alimentación es a base de: residuos de cultivos, malezas, puntas de vegetales, raíces, bagazo y vainas entre otros subproductos agrícolas.

En las áreas montañosas, los porcinos, las aves, los búfalos y el ganado vacuno se crían junto con el arroz, maíz, yuca, frijoles y granos pequeños. En los sistemas de cultivo de las zonas tropicales húmedas de África predominan el arroz, los ñames y los plátanos. Las cabras y las aves son los animales predominantes; las ovejas y los porcinos no son abundantes. Su alimentación es a base de forrajes de tierras baldías, residuos de cultivos, tubérculos desechados y viñas. En América Latina los pequeños predios incluyen combinaciones de cultivos de frijoles, maíz, chile, calabaza y arroz (McDowell y Hildebrand, 1980).

El ganado vacuno es común y se conserva para obtener leche, carne y usarlo como tracción. Los cerdos y las aves se crían como alimento, o bien, para venderlos. Los pastizales, residuos de los cultivos y forraje mantienen la producción de animales. Otros beneficios de los sistemas agropastorales es que los animales se alimentan de residuos de plantas, malezas y del barbecho, lo que produce un pequeño impacto en la productividad de los cultivos. Esto es útil para convertir la biomasa inútil en proteína animal en el caso de los rumiantes. Los animales reciclan el contenido nutritivo de las plantas, convirtiéndolo en abono permitiendo más alternativas de fertilización para el manejo de los nutrientes agrícolas.

La necesidad de alimentos de los animales amplía la base del cultivo para incluir especies útiles en la conservación del suelo y agua. Las leguminosas se siembran para proporcionar forraje de calidad y mejorar el contenido de nitrógeno al suelo. Además, las interacciones agroecológicas con los cultivos, los animales desempeñan funciones en la economía agrícola, producen ingresos provenientes de la carne, leche y fibra. El valor del ganado aumenta a través de los años, se vende para obtener dinero en tiempos de necesidad, o se compra cuando hay dinero (Juan, 2018).

1.2. Historia de la agricultura en México

En 2021 se cumplirán 500 años de la conquista de México por los españoles de Hernán Cortés, y con ello, la destrucción y el saqueo del mundo indígena. Así como la disminución de los conocimientos de los sistemas agrícolas, entre ellos: terrazas, chinampas y sistemas productivos tipo milpa. La Nueva España, hoy México, en la primera mitad del siglo XVI era eminentemente un país dedicado a la minería, la agricultura, la ganadería y el comercio; poseía vastas zonas de bosques, recursos hídricos, flora y fauna. Era el país donde había nacido el maíz, el frijol, el chile verde, la calabaza, el tomate, el aguacate, el sorgo, la caña de azúcar, el agave, el amaranto, el cacao, la papaya, el chile poblano, la vainilla, la salvia y el nopal entre otros alimentos.

En 1550 apunta Saldaña (1983), la agricultura mexicana era, por un lado, maicera tradicional intensiva, y por el otro, una agricultura españolizada extensiva y de tracción animal. Era evidente que los conquistadores del viejo mundo implantaran sus sistemas de distribución agraria. Con ellos llega la hacienda que prevalecería hasta principios del siglo XX en esplendor, pero también, la peonía, la merced, la caballería de tierras y la comuna indígena entre otras. Es evidente que la extracción de minerales preciosos como oro, plata y otros de menor importancia como el cobre, hierro, carbón y mercurio en el ramo de la minería fuera una industria apoyada fuertemente por la agricultura. Y de este modo, casi cuatro siglos, la historia de la agricultura en México no tuviera cambios significativos que no fueran los productos de exportación como el algodón, el tabaco, cacao o el henequén entre algunos.

La influencia de la agricultura española en México durante casi cuatro siglos, pero en especial a finales del siglo XIX impulsa fuertemente los cultivos al extranjero como el henequén, el cacao, el café, el algodón, el garbanzo, el frijol, el aguacate, el jitomate y un sin fin de frutas tropicales cultivadas principalmente en las haciendas, que eran sistemas de producción agropecuario bastos en tierras de cultivo, mano de obra esclavizada y productos del campo.

La agricultura indígena sobrevive gracias a que desde la llegada de los españoles se refugian en zonas inhóspitas, inaccesibles del centro, sur y norte del país como los pantanos de Tabasco, las sierras húmedas de Veracruz, las frías tierras de Chihuahua, Durango, Nayarit y Zacatecas; los desiertos de Sonora y Chihuahua. Pero también, fueron siempre la mano de obra esclavizada de los españoles sometidos a la influencia de la producción agrícola y ganadera europeizante en las haciendas. Así, la agricultura original del país generó desde entonces un mestizaje cultural en la agricultura. Antes de la independencia de México, el panorama por todos conocidos de este capítulo de la historia de México en cuanto a la dominación, racismo, exclusión de los derechos humanos y explotación de indígenas y peones era evidente.

Lagunas (2015), en tal sentido, señala que las múltiples constituciones propuestas después de la Guerra de Independencia que pretendían incluir a peones e indígenas fueron desfavorablemente influenciadas por la sociedad de castas, el mestizaje, la discriminación, el analfabetismo, la explotación de clases sociales, la sujeción y pobreza, que influyeron para no otorgar el status de ciudadano mexicano a estos sectores de la población, y prohibirles legalmente ejercer sus derechos civiles y políticos. Es en este contexto, señala la citada autora, que estos sectores de la población se encontraban en uno de los sistemas de producción agrícola, ganadero e industrial que para el siglo XIX prevalecía en su máximo esplendor, las haciendas.

Estas eran un conjunto de edificios de gran valor arquitectónico, propiedad de la clase social rica e influyente en la vida social y política; y junto con el rancho, otra unidad de producción agrícola de dimensiones menores a las de la hacienda, eran dependiente de ésta. El ejemplo más emblemático de Hacienda en el Valle de Toluca fue la Gavia con más de 60 mil hectáreas; producía maíz, trigo, cebada, papa, haba, hortalizas, frutales, pulque, maderas, ganado, obrajes, tenerías, curtidurías, telas de paños, sayales, jergas, curtían pieles y hacían zapatos. Las denominaciones de los trabajadores y trabajadoras permanentes de las haciendas y ranchos eran de la siguiente manera (Lagunas, 2015):

Trabajadores dedicados a la labranza: jornaleros, labradores, gañanes (trabajador de campo que sirve a jornal con azada o arado), peones, hombres en labor, dependiente, arrendador y preceptor.

Trabajadores dedicados a la ganadería: vaquero, arriero, boyero (conductores de bueyes), pastor, pastero, trajinante (encargado de llevar de un lugar a otro el ganado), caballerango, atajador y porquero.

Trabajadores dedicados a la administración y enseñanza: mayordomo, administrador, escribiente, encargado, ayudante, contra ayudante, capitán, capataz, caporal (encargado de personas que cuidaban el ganado), clérigo, abogado, maestro, operario y operador.

Trabajadores dedicados a la labranza, ganadería y artesanía: carretero, carretonero, hortelano, hilandero, tejedor, artesano, lechero, albañil, carpintero, herrero, zapatero, curtidor, pulquero, tlachiquero (el que extrae pulque del maguey), tejero, jacalero, lucero, alcabalero, sahurador, carroceros, cocheros, guardas, macheteros y milpero.

Trabajadores dedicados a limpieza, comida y cuidado de niños: mozos, sirvientes, criados, domésticos, molenderas, pilmamas o niñera.

Cabe hacer mención que, en algunos casos en el periodo colonial, a los pueblos nativos, se les proporcionaron extensiones de tierra de cuatro tipos para uso común: el fundo legal, 600 varas a los cuatro vientos, contadas a partir de la iglesia del pueblo, destinadas a solares, casas y corrales, declarado inalienable en 1567. Se estableció en 1573 el ejido, una legua de largo, ubicado en las afueras del pueblo, destinado a pastoreo, leña, piedra y agua. Terrenos propios cultivados colectivamente y cuyos productos se destinaban a los gastos del pueblo, fueron tierras que pertenecieron a los ayuntamientos; y tierras de repartimiento concedidas en 1567 destinadas al cultivo por parte de las familias que formaban la comunidad. Desde tiempos de la gentilidad, asimismo en las leyes de Indias, se estableció que los indios no debían recibir agravio en sus personas y bienes, entre esos estaban las aguas y tierras que hubieren estando

poseyendo; se especificó que a los indios se les dejaran sus tierras, heredades y pastos, cuando se otorgaran mercedes de tierra y agua a los españoles; se emitieron leyes que hablaban de la confirmación de lo que poseían los indios, de proteger los derechos de los indígenas y de repartirles lo necesario para labrar, hacer sus sementeras y crianzas (Lagunas, 2015). Pero, en la realidad nada de eso ocurrió.

A partir del siglo XX, siguió el auge de la expansión agrícola hacendaria porfirista con la ayuda del ferrocarril como medio de transporte, y la explotación sin medida de los trabajadores de las haciendas; además de ubicarse cerca de la frontera con los Estados Unidos de Norte América o de los puertos costeros. Entre las haciendas de esta modernidad se encontraba la hacienda algodonera de la Comarca Lagunera cuyo esplendor fue a finales del siglo XIX y principios del siglo XX, con ella se ingresa al mercado internacional a partir de 1907. Por otro lado, estaban las haciendas ganaderas de las familias de los Terrazas y Creel del norte del país modernizadas en el manejo de pastos, forrajes y potreros. La United Sugar en Sinaloa y la Nueva Italia en Michoacán productora de arroz.

También estaba por esta época la hacienda tradicional que, a diferencia de la hacienda moderna que pagaba con dinero los salarios de los peones y empleados, implicaba el aprovechamiento de la mano de obra a través del pago en especie y usufructo de recursos de la hacienda. Dos subtipos de la hacienda tradicional eran las haciendas de plantaciones perennes, las más representativas eran las haciendas henequeneras de Yucatán, las haciendas cafetaleras del Soconusco, Chiapas, las haciendas pulqueras del Altiplano mexicano, las tabacaleras de Nayarit y Valle Nacional en Oaxaca. El otro subtipo fue la hacienda cerealera, lechera y ganadera, producían trigo para el mercado regional y maíz para consumo interno. Además de leche, lácteos y carne para las ciudades. Coapa y Santa Mónica fueron las más representativas alrededor de la Ciudad de México.

Entre 1900 y 1920, surgen las haciendas productoras de plátano en Tabasco, chile, maderas finas y palo de Campeche en el sureste de México, guayule en el norte del país, recursos silvestres de Veracruz, donde extinguieron el lagarto para la fabricación

de artículos de piel que demandaba el mercado internacional. Estas haciendas se aprovecharon de la extracción de recursos naturales a través de la mano de obra asalariada. Los hacendados eran dueños del 90% de la tierra y apenas representaban el 1% de la población mexicana (Saldaña, 1983).

Además de la condición precaria de los indígenas estaban los campesinos sin tierra y los rancheros. Los campesinos en la historia de la agricultura de México, eran personas que habiendo sido despojados de sus tierras se integraron a las filas de la Revolución Mexicana de 1910. Se calcula que este sector, constituía el 40% de la población rural y vivían del trabajo jornalero, mediero, de la migración a las ciudades o al vecino país del norte. Venían de ser despojados de las haciendas ganaderas del norte, o, de las haciendas azucareras del sur; así, la historia nos cuenta que muchos engrosaron las filas del villismo y zapatismo.

Los rancheros, aunque constituyeron productores independientes de clase rica y media rica, estaban bajo el influjo de las haciendas. Los ranchos tenían superficies de tierra que iban de 100 a 1000 hectáreas. Muchos rancheros fueron descendientes de españoles, y a principios del siglo XX constituían casi el 30% de la población y eran dueños del 98% del territorio nacional a decir de Saldaña (1983).

Una de las principales demandas de la Revolución Mexicana fue el reparto de tierras a los campesinos, por esta razón el 6 de enero de 1915 se crea la Comisión Nacional Agraria y se ratifica en 1917 por el Congreso Constituyente, se enriquece en los Códigos Agrarios de 1934, 1940, 1942 y la Ley de la Reforma Agraria de 1971 y la de 1992 generando los tres tipos de tenencia de la tierra: ejido, comunal y pequeña propiedad. La historia nos dice que pocas dotaciones de tierra se llevaron a cabo en los primeros años de la Ley Agraria de 1915 y, fue hasta 1934 con el gobierno de Cárdenas, cuando se hizo realidad los preceptos de la primera ley agraria y se impulsó la agricultura mediante la introducción de maquinaria moderna y sistemas de riego impulsados por la Comisión Nacional de Irrigación en 1936. Después de tener una larga crisis agraria y dejar caer la producción con el inicio de la Segunda Guerra Mundial, México es uno de los referentes de producción agrícola hasta 1965 que es

autosuficiente en granos básicos. La hacienda por su parte se transformó donde se pudo en propiedad privada o desapareció para convertirse en ejido, y se mantuvo la producción de granos básicos hasta 1950. A partir de entonces y hasta la fecha, una serie de instituciones ligadas a la producción agrícola fueron apareciendo tales como la Aseguradora Agrícola y Ganadera en 1952, GUANOMEX en 1951, la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos en 1976, predecesora de las Secretarías de Agricultura y Fomento de 1917, y de la Secretaría de Agricultura y Ganadería de 1946, la Comisión Nacional del Agua en 1992, la Secretaría del Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca en 1994, la Secretaría de Agricultura Ganadería y Desarrollo Rural en 1994 que cambia en el 2000 por Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, y en 2018 se transforma en Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). A la fecha hay en el país 29 442 ejidos, 2 343 comunidades y 5 222 000 pequeños propietarios de tierra. Contrastando con los 840 poseedores del 97% de tierra de 1910 (Patiño, 2015).

A modo de comentario sobre la historia de la agricultura en México, se puede concluir señalando que los parientes de los extintos hacendados y rancheros de grandes extensiones de tierra, en la actualidad, se han convertido en empresarios del sector agroalimentario exportador mexicano junto con las firmas transnacionales; los ejidatarios, muchos han vendido sus tierras y este tipo de tenencia de la tierra ha quedado fragmentado, los indígenas se han urbanizado y erosionado su conocimiento ancestral. Además, la producción del campo tiene una fuerte dependencia económica del Estado. En cuanto al avance científico y tecnológico agropecuario y forestal es poco significativo, pues las universidades encargadas de generarlo no reciben el mínimo apoyo o es insuficiente, como consecuencia, se genera un alto rezago y dependencia de la ciencia, el comercio y la tecnología agrícola del exterior.

1.3. Revolución verde

Un ejemplo que muestra el uso inadecuado de la tecnología, fue la Revolución Verde (RV) que intentó solucionar los problemas de producción de cultivos en el tercer mundo a través del desarrollo de variedades de cereales de alto rendimiento que requerían de grandes cantidades de plaguicidas, fertilizantes, riego y maquinaria

agrícola (Fig.1). La RV marca el paso de una agricultura de autosuficiencia: independencia de recursos externos, prevalencia del mercado local y regional, producción ligada a la tierra y la cultura. A una de producción de mercado: deslocalización de la producción, especialización productiva dictada por el mercado, ruptura ecológica con la tierra, alta dependencia de recursos externos tecnológicos, competitiva entre el campesino y los modelos agrarios. Acabando progresivamente con las parcelas, granjas, y fincas menos competitivas, menos adaptadas a la revolución tecnológica y financiera, e impulsando la migración de personas *no competitivas* del campo a las ciudades en busca de mejores oportunidades en otros sectores económicos (Merola, 2015).

La RV financiada por la USAID (Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional, por sus siglas en inglés), el Banco Mundial y las fundaciones Ford y Rockefeller constituyeron el proceso de modernización de la agricultura de América Latina, después de la Segunda Guerra Mundial (Cleaver, 1972). Su objetivo fundamental, aumentar la producción agrícola a partir del uso de paquetes tecnológicos de la agricultura moderna: semillas mejoradas de arroz, trigo y maíz; mecanización de labores y uso de grandes cantidades de fertilizantes químicos, plaguicidas y riego. Sin estos insumos, el progreso difícilmente se echaría a andar y las semillas modernas no producirían más que las tradicionales.

Fig. 1. Semillas híbridas para campesinos del Estado de México



Fuente: Fotografía facilitada por Gerónimo Gómez H. 2017.

Entonces, se crearon y financiaron grandes centros internacionales de investigación agrícola que con métodos científicos empleaban semillas híbridas y mejoradas de alto rendimiento para distinguirlas de las semillas de los agricultores. El proceso estableció criterios de distinguibilidad, homogeneidad y estabilidad, fundamento del mejoramiento genético y de la propia definición de semilla como homogénea y estable, nada parecida a la diversidad de semillas cultivadas por las agriculturas tradicionales (Sevilla, 2004; Shiva, 2013).

La estandarización agrícola e innovación fuera de las parcelas y comunidades campesinas aisló los recursos genéticos del proceso de producción agrícola. Se generó una dislocación tecnológica que redujo las posibilidades de controlar los sistemas de producción a escala local, y una pérdida de información sobre las interacciones entre los cultivos y su entorno ecológico (Toledo y Barrera-Bassols, 2009).

A partir de ese momento, se delimitó el campo de especialización profesional del fitomejorador institucionalizándose la división del trabajo entre el científico innovador y el agricultor, ya no más criador de sus semillas, sino usuario-consumidor de las ciencias agrícolas y sus tecnologías (Santilli, 2012). Con ello se creó un nuevo nicho de mercado: el circuito de comercialización de las semillas mejoradas.

El objetivo de mayor productividad que movilizó la maquinaria de la modernización agrícola se alcanzó parcialmente. Aumentaron las cosechas de trigo y arroz. En México, sede del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) (Fig. 2), el trigo aumentó de 700 kilos por hectárea en 1950 a 3, 600 en 1976; en India y Pakistán aumentó la producción nacional de estos cereales en 25 y 7 millones de toneladas respectivamente. Este incremento en la producción no se sostuvo después de 1970, debido a los graves impactos del uso de agroquímicos evidenciados en la degradación de suelos (Sevilla y Holle, 2004).

Fig. 2. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) en México



Fuente: <https://www.ecured.cu/Archivo:Cimmyt-sede.jpg> /2020.

Cleaver citado por Santilli 2012, señala que el cambio tecnológico en las agriculturas estuvo determinado por un conjunto de contradicciones:

- **Contradicción entre regiones:** el uso de nuevas semillas solo dio buen resultado en las tierras que contaban con sistema de riego, solo una pequeña parte de las tierras cultivadas en la mayoría de los países tienen riego.
- **Contradicción entre clases:** los beneficiarios de programas de modernización agrícola fueron agricultores comerciales, así que los beneficios obtenidos por el aumento de las cosechas ampliaron la inequidad entre grandes y pequeños agricultores.
- **Contradicción ecológica:** el uso de agroquímicos para asegurar altos rendimientos de las semillas mejoradas tuvo un impacto enorme en los ecosistemas intoxicándolos, contaminándolos y reduciendo su diversidad con el monocultivo de estas semillas homogéneas.

El fundamento jurídico para el proceso de modernización de la agricultura fue la creación de las leyes de semillas. Estas leyes permitieron asegurar la identidad de las semillas propagadas y regular cómo se realizaría su producción, uso y

comercialización; todo desde el paradigma del productivismo y estandarización de productos agrícolas para su industrialización como lo menciona Santilli (2012).

El conocimiento científico fundó los criterios de diferenciación de las semillas: las mejoradas o certificadas del sistema formal, y las locales, criollas o atrasadas, relegadas a lo que se llamó sistema informal. Las semillas informales constituyen la base de los programas de mejoramiento genético y son producto del trabajo colectivo de la humanidad desde el inicio de la agricultura hace más de diez mil años. Santilli (2012), señala que entre 1960 y 1970 se empezaron a promover programas de semillas en países tropicales subdesarrollados. Los programas fueron apoyados por una amplia gama de fuentes de financiamiento de organizaciones internacionales. Paralelamente, se implementaron leyes de semillas en sesenta países, impulsadas por la FAO con el objetivo de crear condiciones para que el sector privado asumiera y centralizara la producción y comercialización de semillas. Las leyes de semillas orientaron desde entonces las políticas agrícolas basándose en el conocimiento científico, sellando el vínculo con los centros de investigación agrícola y las políticas públicas. En este binomio quedaron fuera las agriculturas tradicionales y sus semillas.

Actualmente, los sistemas de semillas formales funcionan para crear variedades certificadas, adaptadas al modelo agroindustrial que consume altas cantidades de agrotóxicos y fertilizantes. A pesar de esta política, las semillas de los agricultores locales representan el 80% de las semillas utilizadas para la producción de alimentos en los países no industrializados, y el 75% de las semillas utilizadas en la región de América Latina y el Caribe (Santilli, 2012).

Los sistemas de producción campesina se caracterizan por la utilización de bajos insumos, condiciones ambientales cambiantes y limitaciones para el riego. Por ello, los criterios de manejo basados en el conocimiento tradicional están orientados a obtener mayores rendimientos en estas condiciones, para lo cual la selección y mejoramiento de las variedades eficientes es crucial en estos sistemas (Ferro *et al.*, 2008).

La segregación de las semillas manejadas por comunidades locales, indígenas, campesinas y afrodescendientes a través de las leyes de semillas significa una segregación del conocimiento tradicional. Para Toledo y Barrera-Bassols (2009), estos sistemas de conocimiento son colectivos, dinámicos y holísticos, representan una doble expresión del saber personal y comunitario. Son la síntesis histórica y espacial hecha realidad en la mente de los agricultores, una memoria diversificada donde cada individuo, grupo social o cultural detenta una parte del saber total. Por ello, la pérdida de la diversidad de semillas representa la extinción de la experiencia biológica y cultural, la erosión del acto de descubrir y la reducción de la creatividad (Kaiser, 2013).

Hace tres décadas, con el desarrollo de la biotecnología aparecieron las semillas genéticamente modificadas, y con ellas un nuevo cambio en el patrón tecnológico de la producción agrícola. El fenómeno hoy se identifica como la Segunda Revolución Verde o Biotecnológica. Esta renovación de la modernidad en la agricultura a escala global modeló la transformación de la agroindustria al agronegocio, y tiene como pilares las nuevas tecnologías en el ámbito de las ciencias biológicas creadoras de las semillas transgénicas; la valorización de las mercancías agrícolas por el capital financiero global y, desde lo productivo, el acaparamiento de tierras por las transnacionales que invierten en este nuevo modelo de producción (Gras y Hernández, 2013).

Según Jacobsen *et al.* (2013), los países con mayor superficie cultivada con transgénicos son: USA, Argentina, Brasil, Canadá e India. La soya, el principal cultivo transgénico, se utiliza para alimentación animal; le siguen a escala mundial el algodón y el maíz transgénico. Donde el rasgo que más se ha introducido es la resistencia al herbicida glifosato, y la toxina Bt (*Bacillus thuringiensis*) para el control de insectos como el gusano cogollero del maíz. Los autores dicen que solo en USA los cultivos transgénicos representan la mayor parte de las superficies cultivadas: 73% del maíz, 87% del algodón y 91% de la soya. Señalan que la mayor parte de la investigación actual se enfoca hacia las técnicas moleculares e ingeniería genética relacionada con

el desarrollo de cultivos transgénicos, mientras las áreas de investigación relacionadas con la agrobiodiversidad, fisiología de cultivos y enfoques desde la ecología reciben menos atención.

A pesar de la gran propaganda realizada a esta mercancía biotecnológica, las numerosas evaluaciones y experimentos con cultivos transgénicos no han logrado demostrar que las semillas transgénicas sean más productivas. En ensayos de campo realizados durante tres años para comparar maíz híbrido y maíz transgénico Bt pertenecientes a las corporaciones Monsanto y Syngenta, se encontró que algunos de los cultivos Bt produjeron rendimientos hasta 12% por debajo de los rendimientos de semillas híbridas convencionales, y tuvieron mayor contenido de humedad del grano en la madurez, lo que aumenta el costo de secado (Wan Ho, 2005).

Para el caso de la soya, los cultivos transgénicos tampoco han tenido mejor rendimiento que sus homólogos no transgénicos. En una revisión de más de 8 200 ensayos realizados en universidades sobre distintas variedades de soya, la soya transgénica RR presenta un rendimiento entre 6 y 10% menor con respecto a la soya no transgénica (Antoniou *et al.*, 2010).

Pero más allá del debate sobre la productividad, se han identificado una serie de riesgos en los cultivos y alimentos transgénicos entre los que destacan:

- **Riesgos alimentarios:** efectos alérgicos y tóxicos inmediatos por causa de las proteínas de alimentos transgénicos, riesgos mediados por la acumulación de herbicidas, transferencia horizontal del genoma de bacterias simbióticas a humanos y animales como *Escherichia coli*, *Lactobacillus (acidophilus, bifidus, bulgaricus, caucasicus)* y *Streptococcus thermophilus* (Kulikov, 2005).
- **Riesgos ecológicos:** erosión de la diversidad de variedades de cultivos por la introducción de monocultivos transgénicos, transferencia descontrolada de resistencia a herbicidas debido a la polinización cruzada de cultivos transgénicos

con parientes silvestres, generando supermalezas, así como el desarrollo de resistencia a insecticidas de insectos no objetivos del control de plagas por presión selectiva (Kulikov, 2005; Gaines, 2012; Ward, 2013).

- **Riesgos tecnológicos y productivos:** pérdida de resistencia a plagas después del cultivo extensivo de una variedad transgénica por varios años, y la posibilidad de monopolización de la producción de semillas por los propietarios de la tecnología de cultivos transgénicos (Kulikov, 2005).
- **Riesgos geopolíticos y soberanía alimentaria de países y pueblos:** la soya ha desplazado los cultivos en Argentina, disminuyendo la producción ganadera y la superficie sembrada de girasol, sorgo y maíz. En Paraguay se ha denunciado la participación de Monsanto y la oligarquía terrateniente en el golpe de Estado de finales del siglo pasado; desde ese momento se han aprobado variedades transgénicas de maíz, algodón y soya en tiempo récord, sin consulta ni posibilidad de apelación (Bravo *et al.*, 2010; Jeria y Vicente, 2014).

El mercado de las semillas transgénicas dominado por empresas transnacionales con hegemonía oligopólica sobre los sistemas agroalimentarios son: Monsanto (USA), Novartis (Suiza), Dupont (USA y Reino Unido), y Aventis (Suiza) que manejan el 60% del mercado de los agroquímicos, 23% del mercado de semillas y 100% del mercado de semillas transgénicas (Vía Campesina Internacional, 2015).

Las leyes de semillas se complementan con los regímenes de Derechos de Propiedad Intelectual (DPI) como la protección de variedades vegetales y las patentes (Grain, 2013). Internacionalmente, ha sido mediante la Unión de Protección de Obtenciones Vegetales (UPOV) como se ha promovido la instauración de un mecanismo global de patentes sobre semillas, llamadas derechos de obtentor. Los países de América Latina y el Caribe que forman parte son: Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, República Dominicana, Trinidad y Tobago y Uruguay.

Por otro lado, se ha reconocido el impacto nocivo en la agrobiodiversidad de las políticas y sistemas en materia de semilla certificada, y la FAO reconoce en el marco del Tratado Internacional sobre Recursos Fitogenéticos para la Agricultura y Alimentación (TIRFAA), que la erosión y pérdida de la agrobiodiversidad es producto del uso extendido de variedades de alto rendimiento, y reconoce la concentración del mercado de semillas en las corporaciones semilleras (Felicien, 2016).

Diversos autores han estimado que en los últimos 50 años el proyecto de Revolución Verde logró la productividad de alimentos que hoy abastece a la humanidad a costa de elevar en 700% el uso de fertilizantes químicos. Desde luego el uso de otros insumos químicos y agua ha sido igualmente dramático. Desde hace décadas la agroecología ha cuestionado este modelo de producción de alimentos, principalmente porque ha generado procesos alarmantes de contaminación atmosférica y de los cuerpos de agua, procesos de salinización de los suelos, de ampliación de la frontera agraria y de pérdida de cobertura forestal y biodiversidad en los últimos 60 años, más que nunca antes en la historia de la tierra (Grain, 2013).

1.3.1. La Revolución verde vista desde la Agroecología

Una visión simplificada de la revolución verde, es la transferencia de conocimiento y tecnología agrícola de países desarrollados a países en desarrollo para mejorar la producción de alimentos y reducir las hambrunas, vía altos rendimientos de monocultivos. Esta visión se focaliza en el mejoramiento de cosechas y productividad ($t\ ha^{-1}$) gracias a paquetes tecnológicos que consisten en variedades mejoradas, fertilizantes, productos fitosanitarios, tecnologías de irrigación, uso de maquinaria, mayor espacio (superficie), servicios, mercados financieros de bancos y seguros. Y, más allá de estos indicadores técnicos, la revolución verde tuvo múltiples consecuencias y repercusiones frente a las cuales se construyeron respuestas agroecológicas. Según Patel (2013) y Shiva (2013), la revolución verde es, además, la evolución desde un modelo de agricultura tradicional de pequeña escala hacia una agricultura de contratación de gran escala. Para ello, fue necesaria una transferencia de semillas de variedades modificadas para monocultivo, una agricultura de irrigación

intensiva (las variedades modificadas tienen alta demanda de agua) y un complejo ciencia-gobierno promoviendo una ciencia agronómica uniformizada y centralizada; de hecho, esta forma de producir demanda inversiones importantes de material y espacio, lo que ha fomentado el control de grandes propietarios sobre la tierra, la dependencia de los productos agroquímicos, y la dependencia de agricultores a servicios y mercados financieros: bancos, seguros y remates (Coolsaet, 2016).

En paralelo con el ascenso del agronegocio internacional relacionado con la revolución verde, se formó el actual régimen alimentario global: un libre mercado del ciclo de vida de la producción alimentaria desde los insumos a la mercantilización de los alimentos (Millman *et al.*, 1990).

Vanhaute (2011), sugiere: la liberalización del comercio agrícola y el dumping, (práctica comercial que vende un producto por debajo de su precio, incluso por debajo de su costo de producción, a fin de eliminar la competencia y apoderarse del mercado masivo de excedentes de alimentos) aumentaron dramáticamente la dependencia alimentaria en el Sur del Continente Americano. El proceso ha provocado cambios de políticas agrícolas en distintos países con la liberalización de los mercados de productos agrícolas, y la negligencia política de los pequeños productores o aumentando su debilidad.

En la actualidad, los defensores de una nueva revolución verde quisieran proponer la misma dialéctica, *luchar contra la hambruna de la población* (Holt-Giménez *et al.*, 2006). Y, en este contexto, la Agroecología manifiesta su oposición al modelo agroindustrial. Algunas diferencias notorias que se deben saber entre los modelos Agroecológico y Agroindustrial, son: en el primer caso se trata de una ciencia holística frente a una especializada; tecnológicamente, una es autosuficiente y la otra tiene gran dependencia tecnológica; una dialoga con sus saberes *versus* un supuesto dominio epistémico; la primera usa espacios pequeños vs espacios a gran escala; una es altamente diversificada, la otra altamente especializada; una usa energías renovables y humana contra la energía fósil de la otra. Finalmente, una convive con la naturaleza, la otra intenta dominarla (Toledo, 2012).

1.3.2 Revolución verde sinónimo de agricultura convencional

En la agricultura convencional de nuestros tiempos hay un predominio de paquetes tecnológicos generados desde la década de los setentas, orientados a la obtención de altos rendimientos de los cultivos sustentados en el uso intensivo de insumos agrícolas de origen inorgánico o de síntesis química, como los fertilizantes y los plaguicidas. Este tipo de agricultura se basa en la especialización de monocultivos, sembrados en terrenos planos y extensos, y el empleo intensivo de la maquinaria en todo el proceso productivo, cuyo uso ha permitido hasta el momento, alcanzar mayores niveles de producción por unidad de superficie (FIRA, 2004).

La máxima expresión de esta forma de hacer agricultura fue la mal llamada “Revolución verde”, cuya tecnología promueve el uso intensivo del suelo con altas cantidades de insumos de producción: agua, agroquímicos, semillas mejoradas, mecanización y financiamiento. Este sistema de producción de alimentos ha sido fuertemente criticado porque es altamente consumidor de energía fósil; es frágil, económica y biológicamente; energéticamente es poco eficiente y autodestructivo (Ruiz, 1999).

Posiblemente lo que más se ha empleado sean los fertilizantes químicos por sus efectos inmediatos sobre el crecimiento de las plantas, y aunque se asevera que su uso en sí no es la causa contaminante, sino su empleo inadecuado; sus efectos adversos se han hecho evidentes en varias regiones agrícolas de nuestro país donde se practica la agricultura intensiva. Ahí los daños físico-químicos y biológicos en el suelo, aire y agua son significativos; su efecto final se manifiesta inclusive en la muerte de seres humanos y animales que consumen algunos de estos compuestos por diversas vías, o simplemente están expuestos a sus efectos (Barrales, 1998).

Los resultados manifiestan que el 25% del suelo agrícola mundial se encuentra degradado física, química y biológicamente por el excesivo tránsito de maquinaria y sobredosis química. También se ha puesto de manifiesto que existe el peligro de la

pérdida del recurso agua, no solo en cantidad sino en calidad, porque ésta se pierde por alterar su composición química con compuestos contaminantes (FIRA, 2004).

El uso frecuente de plaguicidas ha provocado daños a la biodiversidad al alcanzar niveles altos de toxicidad, causando con ello la desaparición de especies y, ha sido la causa de la muerte de personas en el mundo todos los años, debido a la práctica común de aplicar estos productos a lo largo del ciclo de cultivo y porque algunos tóxicos no se degradan en un año, sino que se acumulan en el suelo. El agua de lluvia y de riego se convierte en el medio de transporte de los plaguicidas residuales hacia los depósitos naturales de agua, de tal forma que los seres humanos y animales pueden intoxicarse consumiéndola posteriormente, o bien alimentándose con productos vegetales regados con agua contaminada (FIRA, 2004).

Por otra parte, al propiciar el desarrollo de monocultivos, este modelo de producción ocasionó el desequilibrio de los agroecosistemas, provocando el incremento de plagas y enfermedades específicas de los cultivos, lo cual obligó a elevar el número y dosis de plaguicidas (Ruiz, 1999).

1.3.3. La revolución verde y su contrapeso la agricultura orgánica

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

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), señala que: “La agricultura orgánica es un sistema holístico de producción que promueve y mejora la salud del agrosistema, y en particular la biodiversidad, ciclos biológicos y actividad biológica del suelo”. En la actualidad, casi todos los productos agroalimentarios se pueden encontrar en el mercado internacional en su versión orgánica, estos incluyen: cereales, pan, frutas y hortalizas (frescas y procesadas), carne, leche, derivados lácteos, azúcar, miel, jarabe, café, jugo de frutas o verduras, bebidas refrescantes, cervezas, vinos, pastas, nueces, cacahuates, chocolates, galletas, dulces y golosinas, telas confeccionadas, artesanías de diferentes materiales, madera y palmas, entre otros (González, 2005a).

El dinámico y atractivo mercado de los alimentos orgánicos está alentando fuertemente la reconversión de la agricultura convencional hacia la agricultura orgánica. A nivel mundial se registran más de 24 millones de hectáreas cultivadas orgánicamente y más de 10'700,000 de recolección silvestre; México ocupa el dieciseisavo lugar en superficie destinada a la agricultura orgánica y el primero en producción de café orgánico (Gómez, 2000). En nuestro país la producción orgánica se practica en una superficie aproximada de 216,000 ha y genera alrededor de \$280'000,000 de dólares en divisas, así como 34'500,000 jornales al año; existen 53,000 productores dedicados a la agricultura orgánica en 262 zonas de producción de 28 entidades federativas, con una tasa media de crecimiento de la actividad de 45%; el 85% de la producción orgánica nacional se destina a la exportación (Gómez *et al.*, 2004).

La horticultura orgánica es la cuarta rama de la producción orgánica del país, con una superficie cultivada de 3,831 ha y una generación de divisas por \$47'000,000 de dólares. Entre las hortalizas cultivadas de forma orgánica en México, están: jitomate, chile jalapeño, pimiento, berenjena, pepino, melón, sandía, calabaza, tomate de cáscara, lechuga, col, coliflor, brócoli, chícharo, cebolla, apio, cilantro, betabel y ajo. Aun así, el consumo nacional de hortalizas orgánicas es bajo, debido a la poca conciencia ecológica de la población, bajos ingresos per cápita, falta de promoción y

un abasto deficiente de los productos; por lo cual, solo el 5% de la producción orgánica se comercializa en las principales ciudades del país (Gómez *et al.*, 2004).

En nuestro país, los pequeños productores son la mayoría en el sector orgánico, ya que representan el 98% del total de los productores dedicados a esta actividad, cultivan el 84% de la superficie y generan el 69% de las divisas por concepto de productos orgánicos. Los productores indígenas representan más del 50% de los productores orgánicos. Pese a la fortaleza que tiene México en la producción orgánica a nivel internacional, el principal mercado para los alimentos producidos es el mercado de exportación; la producción se destina principalmente a Estados Unidos, Alemania, Holanda, Japón, Inglaterra, Suiza y Canadá. México está ubicado en el ámbito internacional como productor-exportador orgánico más que como consumidor. El mercado nacional de productos orgánicos no se ha desarrollado, debido esencialmente al poco conocimiento que de ellos tiene la población en general (González, 2005b).

Yee Wha *et al.* (2003), en su texto “Desarrollo humano para una agricultura orgánica: Hacia una agricultura alternativa”, plantean que la agricultura orgánica se debe ver como una agricultura acorde a nuestras particularidades ecológicas, económicas y socioculturales que responda a objetivos como:

- a) Producción suficiente de alimentos de calidad natural, correcto equilibrio de los elementos nutritivos que los componen, sin residuos de sustancias químicas ajenas a los ciclos naturales, buen sabor, y estén en posesión de una elevada vitalidad.
- b) Máxima conservación de recursos naturales mediante la creación de sistemas agrícolas estables altamente diversificados, no contaminantes y respeto a la vida.
- c) Conservación de los recursos naturales: vida silvestre, fertilidad de la tierra cultivable, agua continental, combustibles fósiles, abono, especies y variedades autóctonas de plantas cultivadas y animales domésticos entre otros.
- d) No-utilización de productos tóxicos o contaminantes: plaguicidas y fertilizantes de síntesis química y aditivos alimentarios no naturales.

- e) Uso óptimo y equilibrado de recursos locales a través del reciclado de la materia orgánica (estiércoles, residuos de cosechas y agroindustria, y basuras biodegradables de origen doméstico-urbano), de las energías renovables y la autosuficiencia.
- f) Empleo de técnicas que: cooperen con la naturaleza en lugar de tratar de dominarla; sean compatibles con el desarrollo de la creatividad del hombre y exijan poco capital para que estén al alcance de todos.
- g) Reducción del transporte y períodos de almacenamiento mediante canales de comercialización próximos a productores y consumidores entre sí, promuevan el consumo de productos locales, frescos y de temporada. h) Permitir que el agricultor viva de su trabajo, asegurándole un rendimiento suficiente para satisfacer tanto sus necesidades materiales como espirituales.

La agricultura orgánica (AO) tiene opciones tecnológicas para reducir y hacer recuperables los costos de producción, proteger la salud, mejorar la calidad de vida y del ambiente, y propiciar las interacciones biológicas en los agroecosistemas. A través de la AO se minimizan los insumos del exterior y se optimiza el uso de los recursos locales en la producción, lo cual permite que sea un modelo compatible con los elementos y factores edafoclimáticos y socioeconómicos del país. Yee Wha *et al.* (2003), resume la AO en tres momentos: 1. Mejoramiento de la fertilidad del suelo con biofertilizantes, abonos verdes, estiércoles, lombrihumus, compostas, fitoestimulantes y polvo de rocas minerales. 2. Manejo de insectos plaga, enfermedades y malezas de los cultivos a través del uso de plantas repelentes, cultivos asociados, rotaciones e insectos benéficos, plaguicidas de origen botánico, minerales puros como cobre, azufre y cal entre otros. 3. La agricultura orgánica con una visión holística de la agricultura, considerando la parte económica y social en beneficio del productor local y tradicional.

La agricultura orgánica busca obtener alimentos con sabores y olores propios de la naturaleza que genera al paladar agrado y salud. Las siembras o trasplantes con rotación de cultivos, uso de abonos verdes y compostados para corrección de suelos,

produce mayores rendimientos, pues conserva el suelo, obteniendo una agricultura rentable, competitiva y sustentable. Según Nieto *et al.* (2012), la agricultura orgánica ayuda a la biodiversidad mediante algunas prácticas como:

- ✓ Abonos verdes y orgánicos (humus y compostaje).
- ✓ Caldos microbianos activadores de la vida del suelo.
- ✓ Prácticas de rotación o cultivos intercalados en franjas.
- ✓ Agricultura de sol y malezas.
- ✓ Estiércoles de animales: caballar, bovinos, ovinos, conejos, caprinos, aves de corral, porcinos, y otros, complementados con materiales minerales ricos en fósforo, calcio, magnesio, y otros elementos.
- ✓ Uso de sistemas agrosilvopastoriles.
- ✓ En ganadería, mejoramiento de praderas con especies y variedades pasticulturas, forrajes, leguminosas y plantas nativas para la salud de los animales y del agrosistema.

En el control de plagas y enfermedades la AO utiliza los sulfatos, y aunque son de origen químico está permitido usarlos, ya que, en el proceso de transformación realizado por los microorganismos, presentes en el estiércol y en el suelo, estos se convierten en elementos que la planta asimila con facilidad en pequeñas cantidades sin dejar residuos tóxicos. Estos compuestos se consiguen en el mercado como: CuSO_4 , FeSO_4 , MnSO_4 , ZnSO_4 , MgSO_4 , bórax agrícola y ácido bórico.

Además, la AO utiliza los principios de la alelopatía en el control de problemas fitosanitarios que constituyen un sistema de defensa en los tejidos vegetales. Estas sustancias llamadas aleloquímicos, alonómicos, son compuestos moleculares que actúan como señales o mensajeros de desviación, produciendo efectos repelentes, repulsivos, antialimentarios tóxicos, activadores de la fisiología y comportamiento sexual poblacional de insectos. Por ejemplo, el ajenjo, cuyas raíces son tóxicas no permite cultivarse en asociación. A pesar de ello, estas mismas raíces en forma de té se usan para el control de babosas y pulgones. Otros casos son los de la ruda, que

tiene un extracto que controla antracnosis; el tomillo que controla el gusano de la col y actúa como repelente de zancudos, su principio activo fúngico se usa para el control de sigatoca en plantaciones de plátano (Nieto *et, al.*, 2012).

Suficientes argumentos para que la agricultura orgánica sea un modelo de producción alternativo al sistema de producción convencional de la actualidad.

UNIDAD II. DOMESTICACIÓN DE ESPECIES

2.1. La domesticación de las plantas

La evidencia arqueológica, genética y físico-química a través de pruebas con C₁₄, ha ayudado a entender el origen de los relictos de los cultivos de nuestros ancestros en América y el mundo.

Algunos casos emblemáticos y cruciales para los pueblos americanos son el maíz, el frijol, la calabaza, el chile, la papa, el cacao y la quínoa por citar algunos. No se duda en ningún momento que la domesticación de las plantas haya sido un proceso de tiempos milenarios de manera natural, y conforme la tecnología y la habilidad del manejo de los cultivos fue apareciendo en las grandes civilizaciones del mundo antiguo, seguramente el proceso de domesticación se hubo acelerado significativamente hasta el presente.

Cuando nos referimos a la domesticación, generalmente lo hacemos pensando en los animales como el perro, las aves de corral, el caballo, las ovejas, las cabras, las vacas que responden a las necesidades básicas del hombre como la carga, los viajes, la protección, el abrigo y la disponibilidad inmediata de alimento; algo muy parecido sucede con las plantas, ya que, al mejorar las cualidades indeseables como el tamaño, el sabor, el color, el aroma, la textura, el contenido nutrimental y en muchos casos las sustancias tóxicas como el caso de los taninos en las leguminosas, estas son mayormente apreciadas.

Se sabe a través de Bernal Díaz del Castillo, el cronista de Hernán Cortés, que a la llegada de los españoles los cultivos referidos eran cuidadosamente cultivados por los diferentes grupos indígenas de América, entre ellos los Totonacos descendientes de los Toltecas, los Mayas, los Purépechas, los Zapotecos, los Mijes, los Nahuas y los Incas. Este manejo de los cultivos incluía la selección de las mejores plantas, frutos y semillas. Esto viene a colación porque todavía se suele hablar de selección masal en el cultivo de maíz en la región norte del Estado de México, la más productiva de este

cereal en la entidad.

Chacón (2009), refiere que el proceso de domesticación conlleva una serie de cambios morfológicos y fisiológicos inducidos por el nativo, indígena, campesino o productor de acuerdo con el ambiente que requiere el cultivo; de este modo hay una codependencia entre el cultivador y el cultivo para sobrevivir como especie mejorada.

También es muy interesante discernir sobre la idea de la pérdida natural de dispersión de las semillas de cereales a cambio de la semidomesticación que, según Chacon, (2009), estas semillas han incrementado significativamente su tamaño. Digo que es muy polémico el asunto porque como señala Reyes (1981), los cereales por sus cualidades de bajo peso, alto rendimiento, adaptables a zonas templadas y altamente nutritivas fueron capaces de dispersarse con mayor facilidad y quizá adaptarse a otros sitios como segundos o terceros centros de origen.

Entre los grandes disertadores de la domesticación de las plantas se encuentran sin duda, Alfred Russel Wallace y Charles George Darwin, este último en su obra *El Origen de las Especies*, el padre de la genética, el clérigo agustino Gregor Johann Mendel que establece los cimientos de la genética, Nicholas Ivanovich Vavilov científico de la extinta URSS al proponer los centros de origen de las principales plantas comestibles entre los más reconocidos. Vavilov decía que el lugar de origen de un cultivo debía ser el sitio de mayor diversidad de éste, así, propone la existencia de siete centros geográficos de domesticación: 1. Mesoamérica, 2. Los Andes y la Amazonía, 3. El Mediterráneo, 4. El cercano Oriente, 5. Etiopía, 6. El sureste asiático y el pacífico sur, y 7. China.

Otro científico importante de la evolución de cultivos es el norteamericano Jack R. Harlan. Éste concluye que cada especie posee un patrón propio de domesticación que puede llegar a ser mucho más complejo y difuso que lo propuesto por Vavilov (Harlan, 1995).

Actualmente y a partir del desarrollo de los marcadores moleculares, la evidencia biológica y genética ha jugado un papel cada vez más importante en el estudio de

varios aspectos relacionados con el proceso de domesticación.

Hay que considerar que en los individuos de una misma población siempre hay cierta variabilidad genética. Esta tiene su origen en las mutaciones que ocurren al azar en el genoma. Además, en los organismos de reproducción sexual, a causa de la llamada “recombinación” entre los genomas de las células germinales que se unen para dar lugar a un nuevo individuo.

La domesticación de las plantas silvestres a lo largo de su evolución estuvo influenciada por los entrecruzamientos de su especie o endogamia, el atrapamiento, aislamiento de barreras geográficas, y una muy significativa participación de insectos, aves y mamíferos; y desde luego, por la continua selección y mejoramiento artificial de manera sexual y asexual del hombre. Por esta razón, la evidencia más robusta para establecer el área de origen y el número de veces que las especies vegetales han sido domesticadas proviene de regiones del genoma (nuclear y/o citoplasmático) consideradas “neutrales” desde el punto de vista de la domesticación, ya que reflejan mejor la influencia de los eventos demográficos en el genoma.

En este sentido se dice que el maíz se originó, según evidencia botánica, arqueológica y genética, en el Valle del río Balsas en México, a partir de poblaciones silvestres de teosinte, de la especie *Zea mays* subsp. *parviglumis* Iltis y Doebley (Matsuoka *et al.*, 2002; Hastorf, 2009; Piperno *et al.*, 2009).

Las excavaciones de Richard Mac Neish en los años 1960 en el Valle de Tehuacán, Puebla, en el centro de México recuperaron los restos arqueológicos de mazorcas de maíz domesticado más antiguos en aquella época con una edad aproximada de 3000 años antes del presente (A.P.) y apuntó a México como la zona más probable de origen del maíz. Más tarde, se recuperaron restos arqueológicos mucho más antiguos de maíz domesticado con una edad de 6 300 A.P., en Guilá Naquitz, en el estado de Oaxaca en el sur de México (Piperno *et al.*, 2001).

2.2. Origen de las plantas cultivadas

La agrobiodiversidad está compuesta por plantas, frutos, semillas, raíces, hojas, tallos y flores de hierbas, arbustos y árboles comestibles donde se incluyen las plantas cultivadas; todo ello a escala genética, específica y de ecosistemas necesarios para mantener las funciones básicas del agrosistema, su estructura y procesos de producción. No está por demás, señalar la intervención de otros componentes como la diversidad de microorganismos, la energía, la materia orgánica, el suelo, el agua, el aire y los interminables y maravillosos ciclos biogeoquímicos gaseosos y sedimentarios.

La agrobiodiversidad es un proceso que continuamente se va gestionando por el ser humano. Esta no es consecuencia únicamente de la interacción de factores bióticos y abióticos en el concierto de la selección natural darwinista; la selección artificial o mejoramiento genético ha jugado un papel crucial para dar a luz el origen de nuevas especies. El trabajador del campo o cultivador de los alimentos, y la ciencia con sus equipos de investigadores han sido capaces de manejar esos procesos naturales y los han transformado en la selección de mejores genotipos y fenotipos, dando como resultado numerosas variedades de plantas domésticas. Lo cual, ha sido un largo proceso en el tiempo, algunos ejemplos de estas son: cereales, leguminosas, brasicáceas, asteráceas, umbelíferas, quenopodáceas, cactáceas, mirtáceas, moráceas, pináceas, rosáceas, rutáceas, sapotáceas, vitáceas, juglandáceas y muchas otras familias de especies de plantas domesticadas que producen alimentos comestibles, y solo por citar algunas de sus especies, tenemos: avellanos, nueces, pistachos, uvas, olivos, piñones, maíz, frijol, arroz, trigo, mijo, avena, cebada, centeno, papa, jitomate, manzano, chile, calabaza, limón, lima, mamey, cacao, café, nopal, quelite, hierbas de olor y una interminable lista de especies deliciosas de plantas al servicio de nuestra civilización, si y solo si, las conservamos para nuestro beneficio presente y futuro (Restrepo, 2007).

Los límites entre lo cultivado y lo silvestre son imprecisos señala Obón (2005), y cuanto más se avanza en el conocimiento de los diversos sistemas de agricultura tradicional más se conocen ejemplos de especies en situaciones intermedias. No hay una frontera definida entre cazador-recolector y agricultor. La actividad de los pueblos cazadores-recolectores ha producido cambios considerables en su entorno y entre ellos figura la modificación de las especies que recolectan, en muchos casos, como consecuencia de un proceso de selección mecánico.

La principal causa de la actual pérdida de biodiversidad, apunta la citada autora en el párrafo anterior, en lo que respecta a los recursos genéticos es atribuida a la agricultura convencional o intensiva, comercial, globalizada, consecuencia de la introducción de nuevas variedades, con mayores rendimientos y resistencia a ciertas enfermedades y de gran tamaño, estéticas y periodos más largos en cámaras de refrigeración y anaqueles para poder disponer de ellas mucho más tiempo del normal a lo largo de todo el año. Estas nuevas variedades poseen una variabilidad genética reducida. El problema no reside en la introducción de nuevas variedades, esto es algo que viene sucediendo desde que la humanidad explota los recursos naturales y viaja, sino porque los agricultores han desistido de su función de propagadores y obtentores.

Hoy la responsabilidad de obtener nuevas variedades se atribuye a empresas y centros especializados en un número reducido que siguen protocolos y criterios muy similares (precocidad, resistencia a enfermedades y plagas, uniformidad, calibre, etc.). Esto sustituye a la labor de millones de campesinos con gustos, criterios, técnicas y aptitudes diversas que actuaban como propagadores y selectores de las variedades obtenidas. Sin embargo, parece que las dos maneras de selección tienen ventajas e inconvenientes, pero que de cara a la promoción y conservación de la biodiversidad, la propia diversidad de obtentores es un requisito inexcusable y una base fundamental para la conservación *in situ* de las variedades tradicionales de los cultivos (Felicien, 2016).

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

2.3. Perspectivas ecológicas de la domesticación de las plantas

Desde la teoría de la etnobiología la perspectiva ecológica de la domesticación de las plantas se encuentra justamente entre las diversas culturas ancestrales del planeta que las identificaron para diversos fines tales como: alimento para humanos y animales domésticos, terapéuticas o medicinales, materia prima en actividades del campo y la ciudad, adorno y prendas de vestir tal como se les encuentra en la naturaleza o transformados, han desempeñado importante papel en mitos, tradiciones, leyendas y han sido usadas en ceremonias de ritos religiosos y civiles.

Pero no siempre las plantas de una región fueron usadas por el grupo humano de ese lugar o hábitat, ya fuera porque su recolección era difícil o casi imposible, o porque el ritual exigía que deberían buscarse en otro sitio. Por lo tanto, esta ciencia se ha dedicado a investigar las causas que determinan estos hechos, es decir, la distribución de los recursos naturales y la dificultad o imposibilidad de acceso a ellos y establecer las consecuencias a que dan lugar tales como; migraciones individuales o de grupo, métodos de obtención, ritual relacionado con su recolección, etc. En estos casos puede suceder que los habitantes de la región en que se encuentran las plantas no las utilicen, que los de otras regiones vengán a ella para obtenerlas por exigirlo la tradición o el ritual, que los habitantes de una región vayan a otra y los de ésta vengán para llevarse lo que necesitan. Así, el uso y preservación de las plantas pudo hacerse

en el mismo lugar o lejos de ahí, estableciéndose nuevas modalidades y usos (Maldonado, 2008).

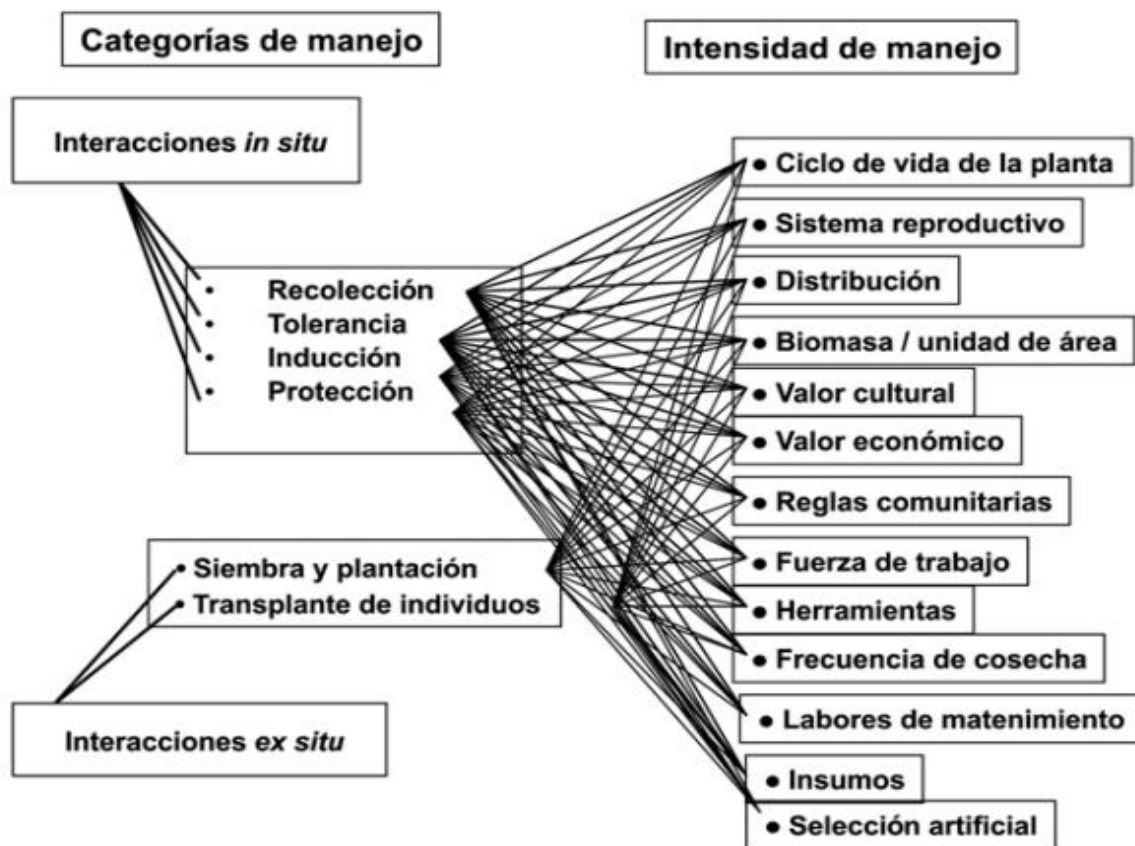
Muchos de los recursos fitogenéticos actualmente se encuentran de manera silvestre en muy variados ecosistemas naturales entre ellos, bosques, selvas, desiertos, sabanas, zonas de nieve permanente; en distintas depresiones de la tierra como barrancas, cuevas, lomeríos, montañas, grietas; también a diferentes alturas en edificios, banquetas, carreteras, vías de acceso terrestre; en medios acuáticos como ríos, lagos, lagunas, presas, bordos, mares y océanos, ciénegas, pantanos, arroyos, pero muchas de ellas no se encuentran a nuestra disposición, ni siquiera somos capaces de verlas e identificarlas, no las reconocemos o simplemente no nos interesan o no las necesitamos, y a veces por su tamaño o su hábitat son inaccesibles. También es justo decir que gracias a las aves, insectos, mamíferos y otros animales es como las hemos llegado a conocer a través de la evolución y el tiempo de la vida del género humano.

Actualmente se estima que en México se han identificado cerca de 25 000 plantas vasculares de las que cerca del 30-40% son útiles a 58 grupos étnicos, los cuales, tienen conocimiento de esta riqueza cultural de flora en distintas regiones del país; y conservadoramente se sabe que México alberga al menos 500 especies de plantas cultivadas, de las cuales alrededor de 200 son especies nativas. De este modo el manejo tradicional de ecosistemas por parte de los grupos indígenas ha sido la clave para construir estrategias de conservación de la biodiversidad, entenderlo es prioritario en los programas para su cuidado. Los sistemas de manejo tradicional continuamente se renuevan, así que deben verse como procesos dinámicos y, su conocimiento como un medio para su preservación.

En la domesticación y preservación de la riqueza de la flora del país, los estudiosos de la ecología, la etnobotánica, etnobiología y sistemática biológica entre otras ciencias, señalan la importancia de identificar los recursos de mayor importancia para los pobladores en distintas regiones, su consumo anual, la frecuencia de uso, las

cantidades utilizadas y las preferencias; así como de las plantas consideradas sustituibles o no. En el mismo sentido, es necesario complementar estrategias que permitan identificar las especies sobre las que existe una mayor presión humana y junto con la información de sus condiciones ecológicas, escasez y distribución, identificar el tipo de recursos que se encuentran en mayor riesgo asociado a su aprovechamiento. En la actualidad se sabe que el 13% ± 4 de las especies registradas como utilizadas tienen alto valor cultural y económico y están sujetas a las mayores tasas de extracción. Entre ellas el maguey mezcalero, pitayas, quelites, verdolagas, yerba mora etc. (Casas y Blancas, 2014a).

Fig.2a. Formas de manejo y mecanismos de domesticación *in situ* y *ex situ* de plantas



Fuente: Casas y Blancas, 2010.

La figura 2a, muestra las formas de manejo de las plantas y los mecanismos de domesticación tanto *in situ* como *ex situ* que permiten su existencia, uso y

conservación con menor riesgo de estar catalogadas en peligro de extinción. En México, la NOM 059 de la SEMARNAT (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales) nos da una idea de las diferentes categorías de riesgo en que se encuentran las plantas de nuestro territorio.

Para analizar la magnitud de la extracción de un recurso es necesario el estudio de la estructura y dinámica de sus poblaciones, las etapas del ciclo de vida crítico para su permanencia futura; así como las interacciones con otras plantas y animales. Otras causas que determinan la vulnerabilidad de las especies vegetales son los sistemas de polinización especializados y el tipo de reproducción asexual, sexual o ambas. Sin olvidar la demanda del mercado, lo cual, aumenta el riesgo de que un recurso desaparezca. Ante esta problemática surge la pregunta de ¿cómo bajar esta presión? Y sin duda, muchas comunidades nos muestran que parte de la solución está en sus procesos organizativos, la existencia de reglas de uso, la organización productiva, las técnicas de almacenamiento, y muy recientemente los planes de manejo de las áreas naturales protegidas que logran disminuir la vulnerabilidad de las especies vegetales y animales (Casas y Blancas, 2014b).

Hoy en día los estudiosos de la diversidad han observado que con la domesticación los seres humanos han moldeado las formas y funciones de los organismos a través del manejo de la variabilidad genética (selección artificial), pero también a través del flujo y deriva génica. Los mecanismos y criterios con los que opera la domesticación están arraigados a la cultura; por lo tanto, importa conocer la diversidad de formas de vida de los organismos que se domestican, la diversidad de atributos que la gente distingue y valora; así como la diversidad de mecanismos a través de los cuales favorece o no la abundancia de fenotipos. Mediante la domesticación las personas mantiene la diversidad y ésta genera continuamente nuevas variedades e incorpora al sistema la diversidad de otros sitios. Pero aún más importante que conservar una variedad es: mantener el proceso cultural, ecológico y biológico que hace posible la variabilidad de las plantas.

También se ha observado que la agroforestería es decisiva en los esquemas de conservación de la biodiversidad. No solo por la composición que alberga, sino por las interacciones que establecen los componentes de este sistema con los que hay en los ecosistemas de sistemas de bosques naturales. Los sistemas agroforestales son verdaderos reservorios de recursos, áreas de domesticación e interacciones entre los componentes de los sistemas silvestres y domesticados. Sin embargo, enfrentan la disminución y pérdida debido a que se ha intensificado la agricultura en esos lugares.

A manera de conclusión se puede decir que el conocimiento local es ampliamente reconocido, pero tiene limitaciones. Sus técnicas están en continua construcción, son dinámicas, y frecuentemente los ritmos que se requieren para atender un problema son rebasados. Por esta razón, al reconocer las limitaciones de los procesos tradicionales, al investigador le permite, cooperar y complementar esas estrategias para mantenerlos. Tales estrategias pueden aportar a las comunidades el monitoreo participativo de las acciones emprendidas; ya que la gente está ensayando técnicas de manejo, poniendo en práctica sus iniciativas de proteger, conservar, recuperar recursos, y agilizar el aprendizaje de las lecciones que dejan esas prácticas; y sin el apoyo de la ciencia, la tecnología y la legislación en auxilio del conocimiento local, se corre el riesgo de que se extingan a gran velocidad muchas especies.

UNIDAD III. ABONOS ORGÁNICOS

3.1. Nutrición orgánica

La nutrición orgánica incluye a los abonos orgánicos como productos, subproductos y/o sus partes derivados de la descomposición de residuos animales, humanos, restos vegetales de alimentos y otras fuentes orgánicas y naturales aplicados al suelo a fin de estimular el crecimiento y nutrición de las plantas de forma directa e indirecta a través del mejoramiento de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo; así como del suministro en cantidades significativas de nutrimentos a las plantas (López, 2001).

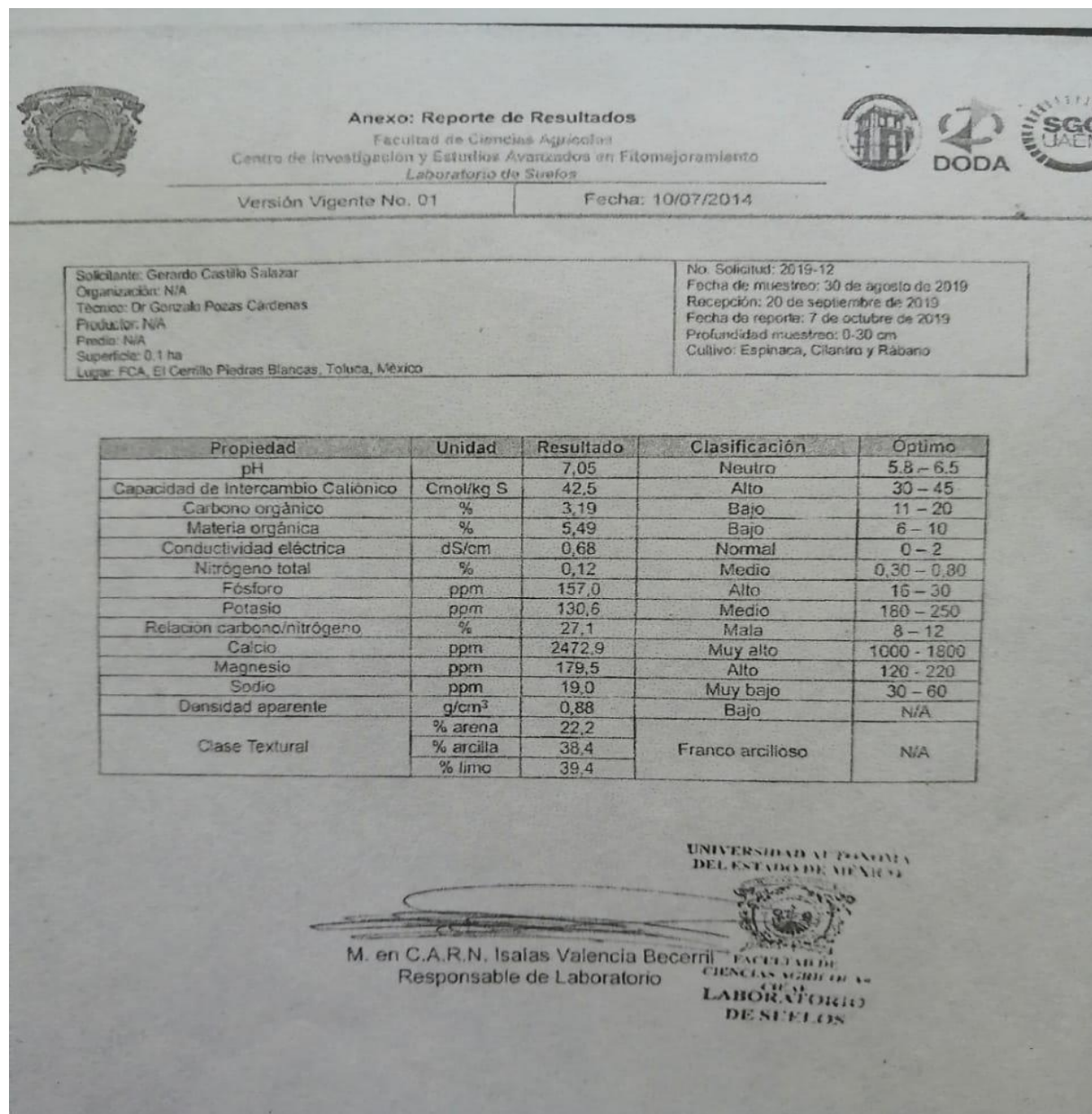
La aplicación de abonos orgánicos como fuente principal de nutrición en los cultivos agrícolas, se ha experimentado en muchos cultivos hortícolas de Valles Altos y ha sido en el campo experimental de la Facultad de Ciencias Agrícolas donde se han alcanzado resultados prometedores en rábano, verdolaga, cilantro, acelga, alcachofa, betabel, zanahoria, papa, elote de maíz, calabacita, flores de calabaza, frijol ejotero, chícharo, tomate, jitomate, ajo, albahaca, menta, hierba buena, apio, lechuga, cebolla, col, brócoli, coliflor, nopalitos, espinaca y cempasúchil entre otros.

Lo que se viene aplicando con buenos resultados de abono, sobretodo de bobino, caballar y algunas veces estiércol de borrego por metro cuadrado son 10 kg., bajo el sistema de doble volteado que consiste básicamente en separar y voltear los primeros 20 cm de suelo, y los siguientes de 20 a 40 cm; quedando estos últimos en la superficie y los primeros 20cm de suelo en el fondo. Se preguntarán dónde se coloca el abono. El abono se coloca exactamente a la mitad del perfil del suelo, es decir, a 20 cm de profundidad; esto para asegurarnos de que se mantenga la fertilidad de los 40 cm de suelo permanentemente (Méndez, 2017).

¿Qué se ha observado a lo largo de casi 10 años de trabajo con abonos orgánicos en la zona de producción orgánica de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad

Autónoma del Estado de México? En definitiva, de haber tenido un suelo altamente arcilloso, chicloso y duro con problemas de drenaje, ahora se tiene una parcela de 1000 m² aproximadamente con un suelo más equilibrado en sus componentes texturales (arcilla, limo y arena); y según los análisis de suelo realizados en la propia Facultad tenemos los siguientes resultados (Fig. 3).

Fig. 3. Resultados de análisis de fertilidad de suelo: zona de hortalizas orgánicas FCA-UAEMÉX



Fuente. Laboratorio de suelo de la Facultad de Ciencias Agrícolas-UAEMÉX, 2019.

Lo anterior, nos permite ir corroborando la mejoría de un suelo que antes era altamente arcilloso a uno franco arcilloso como lo señalan los resultados del análisis de suelo. Entre los abonos orgánicos que han dado buenos resultados se encuentran: estiércoles, bocashis, lombricompostas, compostas, inoculantes a base de microorganismos o biofertilizantes, residuos de cultivo o esquilmos, bioles, biopreparados, abonos verdes, aguas negras y derivados, efluentes de biodigestores, y desechos animales y agroindustriales entre otros (Santos, 2013).

Así que se ha comprobado que la aplicación de abonos orgánicos mejora las condiciones físico-químicas y biológicas del suelo como previamente lo han señalado varios autores entre ellos López-Martínez et al., (2001), al evaluar cuatro abonos orgánicos entre ellos bovino, caprino, composta y gallinaza con la fertilización química en el cultivo de maíz, concluyendo que, los abonos orgánicos y principalmente la composta a razón de 20 a 30 t ha⁻¹, son una alternativa que compite con los fertilizantes de síntesis química con buenos resultados.

Un supuesto extraordinario es señalar que el suelo tratado orgánicamente contiene mayor cantidad de microorganismos tales como algas, bacterias, hongos, ascomicetos; ya que éstos producen numerosas sustancias que se combinan con los minerales y los hacen más aptos para ser absorbidos por las raíces. Esto es importante para la absorción de hierro, el cual puede estar en cantidades suficientes en el suelo pero en una forma no disponible para su absorción. La presencia de microorganismos y sustancias derivadas de su metabolismo, explican en parte esta diferencia en el contenido de hierro de los alimentos orgánicos. Debido a que las plantas cultivadas orgánicamente presentan un menor contenido de nitrógeno, es de esperar que estas tengan mayor contenido de vitamina C, menos nitratos y menos proteínas, pero de mayor calidad que las producidas en cultivos convencionales (Palacios, 2007). Además, las compostas y abonos orgánicos inducen la supresividad del suelo a los patógenos de la raíz y corona de las plantas (Hoitink, 1997; Santos, 2013). Pero es importante invertir en la obtención de un perfil microbiológico de suelo al menos cada tres años que nos despliegue y nos dé a conocer el tipo de

microorganismos y de ser posible la cantidad (Fig. 4). Con estos datos podemos correlacionar o darnos una idea más certera de la fertilidad del suelo. Sin embargo, por lo especializado del análisis, contados laboratorios lo realizan en el país. La mayoría de nuestros campesinos-productores no ven a sus pequeñas parcelas como empresas dónde hay que cuidar e invertir continuamente sin importar el modelo de producción sea este convencional u orgánico. Y es justo en esta parte donde los agrónomos extensionistas juegan un papel extraordinario de acompañamiento y asesoría con los productores (Bautista, 2008).

Fig. 4. Resultados de perfil microbiológico del suelo.

Anexo 3. Resultado del análisis fitopatológico de suelo después de la cosecha del experimento de biofertilización de cilantro.



Dictamen
Diagnóstico Fitosanitario
Facultad de Ciencias Agrícolas
Centro de Investigación y Estudios Avanzados en
Fitomejoramiento
Laboratorio de Fitopatología

Versión:	4
Fecha:	19/05/2017

DICTAMEN DE DIAGNÓSTICO FITOSANITARIO

Fecha: 3 /12/2019
No. de DIAGNÓSTICO: 404

DATOS DEL USUARIO
 Nombre: Dr. Gonzalo Pozas Cárdenas
 Dirección: Campus Universitario, UAEM, Cerrillo Piedras Blancas
 Teléfono: 722 2965529 correo electrónico: gpozasc@uaemex.mx

DATOS DE LA MUESTRA*

Nombre científico: Coriandrum sativum
 Nombre común: Cilantro variedad: s/d
 Uso: Investigación
 (Siembra, consumo, procesamiento, experimentación, etc.)

TIPOS DE ANÁLISIS: Bacterias Hongos Nemátodos

TÉCNICAS O MÉTODOS USADOS:
Técnica Dilución en Placa y Pruebas Bioquímicas.

RESULTADOS DEL DIAGNÓSTICO*:

Bacterias: Xanthomona sp., Pantoea sp.


 Dra. Martha L. Salgado Siclán
 NOMBRE Y FIRMA
 RESPONSABLE DEL LABORATORIO

Fuente. Laboratorio de fitopatología de la Facultad de Ciencias Agrícolas-UAEMÉX, 2019.

En la Facultad de Ciencias Agrícolas se solicitó un perfil microbiológico en 2019 y los resultados se pueden observar en la (Fig 4), donde se observa la presencia de microorganismos como *Xanthomona* sp., y *Pantoea* sp que es un solubilizador de fósforo.

La materia orgánica es fundamental en la producción y mantenimiento de los microorganismos del suelo, los que a su vez nos ayudan a tener biodisponibles muchos nutrientes para el desarrollo de los cultivos. Habrá también que destacar que algunos de los aportes físicos de la materia orgánica es la conservación de la humedad, la regulación en los cambios de la temperatura del suelo, el amortiguamiento de la capacidad calorífica, la protección contra la resequedad ocasionados por el viento, el agua y el sol. También permite el agregado de partículas, reduce la evaporación, mejora el balance hídrico, reduce la erosión y escurrimiento del agua superficial, facilita el manejo de un cultivo, su drenaje, aligera suelos arcillosos, mantiene estabilidad térmica y reduce las costras superficiales. En cuanto al aporte químico de la materia orgánica se puede decir que regula el pH, incrementa la capacidad de intercambio catiónico, favorece la fertilidad fosfatada del suelo, favorece la formación de biofosfatos o fosfohumatos (ácidos húmicos + aniones de fosfatos), la formación de quelatos, mantiene las reservas del nitrógeno estables en el suelo, retiene con mayor fuerza nutrientes como Ca, Mg, K, N; actúa complejando iones de Fe y Al en suelos ácidos. Los aportes biológicos de la materia orgánica al suelo se pueden resumir señalando que favorece: la respiración y salud radicular, la germinación de las semillas, la biodegradación de sustancias tóxicas, la producción de sustancias fitoestimulantes como el ácido indol acético, triptófano y otros ácidos orgánicos; el incremento de la población microbiana aeróbica responsable de la humificación de la materia orgánica-nitrificación- fijación de nitrógeno atmosférico y la asimilación del azufre y fósforo (REA, 2016). Favorece también el incremento de vitaminas (B6, B12, ácido pantoténico, rivo flavina y biotina); así como de antibióticos como la estreptomicina, penicilina y terramicina. Actúa sobre procesos fisiológicos y bioquímicos de las plantas incrementando la permeabilidad de las membranas celulares elevando la actividad sintetizante, así como el contenido de clorofila, la

intensidad de la respiración, el metabolismo de los vegetales y microorganismos (Restrepo, 2007).

Sin embargo, hay que considerar que el uso de algunos abonos orgánicos como la gallinaza, sin que hayan pasado por un proceso de descomposición controlado o compostaje, pueden tener efectos nocivos para la salud de los operarios, el suelo y la inocuidad del cultivo. En principio, muchos estiércoles entre ellos los de animales estabulados como las aves contienen microorganismos y residuos de medicamentos que pueden ser perjudiciales para la salud de los trabajadores.

Un material que no se ha descompuesto eleva su temperatura y puede afectar al cultivo; asimismo, la acidez en sus estados iniciales de descomposición, produce reacciones en el suelo que pueden hacer disponibles metales pesados de tal manera que el cultivo los absorba. Por todas estas consideraciones los materiales orgánicos, ya sean de origen vegetal o animal, así como sus mezclas, antes de aplicarlos como abono, deben ser sometidos a procesos de descomposición o compostaje, y pienso que todos estamos de acuerdo en este tratamiento (Trinidad, 2002).

3.2 Abonos orgánicos

Algunos de los abonos más comúnmente usados y altamente enriquecidos por su manejo previo, son los siguientes:

3.2.1. Humuz de lombriz o lombricomposta

La lombricultura tiene gran potencial en el manejo de desechos orgánicos al alimentar lombrices con diversos estiércoles de animales obteniendo un kilo (peso fresco) de lombrices por cada dos kilos (peso seco) de estiércol. Las ventajas de usar lombrices y producir humus son: a). Aprovechar los desechos orgánicos, b). Eliminar malos olores c). Reducir los microorganismos dañinos al hombre, d). Tener en poco tiempo altas densidades de población por su rápida reproducción y fácil manejo en camas e). Obtención de ácidos húmicos, fúlvicos y composta, f). Producción de harina

de lombriz con altos contenidos de proteínas para alimentación animal y humana. El lombrihumus, tierra de lombriz o suelo de lombriz es un abono orgánico, biorregulador y corrector del suelo, no tiene problemas de sobre dosificación, aún en aquellos casos en que se lo utiliza puro, como medio de cultivo para plántulas. Debido a su explosiva reproducción de lombrices en poco tiempo, se usa para la obtención de proteínas de alta digestibilidad para consumo animal. La especie *Eisenia foetida* es una alternativa para el procesamiento de los residuos sólidos urbanos y lograr la reconversión de la fracción compostable, que resulta del 30 al 85 % por ciento del volumen de los residuos (Salazar, 2003; Irizar, 2015).

Humus de lombriz. Los componentes biológicos del suelo se clasifican por su tamaño en macro, meso y microorganismos. Entre los macroorganismos invertebrados del suelo cuyo ancho es mayor a 2 mm, se encuentra la lombriz de tierra, la cual interviene en varios procesos físicos, químicos y biológicos (Lavelle y Spain, 2001). Entre la lombriz de tierra y la microflora se establece una interacción mutualista anisimbiótica para descomponer la materia orgánica ingerida por el invertebrado (Daqui *et al.*, 2007). Los microorganismos del suelo, esencialmente las bacterias, producen enzimas, y cuando estos microorganismos son ingeridos por las lombrices, dentro de su tracto digestivo degradan compuestos complejos gracias a estas enzimas (Lattud *et al.*, 1998).

Generalmente, la descomposición de la materia orgánica se lleva a cabo en dos fases: a) fase activa, en la que la lombrices de tierra procesan la materia orgánica (Lores *et al.*, 2006); y b) fase de maduración, donde los microorganismos descomponen el material orgánico previamente procesado por las lombrices. En la primera fase, las lombrices participan en la descomposición, transformación y mineralización de la materia orgánica por medio de procesos que se dan en su sistema digestivo. En la segunda fase, la descomposición se debe a la acción de los microorganismos endosimbiontes que viven en el intestino de la lombriz (Domínguez, 2009).

La mineralización de los compuestos se lleva a cabo por la actividad metabólica de bacterias y hongos, principalmente. No obstante, esta actividad está influenciada por la fauna del suelo que coexiste con los microorganismos y por diferentes interacciones que determinan la transferencia de nutrientes a través del sistema. Por eso, las deyecciones de las lombrices de tierra juegan un papel preponderante en la descomposición porque contienen nutrientes y microorganismos que son diferentes a los contenidos del material orgánico ingerido al principio (Domínguez, 2009).

En un estudio comparativo de la composición física, química y biológica de tres abonos orgánicos, se encontró que el humus de lombriz contenía las siguientes cantidades de microorganismos: aerobios mesófilos, 6.7 ufc/g; hongos, 4.3 ufc/g; y actinomicetes, 3.0 ufc/g. El bocashi presentó 6.3 ufc/g de aerobios mesófilos, 0.96 ufc/g de hongos y levaduras, y 0.97 ufc/g de actinomicetos. Mientras que, la composta contenía 6.5 ufc/g de aerobios mesófilos, 0.50 ufc/g de hongos y levaduras, y 0.74 ufc/g de actinomicetos. Estos resultados demuestran que el humus de lombriz presentó la mayor concentración de microorganismos descomponedores de materia orgánica (Pérez *et al.*, 2008).

El humus de lombriz es una fuente de abono orgánico utilizado en la producción de cultivos. Resulta de la recolección de deposiciones de lombrices, las cuales son mantenidas en criaderos o lombricarios; es un sustrato estabilizado de gran uniformidad, contenido nutrimental y con una excelente estructura física, porosidad, aireación, drenaje y capacidad de retención de humedad (Pérez, 2005).

El abono producido por las lombrices es un material natural no tóxico para los humanos, animales, plantas o ambiente a diferencia de los fertilizantes químicos. Este puede ser usado puro, sin riesgo de afectar a las plantas, además de mejorar la producción de ellas, también conserva e incrementa la fertilidad de los suelos, mejora su estructura, retiene de manera óptima el agua y el aire, reduce la contaminación y tiene sustancias activas que favorecen las condiciones del suelo y de las plantas que crecen sobre él (Capistran *et al.*, 2004).

Usar lombrices es apropiado para acelerar la descomposición de los materiales orgánicos, ya que trabajan permanentemente día y noche logrando procesar una cantidad igual o mayor a su peso cada día. Si una lombriz pesa un gramo y se tienen 10 000 lombrices, entonces se producirán 10 kilos por día y 3 650 kilos o 3.6 toneladas anualmente. El lombríhumus o tierra de lombriz es rica en vida microbiana, básica para la relación del suelo y la planta, ayudan a neutralizar el pH del suelo y hace que los elementos nutritivos se solubilicen. El nitrógeno y el fósforo están siete veces más disponibles, el potasio once veces, el calcio dos veces más disponible y el magnesio seis veces más disponible en la lombricomposta que en la materia prima.

En cuanto a las características físicas y químicas del humus de lombriz, Pérez et al. (2008) analizaron 43 muestras de bokashi, composta y humus de lombriz; observaron que el contenido de materia orgánica (MO) fue superior en humus de lombriz comparado con bokashi y composta. El mayor porcentaje de MO (96%) correspondió al humus de lombriz elaborado con estiércol de caprino y ovino; mientras que, los mayores contenidos promedio de MO, N, P, K, Ca y Mg se encontraron en residuos animales en relación a los vegetales, por lo que se recomienda que al momento de elaborar enmiendas orgánicas deban incorporarse materiales de origen animal con la finalidad de obtener un producto con mayor valor nutricional. Los resultados mostraron que las características físicas, químicas y biológicas de las enmiendas orgánicas evaluadas variaron con las condiciones de manejo, tipo de material empleado en su preparación, condiciones ambientales y procesos de elaboración. Las características generales físicas y químicas del humus de lombriz se muestran en el (Cuadro 1).

Algunas observaciones y experiencias que se pueden comentar en torno al humus o tierra de lombriz, es que presenta la ventaja de anticipar la germinación por producir propiedades hormonales estimulantes del desarrollo radicular, aumenta el vigor vegetativo, produce mayor resistencia al ataque de patógenos debido al contenido de exudados de la lombriz, disminuye el estrés al trasplante. En el caso de las hortalizas, se recomienda aplicar 500 g / m² en corona honda o en sistema de hoyo, y repetir el

tratamiento a la mitad del ciclo del cultivo. Para el trasplante de árboles se colocan 500g en la base del hoyo o cepa, y 500g alrededor del cuello del árbol en recuperación de suelos, corrigiendo el pH de 6.5- 7.5 con cal dolomita y 2000kg de humus/ha.

Cuadro 1. Caracterización físico-química de humuz de lombriz

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

Fuente: De la Cruz, 2005.

También es conveniente comentar que en la Facultad de Ciencias Agrícolas de la UAEMÉX., al realizar prácticas con alumnos de la materia de agroecología en siembras otoño/invierno de frijol ejotero cultivado en invernadero, se han tenido buenos resultados al poner en la siembra 250 g de fondo de lombrihumus y cuatro aplicaciones de fertilizante foliares cada 8 días de (20-30-10) 2 kg ha⁻¹, y encima la semilla de frijol ejotero, distribuyendo cada semilla a 50cm entre cada una, teniendo producciones por planta de 0.5-1.0 kg, a la cosecha (45-60 días). Observándose plantas completamente libres de plagas y enfermedades sin haber utilizado plaguicida, solo jabones neutros en aplicaciones preventivas contra mosquita blanca; y peculiarmente ejotes de sabor muy agradable.

De lo anterior podríamos deducir conservadoramente que tendríamos una cosecha de entre 37.5- 50 t ha⁻¹. Pero también una compra de 20 t ha⁻¹ de lombrihumus a \$5,000 la tonelada, es decir una inversión de \$100,000.00 de nutrición orgánica a base de tierra de lombriz o humus de lombriz, y esto es bastante para un pequeño productor. Entonces, la recomendación es simple, planificar siempre nuestros cultivos y conocer previamente un mercado nos dará una mayor ventaja competitiva y rentabilidad del trabajo desarrollado y producto obtenido.

3.2.2. Estiércoles

Los estiércoles son una mezcla de la cama de los animales y sus deyecciones líquidas y sólidas, cuya fermentación comienza en el establo y concluye posteriormente en el estercolero. Entre los estiércoles más conocidos están aquellos que proceden de caballos, mulas y burros, cerdos, aves de corral (pollos, patos, gansos, guajolotes y codorniz), conejos y cuyos, cabras y chivos, borregos, vacas y toros, llamas, búfalos, renos, venados y en general, todos aquellos animales estabulados o confinados procedentes de zoológicos. Pero, también aquellos estiércoles procedentes de las aves marinas y los murciélagos. Están formados por materiales hidrocarbonados, compuestos nitrogenados o fosfatados y microorganismos. El estiércol al aplicarlo al suelo del cultivo aporta materia orgánica; esto considerando que el suelo tenga un nivel de materia orgánica cuando menos del 2%, y sea una fuente de elementos nutritivos para la planta principalmente de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y otros. Es muy importante mencionar o reiterar que la calidad final de un abono orgánico depende de su origen, recolección, almacenamiento y humedad pensando en la actividad microbiológica que desarrollan; así como de su aporte nutrimental. Por estas razones exponerlos a la luz solar o lluvia intensa NO será recomendable, ya que su calidad disminuirá. Claro que sería demasiado pedir a muchos productores que los estiércoles procedieran de animales criados con alimentación sana. Un ejemplo que presentamos es el estiércol de bovino:

Estiércol de bovino

El estiércol tiene una alta capacidad de intercambio catiónico (CIC), pero, a medida que se va biodegradando en el suelo, va liberando iones que afectan la fertilidad natural o calidad del suelo, y el grado de salinidad y sodicidad repercuten en una disminución en la producción y productividad de los cultivos.

Sin embargo, el estiércol para ser aprovechado de manera óptima por plantas y microorganismos se degrada por la acción de la actividad enzimática y la variación climática. Algunas de las estructuras orgánicas que contiene el estiércol son polímeros complejos como la celulosa, hemicelulosa, almidón, quitina y lignina. Estas estructuras se degradan a simples monómeros y iones. Sin embargo, debido a la heterogeneidad del suelo, el productor debe ser cuidadoso con la cantidad que aplica. Esto, para no ocasionar ni contaminación directa, ni degradación del suelo por exceso de sodicidad, salinidad y lixiviación de compuestos nitrogenados como el nitrito NO_2 (Irizar, 2015).

Para conservar el potencial nutrimental de manera integral, los estiércoles se deben almacenar en lugares apropiados llamados “estercoleros”. Esto en virtud de que el redileo, en fresco, en capa delgada y el establo libre no los protege de factores climáticos como la precipitación, la temperatura, la radiación solar y la humedad. Algunas consideraciones importantes del estiércol de bovino a más de ser uno de los de mayor uso debido a la gran cantidad de cabezas de ganado que se tienen a nivel de estabulación, semiestabulado y a campo libre es sin duda que: los bovinos consumen de 20-25 kg de materia seca diaria MSD, y producen de 30-45 kg de estiércol húmedo, 20-30 litros de orina, 7-10 kg de materia seca liberada MSL, 0.27-0.46 kg de N y 0.05-0.07 kg de P. Estas entradas y salidas permiten calcular y llevar acabo un balance de lo que realmente está quedando de estiércol por un animal en producción (Salazar, 2003).

3.2.3. Bocashi

Bocashi significa fermento suave en japonés, este abono orgánico usa diversos materiales en cantidades adecuadas obteniendo un producto equilibrado nutrimentalmente. Para su maduración requiere de 45-60 días en promedio para aplicarse. Considerando siempre el clima en donde se realice su elaboración (FAO, 2010). La figura 5 muestra el estado de madurez de un bocashi elaborado en la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma del Estado de México.

Fig. 5. Resultado de la elaboración de bocashi



Fuente. Elaboración propia, 2018.

El contenido nutrimental aproximado de 100 g de bocashi que reporta Restrepo en su texto el ABC de la Agricultura Orgánica se da en el Cuadro 2:

Cuadro 2. Composición nutrimental del Bocashi

Nutrientes	Porcentaje / mg/l
Nitrógeno	1.18 %
Fósforo	0.70 %
Potasio	0.50 %
Calcio	2.05 %
Magnesio	0.21 %
Hierro	2304 mg/l
Manganeso	506 mg/l
Zinc	61 mg/l
Cobre	19 mg/l
Boro	14 mg/l

Fuente: Restrepo, 2007.

3.2.4. Composta

La composta es un abono orgánico, cuyos residuos orgánicos sufren un proceso de descomposición aeróbica o anaeróbica mediante la acción de microorganismos. El compostaje gana estabilidad por la materia orgánica, pero pierde una considerable cantidad y disponibilidad de nitrógeno (Santos, 2013). Es una manera simple, rápida y efectiva de convertir los residuos de cocina o urbanos de origen animal y vegetal en una composta que sea el vehículo de fertilidad del suelo y por ende a las plantas de jardín y traspatio; además de proveer suficientes hortalizas orgánicas durante todo el año para una familia de tres personas o más.

Se debe cavar una cepa de 40X40X40 cm y de inmediato colocar los residuos que van saliendo de la cocina tales como cáscaras de frutas, hortalizas, huesos de aves y pescado, alimentos en descomposición, sobrantes de alimentos de las diferentes comidas; pero también hojas de árboles, pasto cortado, residuos de podas de plantas, servilletas de papel procedentes del desayuno, la comida o cena.

Hay una variedad muy amplia de residuos los cuales, con una pala recta son triturados al máximo en el interior de la cepa para que de inmediato con la tierra que se ha sacado previamente se vuelvan a tapar y mediante un proceso más anaeróbico que aeróbico se descompongan en plazos de uno a tres meses dependiendo del tipo de suelo, la época del año, la temperatura y precipitación y el tamaño de partículas trituradas entre otros factores.

Así que al menos cada tres a cinco días invertimos de tres a cinco minutos para desarrollar un proceso continuo de nutrición y fertilidad en el suelo de jardín o patio trasero de casa, y en poco tiempo la textura y estructura de nuestro suelo irá cambiando hasta tener casi sin danos cuenta un suelo negro que al mojarlo resalta un fuerte olor agradable a tierra mojada (Figuras 6).

Fig. 6 Diseño de cepa para el proceso de composteado de residuos orgánicos domésticos.



Fuente. Elaboración propia, 2020.

Esta figura muestra la diversidad de residuos que se pueden compostear; así como el color del suelo negro que durante años se ha venido mejorando. Junto al proceso de compostaje se encuentra una planta de nopal de 15 años aproximadamente y una planta de jitomate, las dos plantas en producción de invierno en Toluca.

3.2.5. Biofertilizantes

El término biofertilizante se compone de dos palabras: biológico y fertilizante; un biofertilizante tiene microorganismos que mejoran el estatus nutricional del suelo y por ende de las plantas, mientras el estiércol, los residuos de cosechas, las compostas y vermicompostas que también son degradados y favorecen la nutrición no se consideran biofertilizantes, sino abonos orgánicos, o simplemente abonos (Intagri, 2019).

Los biofertilizantes a partir de los 90, se convirtieron en el centro de atención en las investigaciones encaminadas a resolver los problemas ambientales causados por la aplicación irracional de los fertilizantes químicos. El uso de esta tecnología permite reducir el uso de energía necesaria para la elaboración de fertilizantes químicos, reduce la degradación del agroecosistema y la pérdida de nutrientes, mantiene la capacidad productiva del sistema agrícola, preserva la biodiversidad y contribuye a una producción más saludable al ambiente y el hombre. Dentro de los biofertilizantes microbianos se encuentran los inoculantes bacterianos como las bacterias diazotróficas fijadoras de nitrógeno y las bacterias solubilizadoras de fosfatos; así como los hongos que se asocian con las raíces de las plantas en forma simbiótica denominadas micorrizas (Granados, 2001; Hernández, 2019).

Los biofertilizantes son formulados con microorganismos benéficos (hongos, bacterias y algas), que aumentan la disponibilidad de nutrientes para las plantas. Presentan ventajas como una producción a menor costo, protección del ambiente y aumento de la fertilidad y biodiversidad del suelo. Se pueden clasificar en cuatro grupos; fijadores

de nitrógeno, solubilizadores de fósforo, captadores de fósforo y promotores del crecimiento vegetal (Armenta, 2010):

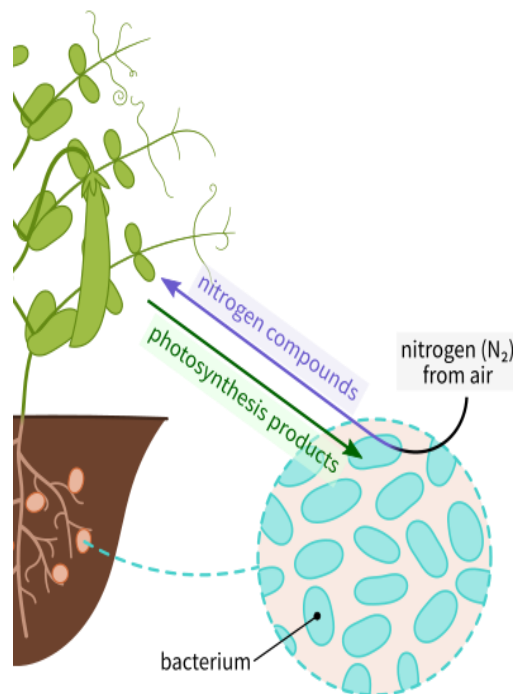
a). Fijadores de nitrógeno: *Rhizobium*, *Azotobacter* y *Azospirillum* (Fig.7)

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

c). Captadores de fósforo. Las micorrizas son captadoras de fósforo como *Acaulospora*, *Entrophospora*, *Gigaspora*, *Glomus*, *Sclerocystis* y *Scutellospora*. (Fig.8).

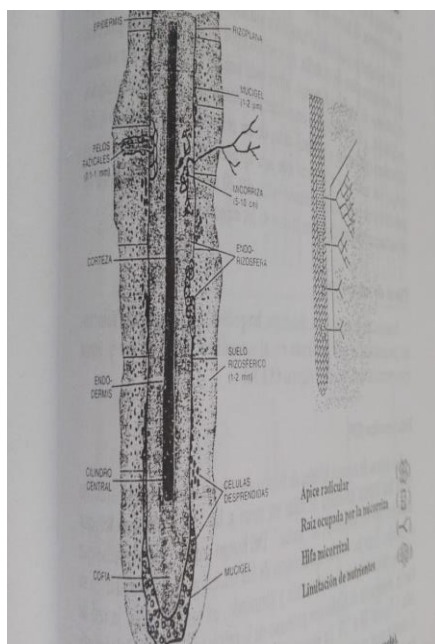
d). Promotores de crecimiento vegetal: *Gibberella* (*Fusarium moniliforme*) libera giberelinas; *Anabaena* y *Nostoc* liberan ácido indolacético; *Diplodia macrospora* libera auxinas; *Phomosis* libera auxinas y *Trichoderma* produce giberelinas.

Fig. 7. Fijación de N₂ por *Rhizobium* en leguminosas



Fuente: Modificado de Wikipedia. Org, 2020.

Fig.8. Micorrización en la rizosfera de una planta



Fuente: Granados, 2001.

3.2.6. Excretas y orina humana en la agricultura

Los ciclos de la naturaleza permiten la transformación y permanencia de los elementos que la componen. Todo en los ecosistemas es recurso, lo que es desecho para un ser vivo, significa recurso para otro. Cuando consideramos un recurso como desecho del cual es necesario deshacerse, ocasionamos serios problemas de desequilibrio ambiental y contaminación por la acumulación de nutrientes y materia orgánica en lugares inadecuados como suelos o cuerpos de agua; así como la pérdida de riqueza ahí donde la había. La población humana y sus excretas forman parte de los ecosistemas. *¿Por qué separarnos de la naturaleza si somos parte de ella y de sus ciclos? Las excretas humanas, bien manejadas pueden alimentar a los microorganismos del suelo y a las plantas* (Schönning, 2004).

Entre las prácticas tradicionales para la conservación de la fertilidad del suelo está el uso de las excretas animales como abono para la producción agrícola, ya que

proporcionan materia orgánica y nutrientes para el suelo y los cultivos, permitiendo mantener y mejorar la riqueza y fertilidad del mismo. Se usa estiércol de vaca, caballo, cabra y gallina, además de guano. Los abonos o excretas de animales, sabiendo cómo aplicarlos y usarlos generan muchos beneficios al agroecosistema. Las excretas humanas no son la excepción, son una rica fuente de nutrientes y materia orgánica para el suelo y las plantas, pero su manejo debe ser cuidadoso y bajo estricta supervisión, ya que su uso en la agricultura puede acarrear graves problemas de salud. Las heces son ricas en materia orgánica, fósforo P, potasio K y microelementos en menor cantidad. Contienen nitrógeno N, aunque en menor cantidad que la orina. Su incorporación al suelo ayuda a mejorar la estructura y pH del mismo (Schönning, 2004) y sustenta a microorganismos benéficos, con la consecuente liberación de nutrientes en formas químicas asimilables por las plantas. Resultan excelentes para el establecimiento de árboles y arbustos (frutales, árboles de ornato y forestales) y para su uso en plantas ornamentales. La dosis se establece de acuerdo a los requerimientos de fósforo del suelo, o se pueden aplicar en pequeñas dosis. El manejo y uso de las heces sin un tratamiento adecuado siempre se considera riesgoso para la salud; pero, utilizando métodos y barreras se pueden evitar. Desde el punto de vista sanitario, muchos patógenos, protozoos, helmintos y virus se transmiten por medio de las heces fecales (*Salmonella typhi*, *Vibrio cólera*, *Giardia*, *Ascaris*; rotavirus, Hepatitis A). De acuerdo a los lineamientos de la Organización Mundial de la Salud OMS para el uso seguro de las excretas humanas, el tratamiento de las heces se puede efectuar mediante (Who, 2003; Flórez, 2009):

- Compostaje a temperatura >50 °C durante una semana.
- Incineración total (<10% carbono en cenizas).
- Tratamiento con altos contenidos de urea.

Cuando no es posible la higienización total, se recomienda la disminución de los riesgos sanitarios a través del almacenamiento:

- Cuando la temperatura ambiente oscila entre 2 y 20 °C, almacenar de 18-24 meses.
- Si la temperatura ambiente va de 20 a 35 °C, almacenar un tiempo mayor a un año.

- Tratamiento alcalino: si el pH alrededor de las heces tiene un $\text{pH} > 9$, almacenar durante un tiempo superior a los 6 meses.
- Siempre usar protección personal: guantes, tapabocas y ropa de trabajo.
- Observar un comportamiento higiénico cuando se manejen las heces como lavarse bien las manos, la cara o bañarse.
- Mantener en buenas condiciones el área donde se encuentran las heces limpias.
- El equipo usado para las heces no saneadas, no debe usarse para el producto tratado (saneado), y debe ser lavado inmediatamente después de su uso.
- En caso de aplicar un tratamiento que garantiza la higienización total, pueden aplicarse de la misma manera que una composta; esto es, sin riesgos para la salud.
- Nunca dejar las heces expuestas después de su aplicación para evitar que el viento y el agua las arrastren.
- Las heces pueden manejarse en fresco siempre y cuando las condiciones del terreno lo permitan (que el nivel de agua subterránea no se encuentre cerca de la superficie o se deslave el terreno).
- En reforestaciones se recomienda hacer cepas y colocar las heces hasta abajo, cubriendo con 30 cm de tierra, y encima, efectuar la plantación. Así las raíces podrán alcanzar las heces descompuestas.
- No se recomienda usar heces en cultivos de raíz o vegetales que se consuman crudos a excepción de los árboles frutales.
- Observar un tiempo de reposo de un mes entre la incorporación y la cosecha.

La orina también es un excelente fertilizante, contiene los tres macronutrientes utilizados por las plantas en formas químicas asimilables por ellas: nitrógeno (NO^-), fósforo ($\text{PO}^=$), y potasio (K^+); así como micronutrientes y oligoelementos contenidos en menor cantidad (S, Mg^{++} , Mn^+ , Fe^- , Ca^+ , Na^+ , Zn, Br, I). Durante el proceso de almacenamiento, la orina nutre a organismos benéficos que se desarrollan en ella provocando el cambio de pH ácido a alcalino (5-6 a 8-9). Una vez en el suelo, la orina nutre a las plantas y a los organismos responsables del cambio del nitrógeno amoniacal a nitrato. Dada su rápida asimilación por las plantas del nitrógeno contenido en la orina, se recomienda que sea utilizada en aquellos momentos en que se quiere

una respuesta rápida por parte del cultivo, para cuyo propósito se pueden seguir los momentos en que la fertilización química recomienda la nutrición (Richert *et al.*, 2010).

Desde el punto de vista sanitario, la orina de una persona sana es estéril en la vejiga. Pocos patógenos se transmiten a través de la orina, y todos, a excepción de *Schistosoma haematobium* se consideran de poca importancia. Por lo tanto, el mayor riesgo en el uso de la orina es la contaminación con materia fecal. El tratamiento de la orina se realiza a través de tiempos de reposo. Se recomienda almacenarla en contenedores de plástico herméticamente cerrados por ser corrosiva con el metal. El tiempo de reposo, junto con el cambio de pH que se da de manera natural durante el almacenamiento (de un pH de 5.5 a uno de 9), garantiza su higienización. La temperatura ambiente del lugar es decisiva. En lugares con temperatura ambiente menor a 4°C, se puede almacenar por seis meses. En lugares con temperatura ambiente de 20°C, almacenar un mes.

3.2.7. Biosólidos

Los biosólidos son residuos orgánicos ricos en nutrientes derivados del proceso biológico de digestión aeróbica y anaeróbica del tratamiento de las aguas negras o residuales que han sido estabilizados, cumpliendo con un estricto criterio de calidad para su aplicación al suelo (Flores, 2014). (Fig. 9).

Fig. 9. Residuos biosólidos del canal de la Facultad de Ciencias Agrícolas UAEMÉX.



Fuente. Elaboración propia, 2019.

México opera 938 plantas de tratamiento que depura $50\,810\text{ m}^3\text{ seg}^{-1}$ de aguas residuales. Con este gasto se estima una generación de 1 483 649 toneladas de biosólidos frescos por año y su equivalente en base seca de 296 730 toneladas. El uso agrícola de los biosólidos es una práctica establecida y aceptada en USA y la mayoría del mundo. Solo California de la USA, utiliza por ejemplo en tierras agrícolas el 52% de los biosólidos producidos (390 000 toneladas por año en base seca), mientras que Arizona utiliza el 86% de lo que produce, lo cual corresponde a 56 000 ton año⁻¹. En la Comunidad Económica Europea más de una tercera parte de biosólidos producidos es reciclado en la agricultura y está basada en satisfacer los requerimientos de nitrógeno del cultivo, previniendo la sobreaplicación de metales pesados no esenciales, lo que ha mostrado ser una forma efectiva de reusar los productos residuales (Llamas, 2004).

Nitrógeno en los biosólidos. La utilización de los lodos residuales en la agricultura es una forma de reciclarlos benéficamente, lo cual da como resultado reducir el uso de fertilizantes químicos comerciales. Flores (2014), señala que cuando los biosólidos se aplican superficialmente mejoran las características físicas y químicas de los suelos, y satisfacen parcialmente los requerimientos de fertilización. Pero, debido a que los lodos residuales pueden poseer compuestos potencialmente indeseables, se deben evaluar periódicamente, y sólo aquellos biosólidos que alcancen estándares de calidad estrictos para contaminantes, patógenos y atracción de vectores (insectos, roedores transmisores de enfermedades) podrán ser aplicados al suelo con propósitos útiles. Los biosólidos que no reúnan los requisitos de calidad deben ser dispuestos en rellenos sanitarios o incinerarse.

En USA, la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA) en 1993 publicó las Normas CFR 40 Parte 503, permitiendo el uso benéfico de biosólidos producidos por las plantas tratadoras de aguas residuales municipales, siempre que las adiciones sean hechas en **cantidades agronómicas** para un cultivo dado, definida ésta como la cantidad de biosólidos aplicados al suelo, tales que el nitrógeno requerido por el cultivo alimenticio, forrajero, para fibra, de cobertura o vegetación crecido sobre

el suelo, sea suministrado sobre un periodo de crecimiento definido, y la cantidad de nitrógeno de los biosólidos que pase debajo de la zona radicular del cultivo o vegetación hacia los acuíferos, se haya minimizado. Es decir, se debe conocer tanto las necesidades de N_2 del cultivo como del contenido de N_2 de los biosólidos para su aplicación correcta. Así como las aplicaciones excesivas de N_2 de los biosólidos que se puedan infiltrar al acuífero. El mejor indicador de N_2 disponible es la relación C/N de los biosólidos, el N_2 orgánico y el contenido total de N_2 de los biosólidos.

En síntesis, el N_2 orgánico de los biosólidos se convierte a formas disponibles para un cultivo (amonio y nitrato) por los microorganismos del suelo mediante un proceso conocido como mineralización. Los biosólidos digeridos frescos usualmente contienen más N_2 mineralizable que los producidos con procesos de estabilización más intensivo (composteo, lagunas de almacenamiento). La mineralización de N_2 orgánico es afectada por la temperatura, humedad del suelo y es más rápida en suelos cálidos y húmedos. Usualmente más de la mitad del N_2 mineralizado en el primer año ocurre dentro de las primeras seis semanas después de la aplicación de los biosólidos.

UNIDAD IV. AGRICULTURA ALTERNATIVA

4.1. Agricultura alternativa

El ser humano tiene derecho a un ambiente sano, lo cual implica el cuidado, la conservación y restauración de la naturaleza como una necesidad fundamental para la salud física, psíquica y mental.

En el caso de la agricultura alternativa y sostenible es deseable transitar hacia una agricultura integral, cuyos componentes económicos, sociales y ambientales se incorporen al proceso productivo y se promueva una cultura que implique mayor creatividad, socialización de las experiencias, organización de los actores involucrados y la puesta en marcha permanentemente de todo el conocimiento y la pasión por producir sanamente.

Hoy México tiene la gran oportunidad de producir con calidad nutrimental para países desarrollados que tienen el poder adquisitivo, pero es conveniente entrar en esquemas de mayor sanidad e inocuidad, trazabilidad, historia del cultivo tanto como la del ambiente del ecosistema productivo. En la certificación de los procesos y productos, los tres niveles de gobierno deben hacer su contribución para que haya un mundo de oportunidades y generar desarrollo social y económico en las comunidades productoras de alimentos a pequeña y mediana escala, así como de los excedentes para los mercados internos y externos con precios justos para los campesinos productores o indígenas-productores o urbano-productores. Al ser una prioridad el cuidado del ambiente ésta se debe alentar, incentivar, premiar y reconocer.

La agricultura alternativa aparece para dar soluciones a las crisis socioeconómicas, ambientales, culturales y productivas provocadas por la promoción de las prácticas de la agricultura industrial. No es una postura arbitraria, ni el hecho de estar en contra de las grandes producciones, solo hay que señalar que el modelo de producción agrícola de los indígenas y pequeños productores con saberes ancestrales se debe reconocer,

reorganizar, actualizar y respetar. Algunas diferencias entre el modelo agrícola de producción convencional y alternativa según Altieri (2018), son:

Agricultura convencional:	Agricultura alternativa:
<ul style="list-style-type: none"> • Semillas de alto rendimiento • Fertilizantes y plaguicidas sintéticos • Maquinaria de alto consumo energético • Políticas de beneficio al productor • Financiamiento asegurado • Alta especialización en capacitación • Agricultura por contrato • Agricultura de exportación 	<ul style="list-style-type: none"> • Semillas criollas adaptadas al agrosistema • Abonos de síntesis natural, manejo integrado de plagas y enfermedades • Labranza mínima • No hay políticas de beneficio al pequeño productor o son escasas • Agricultura sin financiamiento • Los centros de investigación no son aliados del pequeño productor • Agricultura para mercado local • Agricultura solidaria de intercambio

De esta manera la agricultura se orienta a la conservación y manejo de los recursos naturales; equilibra y combina tecnologías, políticas y actividades, basada en principios económicos y consideraciones ecológicas para mantener e incrementar la producción agrícola en los niveles necesarios para satisfacer las necesidades y aspiraciones de la población mundial en aumento con el menor daño posible al ambiente (Altieri, 2018).

La figura 10, muestra la producción y cosecha alternativa en camas de distintas hortalizas tales como brócoli, rábano y espinaca en la zona de producción de hortalizas orgánicas del campo experimental “El Cerrillo” de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma del Estado de México. La institución se encuentra a 2622 metros sobre el nivel del mar y está considerada como una zona de producción agrícola de Valles Altos.

Fig.10. Cosecha de hortalizas orgánicas en el Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, México.



Fuente: Elaboración propia, 2018.

Uno de los objetivos de la agricultura alternativa es conservar el agua, el aire, el suelo, los recursos naturales animales y vegetales, así como aquellos recursos que no son tangibles a simple vista tales como los insectos, los microorganismos y sus actividades en beneficio del ecosistema (Fig.11).

Fig.11. Componentes de la agricultura alternativa.



Fuente: elaboración propia a partir la circularidad de los recursos naturales, 2020.

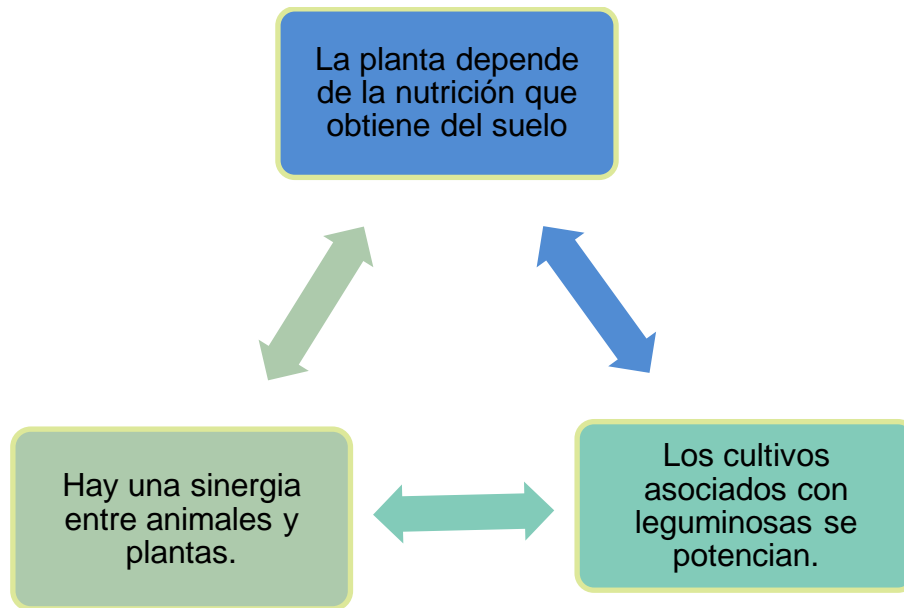
Los agrosistemas alternativos modifican las determinantes socioeconómicas que rigen (Altieri, 2018):

- Lo que se produce
- Cómo se produce
- Quién lo produce

Del primer apartado se puede comentar que el arraigo de la producción que se tiene de muchos lugares definen sus economías y estatus sociales; de este modo, si la siembra es de maíz de temporal en una zona con suelos pobres y bajo régimen pluviométrico, lo más probable es que apenas alcance la cosecha para una familia de cinco personas. El cómo se produce tiene otro efecto interesante desde la perspectiva del manejo de los cultivos, ya que la producción también estará influenciada por los saberes, más que de la información o tecnología actual. Quién lo produce va ligado a cómo se produce, solo agregaría el amor y la pasión de los campesinos que viven del producto de su tierra.

4.1.1. Agricultura orgánica

Surge de los trabajos del agrónomo Albert Howard sobre cultivos tropicales, donde encuentra que:

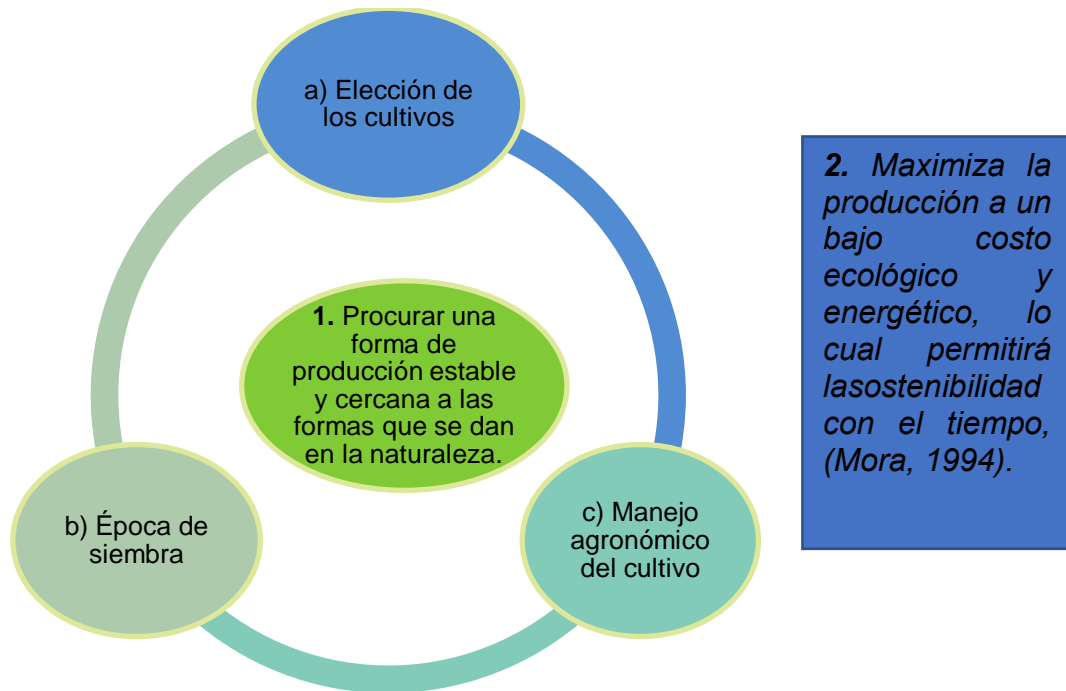


La agricultura orgánica, no es simplemente una postura en contra del uso de sustancias químicas o en favor de un retorno a las viejas tradiciones agrícolas, sino que contempla el estudio de:

- **Métodos orgánicos.** Basados en el estudio de la naturaleza y ciclos de crecimiento, muerte y descomposición.
- **Organismos en contra de plagas y enfermedades.** Uso de entomopatógenos, enemigos naturales, plantas alelopáticas y repelentes que mantienen en equilibrio la población.
- **Materia orgánica.** Contribuye a mantener las condiciones físico-químicas y biológicas del suelo favoreciendo el desarrollo de la microflora y fauna.

Algunas de las directrices y prácticas de la agricultura orgánica son: (Fig.12 y13).

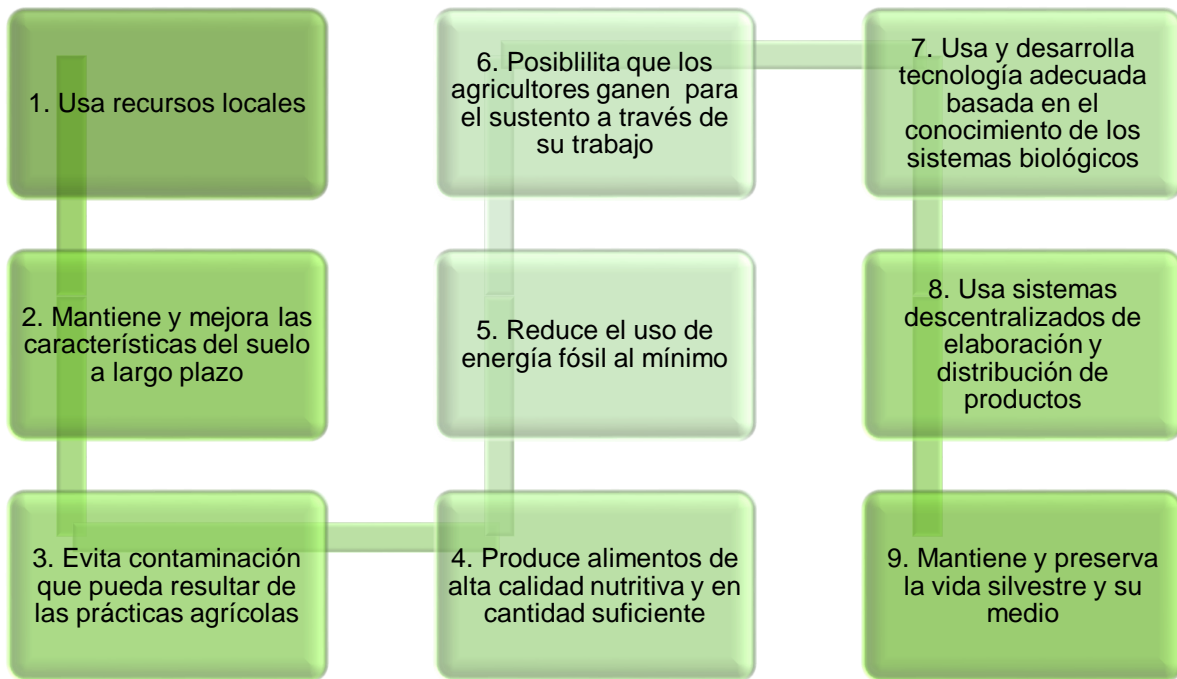
Fig.12. Directrices de la agricultura orgánica



Fuente: Mora, 1994

1. Uso de recursos locales.
2. Mantiene y mejora las características del suelo a largo plazo.
3. Evita toda forma de contaminación que pueda resultar de las prácticas agrícolas.
4. Produce alimentos de alta calidad nutritiva y en cantidad suficiente.
5. Reduce el uso de energía fósil al mínimo.
6. Hace posible que los agricultores ganen para el sustento a través de su trabajo.
7. Usa y desarrolla tecnología adecuada basada en el conocimiento de los sistemas biológicos.
8. Usa sistemas descentralizados de elaboración y distribución de productos.
9. Mantiene y preserva la vida silvestre y su medio.

Fig. 13. Prácticas de la agricultura orgánica.



Fuente: Elaboración propia a partir las prácticas de la agricultura orgánica propuestas por Mora, 1994.

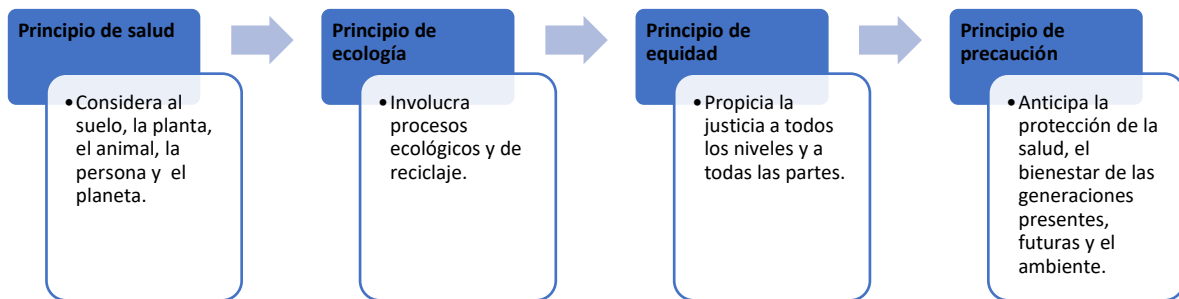
Principios de la agricultura orgánica

Dentro de los principios de la agricultura orgánica de acuerdo con Altieri y Nicholls. (2007), se tienen:

- Principio de salud
- Principio de ecología
- Principio de equidad
- Principio de precaución

Los principios de la agricultura orgánica se esquematizan en la Fig.14.

Fig. 14. Principios de la agricultura orgánica



Fuente: elaboración propia a partir de los principios de la agricultura orgánica de Altieri (2007).

4.1.2. Agricultura de bajos insumos

Este tipo de agricultura considera que para el buen funcionamiento de un ecosistema se necesita un flujo de energía a través de sus componentes bióticos y abióticos. Logra su equilibrio teniendo en cuenta los ciclos vitales de la naturaleza. Además, toma en cuenta las siguientes leyes fundamentales de la termodinámica:

- La energía no se crea ni se destruye (Ley de la Conservación de la Energía).
- La transferencia de energía de un punto a otro se realiza con cierta pérdida.
- No existe una eficiencia del 100% en las transformaciones de energía, lo que supone cierto grado de desorden (entropía).
- Conclusión: como no hay creación de energía, no puede haber más energía en el eslabón posterior que en el anterior.

4.1.3. Agricultura alternativa

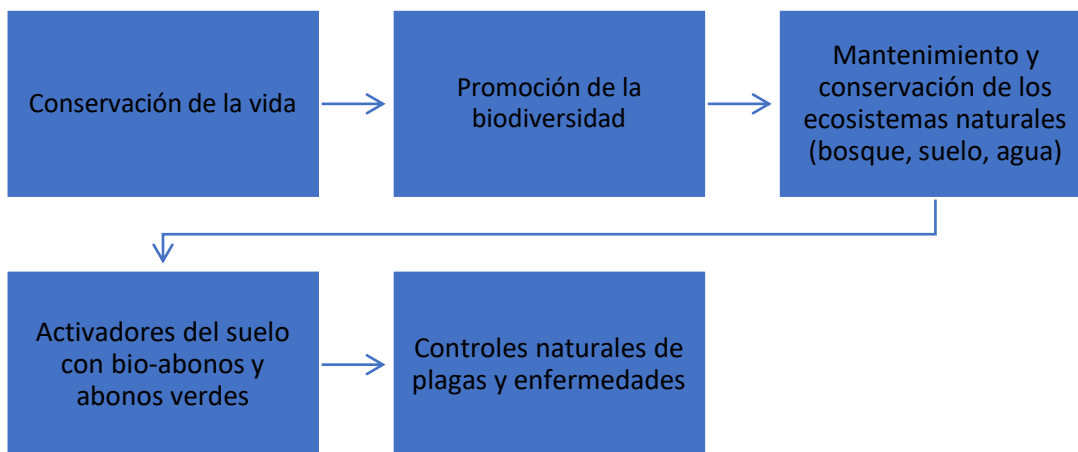
Se da el nombre de agricultura alternativa en el primer cuarto del siglo XX, aquella que pretende crear modos armoniosos de relación del ser humano con la Tierra desde la producción, aspectos de conservación de la vida natural y del paisaje. Sus precursores son: Albert Howard, Rudolf Steiner y Mokiti Okada (Kolmans y Vásquez, 1999).

Objetivo universal: Salud con base en alimentos sanos y la independencia del agricultor de la tienda de alimentos y almacén de insumos (soberanía alimentaria y seguridad alimentaria local). En la construcción de la agricultura alternativa hay asuntos importantes (Ikerd, 2011):

- El agricultor con su educación cultural, espiritual, ética, dedicación y conocimiento.
- El sistema de producción, escenario de la agricultura con sus ancestros de biodiversidad y asociación.
- Los instrumentos de trabajo donde sobresale la escuela microbial con sus relaciones, en especial trofobióticas (Plantas desequilibradas que producen plagas) y controles biológicos.
- Respeto a la vida en todas sus manifestaciones, es limpia, autosostenible, rentable, social y culturalmente viable.
- Usa sustancias naturales o de síntesis natural (zumo de una planta silvestre, roca natural fosfórica, sulfatos, frutas, hortalizas, etc.) en lugar de artificiales o de síntesis artificial: medicamentos, plaguicidas, fertilizantes y plásticos entre otras.
- Tiene opciones limpias para conservar la vida del planeta.
- Recupera condiciones dignas al productor.
- Tiene una producción sostenible y mantiene la biomasa.
- Integra saberes ancestrales indígenas, campesinos y negros conservando los recursos naturales.
- Amplia y protege la diversidad produciendo alimentos sanos.

En síntesis, la agricultura alternativa es un conjunto de prácticas y de saberes coherentes con principios fundamentales aplicados con éxito en el mundo a favor de la naturaleza (Cuadro 3).

Principios de la agricultura alternativa

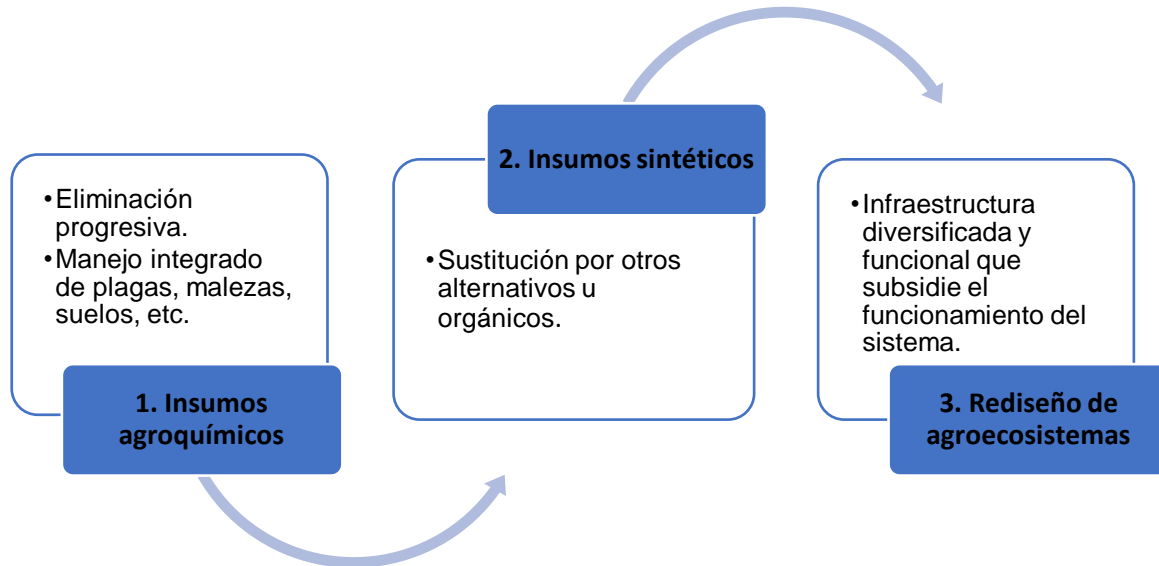


Cuadro 3. Agricultura regenerativa vs convencional

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

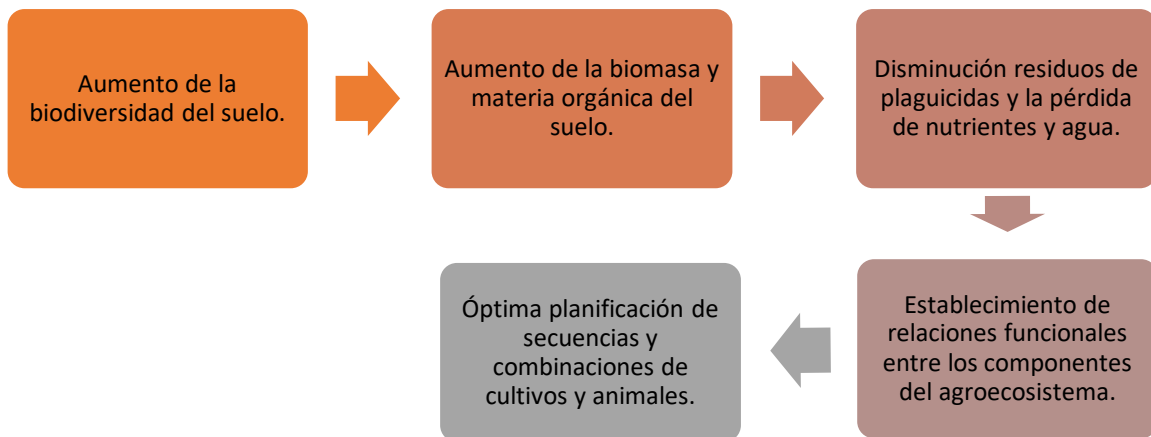
Fuente: (Kolmans y Vásquez, 1999).

El proceso de conversión de sistemas convencionales caracterizados por monocultivos con alta dependencia de insumos externos a sistemas diversificados de baja intensidad de manejo es de carácter transicional y se compone de tres fases (Gliessman, 2002):



A lo largo de las tres fases se guía el manejo con el objetivo de asegurar los siguientes procesos de la agricultura alternativa (Altieri, 2018), (Fig.15):

Fig.15. Procesos de la agricultura alternativa



Fuente: Altieri, 2018

Motivos para realizar una conversión de agricultura convencional a regenerativa (Fig 16):

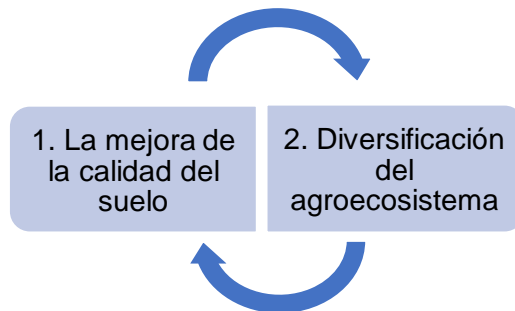
Fig. 16. Cuatro motivos para una conversión a la agricultura regenerativa



Fuente: Altieri, 2018.

La conversión se logra con dos pilares agroecológicos clave (Gliessman, 2002) (Fig. 17):

Fig. 17. Pilares de la Agroecología



Fuente: Gliessman, 2002.

4.1.4. Otros movimientos de la agricultura alternativa

Otras corrientes y posturas de la agricultura alternativa son las agriculturas: biológica, orgánica, natural, ecológica, biodinámica, radiónica, mentalista, de tecnología apropiada, de no intervención, de biodiversidad, permacultura, regenerativa, asociativa, tridimensional, mesiánica y microbial, entre otras según Kolmans y Vásquez (1999), Gliessman (2002) y Altieri (2018) (Fig. 18).

Fig. 18. Otros movimientos de la agricultura alternativa

1. Agricultura biológica	<ul style="list-style-type: none">• Las plantas de un cultivo y los animales de una crianza son seres vivos y están regidos por las leyes de la vida que se debe respetar.• Claude Aubert (iniciador)• Reciclaje de nutrientes: compostaje, abonos verdes, interrelaciones con organismos.
2. Agricultura orgánica	<ul style="list-style-type: none">• La planta depende de la nutrición del suelo.
3. Agricultura natural	<ul style="list-style-type: none">• Iniciada por Jean Marie Rogs• El suelo es el sistema digestivo de la planta
4. Agricultura ecológica	<ul style="list-style-type: none">• La base la constituye el ecosistema.• Rotación de cultivos= fertilidad.• Compostaje y abonos verdes.• Control biológico.• Nutrición del suelo.• Cero labranza.
5. Agricultura biodinámica	<ul style="list-style-type: none">• Iniciador Rudolf Steiner.• La planta es un ser biológico en un campo de fuerzas dinámicas telúricas y cósmicas.• Compost, rotación de cultivos, abonos verdes, preparados biodinámicos (minerales) o efecto de la luna.
6. Agricultura radiónica	<ul style="list-style-type: none">• Todas las formas de vida tienen un cuerpo electromagnético.

7. Agricultura mentalista

- Surge del paradigma de la nueva era con alimentación de frutas, hortalizas, miel y cereales.

8. Agricultura con tecnologías apropiadas

- Schumacher propone el trabajo en grupos pequeños de campesinos con los recursos locales.

9. Agricultura de no intervención

- El ser humano nunca comprenderá a la naturaleza y no la podrá manejar (Fukuoka).
- No se labra el suelo, no se emplean fertilizantes químicos solubles.
- Filosofía de integración y saber.
- Debe estar enmarcado el cultivo en un bosque.

10. Agricultura de biodiversidad (tumba-quema)

- Variedad de cultivos en un área.
- Descanso de tres años a la tierra.
- Semillas adaptables.
- Uso de coberturas verdes.

11. Agricultura permanente (permacultura)

- Sistemas de producción integrados armónicamente c/ viviendas y personas.
- Los árboles se mantienen y cosechan.
- Sistemas mantenidos c/ sol, lluvia y viento; satisfacen las necesidades humanas (sostenibilidad).
- Aprovechan recursos disponibles con el mayor número de funciones de c/u elemento del paisaje.
- Uso con base a la naturaleza del lugar.
- **Principios**
- Cada elemento es multifuncional.
- Planificación eficiente de energía (reciclamiento para ser autosuficiente).
- Producción acorde a necesidades.
- Diversidad.
- Aprovechamiento de todos los recursos naturales como sucesión biológica.
- Desventajas vistas como recursos aprovechables.

12. Agricultura regenerativa	<ul style="list-style-type: none"> • Producción de especies hortícolas y frutos en jardines. • Cualquier espacio es útil. • Generación de opciones propias con recursos locales. • Reciclaje de materiales. • Abonos. • Independencia y autogestión frente a mercados foráneos.
13. Agricultura asociativa	<ul style="list-style-type: none"> • Estratos de plantas asociadas: frijol-maíz-calabaza. • Uso de micorrizas. • La asociación favorece la diversidad (ley asociación). • Ley de la devolución: combate el agotamiento de los recursos.
14. Agricultura tridimensional	<ul style="list-style-type: none"> • Uso del suelo vertical y horizontalmente. • Fuerza el uso de la tierra a un número mayor de cosechas de más de una especie
15. Agricultura mesiánica	<ul style="list-style-type: none"> • Se exalta la naturaleza y la elevación de la humanidad y la paz, vía: verdad-bondad-belleza. • Naturaleza: verdad. • Bondad: alimento. • Belleza: arte.
16. Agricultura microbial	<ul style="list-style-type: none"> • Uso de microorganismos con un proceso armónico de producción. • Si hay organismos benéficos, el cultivo es sano. • Emplea caldos microbiales.

Fuente: Kolmans y Vásquez, 1999.

4.2. Acolchados

El acolchado hace referencia a los mantos de restos vegetales que se forman de manera natural o se aplican a la superficie del suelo. Así como a los materiales sintéticos que se colocan sobre él (Zribi *et al.*, 2011).

El motivo del uso de los acolchados es la mejora de la productividad del cultivo debida al control de las malas hierbas y de la temperatura del suelo, al aumento de la precocidad de la cosecha, y a la disminución de la evaporación de agua del suelo. El uso supone un importante costo de compra, transporte, instalación y manejo; y solo en cultivos con elevada rentabilidad económica es posible costearlos. Constituyen una alternativa a los métodos tradicionales de control de malas hierbas y patógenos con plaguicidas (Fig.19). Los riesgos ambientales originados por acolchados de material plástico no biodegradable contaminan los campos donde se instalan. Otros inconvenientes son la proliferación de roedores, plagas e incendios en el caso de materiales orgánicos (Zribi *et al.*, 2011).

Fig. 19. Acolchado utilizado para la desinfección de suelo y control de maleza.



Fuente. Elaboración propia, 2018.

Acolchado plástico

En relación al material, espesor y color, se utilizan diferentes tipos de plásticos que varían dependiendo del objetivo de su uso, del cultivo y de la región. La anchura de la lámina de plástico utilizada en los acolchados varía de 0,9 m a 1,5 m. En cuanto al espesor, al principio se utilizaban láminas de mayor espesor (entre 30 y 50 micras), pero en la actualidad es común el uso de láminas más finas de unas 15 micras (Gutiérrez *et al.*, 2003) (Fig. 20).

Como se verá más adelante el uso de plásticos cuando no son biodegradables es causa de contaminación en el campo, canales, basureros y afluentes de agua como ríos, arroyos, bordos, presas, pozos, jagüeyes y otros. Por lo que no nos cansaremos de proponer materiales que se integren al ambiente como materia orgánica y formen parte del suelo.

Fig. 20. Acolchado plástico en un cultivo de jitomate en invernadero



Fuente. Elaboración propia, 2019.

El polietileno es uno de los materiales plásticos más utilizados en el acolchado, debido a que es fácil de procesar, tiene excelente resistencia física y química, alta durabilidad, flexibilidad y es inodoro en comparación con otros polímeros (Fig. 21).

Con el acolchado plástico se forma una barrera impermeable al flujo de vapor de agua en la superficie del suelo que cambia el modelo de flujo de calor y de evaporación de agua (ISA, 2009). Así como de temperatura del suelo propiciando una mayor actividad biológica de los microorganismos que se encuentran en ese ecosistema.

Fig. 21. Acolchado a campo abierto en el cultivo de lechuga



Fuente. Interempresas.net. 2020.

Acolchado geotextil

El geotextil es un material polimérico (sintético o natural) permeable que puede ser tejido o no. Se usan en la separación, filtración, drenaje, refuerzo, contención de fluido/gas, control de erosión o protección. Una ventaja de los geotextiles en comparación con el polietileno negro es su biodegradación natural.

Acolchados orgánicos

Favorecen el desarrollo y la actividad de diversos microorganismos que se encuentran en el suelo, ayudando a mantener una temperatura constante para garantizar su actividad. Los materiales más utilizados son el serrín, la corteza y hojas de pino, astillas, virutas de madera, restos de madera de poda, paja, cascarilla de cereales, cáscaras de cacao, hojas, paja, papel, mulch mixto y restos vegetales de las plantas cultivadas. Otros residuos vegetales como los restos troceados de la madera de poda en plantaciones frutales. Estos se descomponen a diferentes ritmos dependiendo del tipo de material y las condiciones ambientales (ISA, 2009) (Fig. 22).

Fig. 22. Acolchado con paja en un cultivo de rábano orgánico de la FCA



Fuente. Elaboración propia, 2019.

Efectos de la temperatura del suelo

El acolchado modifica la energía que llega al suelo, el intercambio de calor, el balance de energía y el régimen térmico. Un aspecto positivo del acolchado es la disminución en las fluctuaciones de temperatura del suelo, amortiguando los picos máximos y

mínimos principalmente en los primeros 15 cm de profundidad (Leal, 2007; Cruz, 2009).

Efectos en la estructura y fertilidad del suelo

La estructura del suelo acolchado se mantiene en un mejor estado que la del suelo desnudo durante más largo plazo gracias a la protección contra los agentes atmosféricos que proporciona (Fig. 23). El efecto benéfico del acolchado en la estructura del suelo es consecuencia de una amortiguación de la energía cinética de las gotas de lluvia (y aspersión en su caso) que reduce la dispersión física del suelo y el sellado superficial, manteniendo la tasa de infiltración de agua en el suelo (Erenestein, 2002).

Fig.23. Policultivo de brócoli, col, lechuga y betabel con cubierta de residuos orgánicos



Fuente. Elaboración propia, 2019.

El aumento de la temperatura y de la humedad del suelo favorece su mineralización, lo que genera una mayor disponibilidad de nutrientes para las plantas (el nitrógeno, por ejemplo) y un aumento de la materia orgánica. El acolchado protege el suelo de la erosión de la lluvia, de las tormentas de granizo y de la desecación por el viento. Los acolchados orgánicos favorecen la actividad de la microfauna del suelo y la proliferación de raíces, lo que disminuye la compactación del suelo debido a la agregación de las partículas finas de arcilla. Al descomponerse la materia orgánica se forman compuestos cementantes que forman agregados más estables, lo que permite el movimiento de gases tales como CO₂ y O₂ y aumenta la fertilidad del suelo (Erenstein, 2002).

Efectos en la salinidad del suelo

El control de la salinidad es fundamental para la producción óptima de los cultivos. Las prácticas que reducen la evaporación del agua (efecto evapoconcentración), favorecen el flujo descendente de agua en el suelo (efecto lavado) son claves para el control de la salinidad en la zona radicular de los cultivos. El acolchado es una práctica eficaz que reduce la salinidad y conserva la humedad en la zona radicular, principalmente en los primeros cm de suelo lo que permite el uso de aguas más salinas sin un efecto perjudicial sobre el crecimiento de los cultivos. Zhang et al., (2008) indican que en suelos desnudos la mayor acumulación de sales se produce en el suelo superficial debido al efecto de evapoconcentración. En síntesis, y de acuerdo con Zribi et al., (2011), podemos agrupar los efectos de los acolchados en positivos y negativos:

Efectos positivos

- Ahorro de agua en el suelo, impide o limita la evaporación desde la superficie. El agua ahorrada queda a disposición del cultivo, que se beneficia de un suministro más constante y regular.
- Disminución en las fluctuaciones de temperatura del suelo. Los acolchados plástico y geotextil se comportan como un filtro de doble efecto, acumulan calor durante el día y lo liberan durante la noche, lo que reduce el riesgo de heladas por bajas

temperaturas del aire. El acolchado orgánico mantiene temperaturas bajas del suelo, limitando su calentamiento durante las épocas cálidas del año.

- Reducen el aumento de la salinidad y sodicidad del suelo que se produce por efecto de la evapoconcentración de agua y sales en la superficie del suelo.
- Disminuye la escorrentía superficial y la erosión del suelo; protege la estructura del suelo, incrementan su porosidad y la densidad de raíces de las plantas, lo que conduce a una mayor absorción de agua, nutrientes y mayores rendimientos.
- Degradación de los acolchados orgánicos que aportan materia orgánica al suelo y restablecen el equilibrio biológico, físico, químico y ecológico del suelo.
- Costos muy bajos en el caso de restos de cosecha que constituyen cubiertas biodegradables a nivel local.
- Incremento en la precocidad y en ciertos casos en la calidad del producto cosechado.
- Mayores beneficios económicos (acorde a cada caso).

Efectos negativos

- Costos elevados de adquisición, instalación, transporte, maquinaria especializada y mano de obra.
- Problemas ambientales derivados de los restos plásticos no biodegradables.
- Riesgo de incendios con acolchados orgánicos como paja, corteza, serrín y otros.
- Posible proliferación de roedores y, en el caso de acolchados plásticos, de plagas.
- El plástico puede inducir cambios térmicos del suelo negativos para las plantas.
- El plástico impide la entrada de agua de lluvia en la zona de raíces, limitando el lavado de sales.
- El acolchado orgánico puede incorporar semillas de malas hierbas al suelo.
- Resultados variables y no extrapolables, ya que dependen del tipo de cubierta, suelo, cultivo, clima y manejo agronómico.

4.3. Permacultura

La permacultura nace en los años 70 con Bill Mollison y David Holmgren como una contracultura al derroche y afectación a los recursos naturales, proponiendo la máxima

de *descenso energético* que consiste en el supuesto de la progresiva reducción del consumo de recursos y energía, y en la inevitable reducción del número de seres humanos. La propuesta de la permacultura va en el sentido del respeto a la naturaleza y es conceptualizada como: *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* (Holmgren, 2007).

Esta propuesta está respaldada por los acontecimientos catastróficos ambientales del pasado inmediato, el presente y el futuro desafiante que reconoce como los principales problemas ambientales globales, la pérdida de la diversidad biológica, el aumento de la contaminación del agua, la atmósfera, el cambio climático, la degradación de los suelos, el agotamiento de la capa de ozono, la pérdida de bosques, la explosión demográfica y en el año 2020 la aparición repentina del coronavirus o Covid-19 que ha cobrado en el mundo miles de vidas humanas, y en México en un año, se ha llegado a la cifra de más 125 000 muertes por este virus. Se trata de problemas globales que requieren de la participación real y no simulada de toda la comunidad mundial, especialmente de los países industrializados, para lograr la toma de conciencia y las acciones prácticas en función de mitigar y solucionar la crisis ambiental.

En tal sentido, el cuidado del ambiente tiene la máxima prioridad de la ciencia al iniciarse el siglo XXI en lo económico, lo político, lo axiológico, lo jurídico y lo cultural porque está en juego la existencia humana, y para preservar la especie humana, es necesario atender urgentemente estos problemas ambientales, sus causas, sus consecuencias y sus posibles soluciones como manifestaciones del desequilibrio en las relaciones propias de la sociedad humana y la naturaleza, debido a la gran carga contaminante vertida por la primera sobre la segunda más allá de las posibilidades para su recuperación, y dado el nivel de interrelación e interdependencia prevaleciente en la actividad social, es necesario un enfoque dialéctico, multilateral, exento de unilateralidad, objetivo y concreto de los problemas del mundo de hoy, porque todo está asociado: analfabetismo, antidemocracia, corrupción, impunidad, desempleo,

pobreza, hambre, enfermedades, falta de agua potable, de vivienda, de electricidad, desertificación, cambio de clima, desaparición de los bosques, inundaciones, sequía, erosión de los suelos, biodegradación, plagas y demás tragedias (Pozas, 2016).

La permacultura critica a la cultura dominante del consumismo promovido por medidas económicas disfuncionales de progreso y bienestar de las elites políticas, económicas y sociales, tanto a nivel local como global que se resisten a perder influencia y poder ante la adopción de una mayor autosuficiencia y autonomía locales. David Holmgren, (2007) propone siete dominios de acción mediante lo que se ha llamado la flor de la permacultura. Estos consisten en:

a) Manejo de la tierra y la naturaleza. Este dominio abarca el manejo de la agroforestería, bosques, huertos, acuacultura, manejo integrado de plagas, banco de semillas, conservación, regeneración y manejo sostenible de espacios silvestres; así como agricultura orgánica y biodinámica.

b) Ambientes contruidos. Construcción con materiales naturales y locales, autoconstrucción, técnicas de eco-construcción: paja de paja, adobe, paja-arcilla y climatización natural.

c) Herramientas y tecnología. Sanitarios secos, composteros, energías renovables: solar, eólica, maremotriz, geotérmica, microhidroeléctrica; ecotecnias, tecnologías apropiadas, reutilización, reciclaje y diseño de sistemas ahorradores.

d) Educación y cultura. Educación ambiental, hortalizas escolares, espíritu de arraigo, investigación acción participativa y educación para la paz.

e) Bienestar físico y espiritual. Parto en casa, muerte digna, yoga, disciplinas del cuerpo-mente-espíritu, medicina alternativa y complementaria.

f) Economía y finanzas. Sistemas locales de ahorro y préstamo, inversiones éticas, relocalización de comercio e intercambio, mercado de trueque y voluntariado.

g) Tenencia de la tierra y gobierno comunitario. Cooperativas de producción y consumo, eco-aldeas, comunidades sustentables, procesos participativos de toma de decisiones y resolución de conflictos.

Principios de la permacultura

Principio 1. Observar e interactuar. *La belleza está en los ojos del que la percibe*

Principio 2. Captar y almacenar energía. *Recoge el heno mientras brilla el sol*

Principio 3. Obtener un rendimiento. *No puedes trabajar con el estómago vacío*

Principio 4. Aplicar la autorregulación y aceptar la retroalimentación.

Las acciones de los padres afectan a los hijos hasta la séptima generación

Principio 5. Usar y valorar los servicios y recursos renovables.

Dejemos que la naturaleza siga su curso

Principio 6. No producir desperdicios.

Evitando producir residuos, se evita generar carencia. Más vale prevenir que curar

Principio 7. Diseñar desde los patrones hacia los detalles.

El árbol no deja ver el bosque

Principio 8. Integrar más que segregar. *Muchas manos aligeran el trabajo*

Principio 9. Usar soluciones lentas y pequeñas.

Cuanto más grande, más dura es la caída. Lento y seguro se gana la carrera

Principio 10. Usar y valorar la biodiversidad

No pongas todos tus huevos en la misma cesta

Principio 11. Usar los bordes y valorar lo marginal

No pienses que estás en el buen sendero sólo porque hay muchas pisadas

Principio 12. Usar y responder creativamente al cambio

La visión no es ver las cosas como son sino como serán

Finalmente la permacultura de Bill Mollison y David Holmgren a casi medio siglo de distancia, cobra vigencia con sus 12 principios en este año de 2020, y nos deja como reto que cumplir la cultura y la educación para que nuestra calidad de vida sea sustentable en el presente y el futuro.

V. REFLEXIONES FINALES

A manera de reflexiones finales y retomando los enunciados de Nieto *et al.* (2012), se puede decir que:

- 1. El conocimiento de la agricultura tradicional** es dinámico, se crea, revitaliza, innova, promueve y transforma con sus elementos ambientales, geográficos, etnográficos, culturales, sociales, económicos y políticos de su entorno. Tal es el caso de la asociación de cultivos o cultivos simultáneos de dos o más plantas en el mismo terreno que han funcionado como estrategias de sobrevivencia del indígena-campesino.

El conocimiento de este modelo de producción agrícola es holístico, dinámico y multifuncional, debido a que son personas quienes lo crean, apropian, transmiten y satisfacen necesidades biológicas, sociales, culturales, religiosas y económicas para la subsistencia de sus sociedades. Los actores poseen conocimientos sobre los recursos en cuatro dimensiones: geográfica que comprende aspectos de topografía, pendiente y clima; física que incluye minerales, suelos y agua; ecogeográfica que relaciona al tipo de vegetación y microhábitats; y biológica que sitúa plantas, animales, hongos y microorganismos. Pese a este conocimiento, y al amparo de la *Revolución Verde*, se impulsan paquetes tecnológicos basados en el uso intensivo de agroquímicos y sistemas de monocultivo, contrarios a la sustentabilidad del multicultivo indígena-campesino, representado por el sistema de cultivo tipo milpa.

El sistema milpero se centra en el maíz, acompañado de frijol, varias verduras entre ellas la calabaza; así como de diversos quelites con un promedio de diez plantas comestibles asociadas que cubren las necesidades de la familia de un año. Un ejemplo de este sistema se observa en algunas partes del sureste de México, además de tener un sistema productivo *tipo milpa*, también asocian la fauna silvestre como: tejones, ardillas, mapaches, tuzas, chachalacas, pericos y

serpientes. Su presencia es vital para la fisiología de la planta, y los campesinos-indígenas-productores consideran vital esta interacción. Un elemento importante en el sistema de milpa es la organización tradicional de la *mano vuelta*, propia de los grupos indígenas totonacos del Norte de Puebla, Veracruz y Tabasco, quienes dan un ejemplo de las relaciones de cohesión social e integración comunitaria. Así como de su sincretismo manifiesto en el adorno del altar, la bendición a la semilla, la festividad al dios del maíz y la Madre Tierra. Rituales, simbolismos y elementos sagrados en esa relación Hombre-Naturaleza donde está presente su identidad y cultura.

Por lo tanto, el cultivo de la milpa es importante, porque lo relacionan con los ciclos lunares; cuando la luna es nueva es débil y no es bueno sembrar. En la Sierra Norte de Puebla se tienen registradas más de setenta plantas que incluyen especies arbustivas y arbóreas cuyas hojas y tallos, y en ocasiones las inflorescencias inmaduras, se consumen como verdura. El conocimiento campesino-indígena-productor es holístico, multifacético y multifuncional, relacionado con distintos contextos históricos que en muchos casos predice el futuro de su entorno. La agricultura campesino-indígena-pequeño productor, juega un papel de retención social, aporte económico, contribuye a la sustentabilidad de la tierra y genera una diversidad cultural. Esta cultura ha aportado y enriquecido a la agricultura mundial una serie de productos y conocimientos tales como: el sistema milpa, la labranza cero, el manejo de las pendientes y los sistemas de riego. La sabiduría se refleja en la conservación comunitaria de las semillas de maíces en la región del Totonacapan entre los Totonacos de México. El conocimiento tradicional, por los aportes que ha dado a la agricultura mundial, tiene que revalorarse y protegerse a partir de los pueblos originarios y estar al nivel del conocimiento científico. Esto es posible si se logra un diálogo permanente intercultural, y un cambio del sistema económico dominante en el mundo actual.

2. La agricultura orgánica plantea una alternativa atractiva para los pequeños productores que tiene que ver con la demanda de productos orgánicos a futuro, y los métodos de producción saludable; proporcionan una perspectiva distinta, ya que generan una gran variedad de cultivos disponibles para la mesa de las familias mejorando su dieta. Además, el cultivo orgánico permite que los suelos desarrollen una capacidad mayor para su conservación y la del agua. La conversión a esta agricultura permite que los productores apliquen sus recursos y conocimientos locales, tradicionales y ancestrales (Björgum, 2010).

Pero, ¿qué se requiere para que la agroecología y la agricultura orgánica resurjan con mayor fuerza? Desde la visión, la experiencia de los productores tradicionales de todo el mundo y de quiénes la practicamos a menor y mayor escala, se requiere definir, establecer y actualizar políticas públicas que favorezcan estos modelos de producción de alimentos, que, dicho sea de paso, son limpios, éticos, viables ambiental, social y económicamente. Programas que apoyen con instalaciones el destino de las cosechas, sistemas frigoríficos de preservación y almacenamiento; pero de igual manera el procesamiento, envasado y etiquetado de los alimentos. Realizar los estudios de mercado pertinentes que exigen desde luego, alcanzar los estándares de alta calidad que se espera de la producción orgánica. Pero que tengan como antesala la disponibilidad de semillas orgánicas, insumos, infraestructura, maquinaria, equipos y especialistas que guíen el proceso de producción, comercialización, canales de distribución, rutas de consumo y financiación.

Se requiere este tipo de acompañamiento para impulsar la agricultura orgánica, como un modelo alternativo de producción de alimentos, frescos, sanos y seguros. Que a mediano y largo plazo desarrollen a comunidades de bajos y muy bajos recursos económicos de todo el mundo. Parte importante de la infraestructura sería un laboratorio de cultivo de tejidos para que las plántulas de cebolla, col, espinaca, acelga, coliflor, brócoli, jitomate, lechuga, chile, ejote, pepino, fresa, se germinen

como plántulas con la mejor calidad fitosanitaria libres de patógenos asegurando que desde la primera etapa de la vida de las plantas no estén afectadas de origen.

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

En relación con la maquinaria que se debe emplear, es deseable usar un pequeño tractor con rastra, subsoleador, sembradoras y encamadoras. Lo cual facilitará el trabajo en parcelas pequeñas e invernaderos, pues la preparación del suelo, las camas o surcos y la incorporación de los abonos es una tarea dura para un jefe de familia. Con el conocimiento del manejo del equipo y maquinaria pequeña evitamos el cansancio extremo, hacemos más eficientes las labores del campo y más atractiva esta actividad para los productores, pero, además la compactación del suelo es menor.

La agricultura orgánica es un sistema de producción viable en casi todos los climas de México; cuatro de los cinco grandes tipos de climas reconocidos por la clasificación de Köppen en el mundo se tienen en el país: tropical, seco, templado y continental; el polar quedaría descartado. También es posible considerar la mayoría de suelos para su producción, siempre y cuando se tengan en cuenta las enmiendas necesarias para mejorar continuamente su calidad. Por su proceso de producción limpio, eficiente, derivado de los conocimientos tradicionales y recursos

locales, este modelo debe tener mayor difusión entre los pequeños y grandes productores del mundo.

La agricultura orgánica (AO), nace como un modelo alternativo al modelo convencional de agricultura que se preocupa por preservar el ambiente. Se ha convertido en un modelo sustentable, holístico que integra todas las ciencias, particularmente las biológicas, pero humanísticas y económicas. Tiene la ventaja de contar con un marco de conocimientos sólidos, probado milenariamente a través de la experiencia ancestral de las culturas de todo el mundo y en nuestro continente, particularmente de Centro y Sudamérica; aunque es por demás resaltar las valiosas aportaciones de más de 60 culturas de México en la producción tradicional de sus cultivos asociados y policultivos o cultivos en relevo; así como de los cultivos en sustratos, y cultivos de agua, caso de las chinampas en el centro de la república mexicana, o el tradicional sistema de milpa en el sureste de México compuesto de frijol, maíz y calabaza.

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

Según Altieri (2004), el conocimiento tradicional campesino establece una relación compleja con el ambiente, la parcela agrícola y los propios campesinos generando un sistema socioecológico completo. La agroecología se lee en paralelo al surgimiento de la agricultura orgánica en los años 70 (Silva y Moore, 2017). Por un lado, la agroecología propone una visión distinta de un sistema técnico de agricultura orgánica que puede operar con la sustitución de insumos convencionales por insumos orgánicos. Según los defensores de la agroecología, la agricultura orgánica usa el mismo paradigma de la agricultura convencional, una monocultura dependiente de insumos certificados y mercantilizados. Según Altieri y Toledo (2011), la agricultura orgánica no cuestiona la naturaleza de las plantaciones de monocultivos, depende de insumos externos, sellos de certificación extranjeros y caros, o sistemas de comercio justo destinados sólo a la agroexportación, ofreciendo poco a los pequeños

agricultores que, a su vez dependen de insumos externos y de mercados volátiles y como lo demostrarán Silva y Moore (2017), hay una relación paralela entre la agroecología y la agricultura orgánica: la agricultura orgánica en sus raíces promueve una visión compleja entre el sistema natural, la preservación de los suelos, y la producción agrícola.

La agricultura orgánica se beneficia de más estándares oficiales que la agroecología. Los principios de la agricultura orgánica pueden aproximarse a la visión de la agroecología, pero la realidad de sus prácticas las aleja una de la otra en algunos aspectos. Los defensores de la agroecología subrayan los riesgos de la dependencia de los campesinos hacia los mercados de insumos o semillas y mercado de certificación ocurridos en los sistemas de agricultura orgánica (Van der Ploeg, 2012).

En contraste, la agroecología no tiene reconocimientos institucionalizados y principios traducidos en normas precisas e incluidas en procedimientos de certificación como la agricultura orgánica. La agroecología se caracteriza por una multiplicidad de temas asociados al conocimiento local, tradicional e indígena, género, soberanía alimentaria y economía solidaria. Sus temas asociados la consideran un conjunto de prácticas, productos con perspectiva local de cambio del uso de tierra, y una transición del sistema alimentario en la escala de un territorio (Wezel *et al.*, 2016).

En esta consideración, la agroecología es un modelo de desarrollo sustentable y sostenible para el futuro del planeta a través de una vida sana, segura y saludable de sus moradores.

V. BIBLIOGRAFÍA

- Alcorn, J. B. (1984). *Huastec Mayan Ethnobotany*. Austin: Univ. Texas Press.
- Altieri, M. A. (2004). Linking Ecologists and Traditional Farmers in the Search for Sustainable Agriculture Frontiers in *Ecology and the Environment*, 2(1):35-42.
- Altieri, M. A. A. and O. Masera. (1993). Sustainable rural development in Latin America: building from the bottom up. *Ecological Economics* 7:93-121.
- Altieri, M. A., and L. C. Merrick. (1987). In situ conservation of crop genetic resources through maintenance of traditional farming systems. *Economic Botany* 41(1):86-96.
- Altieri, M. A., P. B. Martin, and W. J. Lewis. (1983). A quest for ecologically based pest management systems. *Envir. Manag.* 7:91-100.
- Altieri, M. A., y Toledo, V. M. (2011). The agroecological revolution in Latino américa: rescuing nature, ensuring food sovereignty and empowering peasants. *Journal of Peasant Studies*, 38(3):587-612. doi:10.1080/03066150.2011.582947
- Altieri, M.A. (2018). *Agroecology: the science of sustainable agriculture*. 2a. Ed. Published by CRC Press Taylor & Francis Group, NY, USA.419pp
- Altieri, M.A.; Nicholls C.I. (2007). Conversión agroecológica de sistemas convencionales de producción: teoría, estrategias y evaluación. En *Ecosistemas* 16(1):3-12. Disponible en: <http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=457>. Consultado 17/06/2020
- Antoniou, M., Brack, P., Carrasco, A., Fagan, J., Habib, M., Kageyama, P., Leifert, C., Onofre Nodari, R., y Pengue, W. (2010). Soja transgénica. ¿Sostenible? ¿Responsable? GLS bank. En http://www.gmwatch.org/files/GMsoy_Sust_Respons_SUMMARY_SPA_v1.pdf. Consulta 08/09/2020.
- Armenta-Bojórquez, Adolfo Dagoberto; García-Gutiérrez, Cipriano; Camacho-Báez, J. Ricardo; Apodaca-Sánchez, Miguel Ángel; Gerardo-Montoya, Leobardo; Nava-Pérez, Eusebio. (2010). Biofertilizantes en el desarrollo agrícola de México. *Ra Ximhai* 6 (1):51-56. Universidad Autónoma Indígena de México El Fuerte, México Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46112896007>. Consulta 29/11/2020.
- Barrales, D.J.S. (1998). Perspectiva de la educación agrícola superior en la Universidad Autónoma Chapingo para el tercer milenio. En: *Memorias del III Foro Nacional sobre Agricultura Orgánica*. Consejo Estatal de Promoción Económica del Gobierno del Estado de Jalisco, Universidad de Guadalajara y Consejo Nacional Regulador de la Agricultura Orgánica. Guadalajara, Jalisco, México. Del 5 a 7 de noviembre de 1998.
- Bartlett, P.F. 1980. Adaption strategies in peasant agricultural production. *Ann. Rev. Anthropol.* 9:545-573.
- Bautista-Calles, J., García-Espinoza, R., Pérez-Moreno, J., Zavaleta-Mejía, E., Montes-Belmont, R., y Ferreira-Cerrato, R. (2008). Inducción de supresividad a

fitopatógenos del suelo. Un enfoque holístico al control biológico. *Inverciencia* 33:96-102.

- Bravo, M. E., Domínguez, D., Sabatino, P., Centurión Mereles, H., Rodríguez, J., Poth, C. M., y Bravo, A. L. (2010). Los señores de la soja: la agricultura transgénica en América Latina. Buenos Aires: Clacso.
- Brush, S.B., Carney, J.J., and Huaman, Z. (1981). Dynamics of Andean potato agriculture. *Econ. Bot.* 35:70-88.
- Bjørgum, C. (2010). “Extensión de la agricultura orgánica en el nordeste del Brasil, la mitigación del cambio de clima y una nueva visión geográfica” en *Desafíos de la globalización a los sistemas agroalimentarios en América Latina*. Julio Prudencio Bohrt. Edit. La Paz, Bolivia. 55-64 pp.
- Capistrán, F., Aranda, D., y Romero, J.C. (2004). Manual de reciclaje, compostaje y lombricomposta. Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, Veracruz, México. p.155.
- Casas, A. y Moreno, A.I. (2014a). Seguridad alimentaria y cambio climático en América Latina en LEISA, revista de agroecología vol. 30, No. 4. Lima, Perú. 42 p. Disponible en <http://www.leisa-al.org/web/images/stories/revistapdf/vol30n4.pdf>. Consulta 11/10/ 2020.
- Casas, J., y Blancas, A. Adriana Otero-Arnaiz, Jeniffer Cruse-Sanders, Ana Isabel Moreno, Andrés Camou, Fabiola Parra, Susana Guillén, Mariana Vallejo, Ignacio Torres, América Delgado, Selene Rangel (2014b). “Manejo y domesticación de plantas en Mesoamérica”. En XI Congreso Latinoamericano de Botánica: organizadores: Tania Regina dos Santos Silva et, al., Sociedad Botánica de Brasil. Bahía, Brasil. 604 pp.
- Chacón Sánchez, María Isabel. 2009. Darwin y la domesticación de plantas en las américas: El caso del maíz y el frijol. *Acta Biológica Colombiana*, vol. 14, 2009, pp. 351-363 Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá, Colombia. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=319028030030>. Consulta 14/03/2020.
- Chambers, R. (1983). *Rural Development: Putting the Last First*. London: Longman.
- Christianty, L., O.S. Abdoellah, G. G. Marten, and J. Iskander. (1985). “Traditional agroforestry in West Java: the Pekarangan (home garden) and Kebun-Talun (Annual perennial rotation cropping systems)”. In: *Traditional Agriculture in Southeast Asia: A Human Ecology Perspective*. G. Marten, ed. Boulder: Westview Press.
- CIMMYT. (2017). Edificio Principal del CIMMYT en Texcoco, México. Imagen jpg en <https://www.ecured.cu/Archivo:Cimmyt-sede.jpg>. Consulta 10/11/2020
- Cleaver, H. (1972). The contradictions of the Green Revolution. *The American Economic Review* 62:177-186.
- Coolsaet, B. (2016). Towards an agroecology of knowledges: Recognition, cognitive justice and farmers’ autonomy in France. *Journal of Rural Studies* 47:165-171.

- Cruz, G. (2009). Manejo de suelos en condiciones de escasez de agua. Universidad politécnica de Valencia.Valencia, España. Disponible en <http://dialnet.unirioja.es/download/articulo566691.pdf>. Consulta 29/10/2020.
- Daqui, N.C., Leblanc, H.A., y Russo, R.A. (2007). Distribución espacial de carbono, nitratos y amonio en estructuras biogénicas en un bosque secundario de la región tropical húmeda de Costa Rica. *Tierra Tropical* 3:12-25.
- De la Cruz, R.R.A. 2005. Aprovechamiento de residuos orgánicos a través de composteo y lombricomposteo. Disponible en: [http://www.uaaan.mx/academic/horticultura/memhortos/aprov-residuos .pdf](http://www.uaaan.mx/academic/horticultura/memhortos/aprov-residuos.pdf). Fecha de consulta: 15/06/ 2020.
- Domínguez, J., Aira, M., y Gómez-Brandon, M. (2009). El papel de las lombrices de tierra en la descomposición de la materia orgánica y el ciclo de nutrientes. *Ecosistemas* 18:20-31.
- Ebel, R. J. G. Pozas Cárdenas, F. Soria Miranda y J. Cruz González. (2017). Manejo orgánico de la milpa: rendimientos de maíz, frijol y calabaza en monocultivo y policultivo. *Terra Latinoamericana* 35:149-160.
- Egger, K. (1981). Ecofarming in the tropics characteristics and potentialities. *Plant Res. and Dev.* 13:96-106.
- Erenstein, O., (2002). Acolchado de residuos de cultivos en países tropicales y semitropicales: una evaluación de la disponibilidad de residuos y otras implicaciones tecnológicas. *Investigación de suelos y labranza* 67, 115-133.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2010). Biopreparados para el manejo sostenible de plagas y enfermedades en la agricultura urbana y periurbana. FAO-IPES. Lima, Perú. 94 p.
- Felicien, A. 2016. “Historia de las leyes de semillas y la modernidad en la agricultura” en *Semillas del pueblo*. Ed. Estrella Roja, Venezuela 243 p.
- Ferro, E. M., Valdés R. J., Chirino, E., Márquez, M., Suárez, Y., Ríos, C. H. y Alfaro, F. (2008). Entendiendo el sistema informal de semilla de maíz cubano. La selección de variedades de maíz (*Zea mays* L.) por campesinos de La Palma, Pinar del Río. *Cultrop*. En: <http://scielo.sld.cu/scielo>. Consulta 11/08/ 2020.
- Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA). (2004). Agricultura orgánica. Una oportunidad de negocios sustentable para el sector agroalimentario mexicano. Boletín Informativo. No. 321, Tomo I, Vol. XXXVI. Banco de México; Morelia, Michoacán, México. 120 p.
- Flores, E., Moreno, H., Figueroa, U., y Potisek, M. del C. (2014). Disponibilidad de nitrógeno y desarrollo de avena forrajera (*Avena sativa* L.) con aplicación de biosólidos. *Terra Latinoamericana*. 32 (2):99-105. Consulta 28/12/2020. en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57331299002>
- Flórez, J. 2009. *Agricultura Ecológica*. Ed. Mundi-Prensa, Madrid. 395 p.

- Francis, C.A., Flor CA, Templo, S.R. (1976). Adaptación de variedades para sistemas de cultivos intercalados en los tropicos. *In: Multiple Cropping*. R. I. Papendick, P. A. Sánchez, and G. B. Triplett, eds. Wisconsin: Publ. 27. Amer. Soc. Agron. pp. 235-254. Publicado en línea: 26 de octubre de 2015. <https://doi.org/10.2134/asaspecpub27.c12>. Consulta 15/11/2020
- Gaines, T., Cripps, A., and Powles, S.B. (2012). Evolved resistance to glyphosate in junglerice (*Echinochloa colona*) from the tropical Ord river region in Australia. *Weed Technology*. En <http://www.bioone.org/doi/abs/10.1614/WT-D-12-00029.1>. Consulta 02/08/2020.
- Gliessman, S.R. (1990). *Agroecology: Researching the Ecological Basis for Sustainable Agriculture*. Ecological Studies 78. New York: Springer Verlag.
- Gliessman, S.R. (2002). *Agroecología: Procesos ecológicos en agricultura sostenible*. CATIE. Turrialba, Costa Rica.
- Gliessman, S.R., Garcia, E.R., and Amador, A. M. (1981). The ecological basis for the application of traditional agricultural technology in the management of tropical agro-ecosystems. *Agro ecosystems* 7:173-185.
- Gómez Hernández, J. (2020). *Alta Productividad del Híbrido de Maíz- Ceres Niebla- en el Municipio de Jiquipilco, Estado de México: 2014-2019*. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, México. 141pp.
- Gómez, M.G.L. (2000). *Agricultura orgánica de México*. Universidad Autónoma Chapingo; Chapingo, Texcoco, México, México. pp. 9-28.
- Gómez, T.L., Gómez, C.M.A., y Schwentesius, R.R. 2004. La producción hortícola orgánica, una alternativa viable. *De Riego* 13:8-13.
- González, I.J. (2005a). Los tianguis orgánicos. *Cultura orgánica. Agro-Síntesis* 10:5-44.
- González, I.J. (2005b). *Producción orgánica. Hortalizas Flores y Frutas* 12:6-36.
- Grain (2013). *Leyes de Semillas en América Latina: una ofensiva que no cede y una resistencia que crece y suma (informe)*. A Contrapelo. En <https://www.grain.org/es/article/entries/4801-leyes-de-semillas-en-america-latina-una-ofensiva-que-no-cede-y-una-resistencia-que-crece-suma>. Consulta. 29/03/2020.
- Granados-Sánchez, D; López-Ríos, G., y Gama-Flores, José Luis. (2001). *Interacciones ecológicas de las plantas*. UACH. Chapingo, México. 227pp.
- Gras, C. y Hernández, V. (coords.) (2013). *El agro como negocio: producción, sociedad y territorios en la globalización*. Buenos Aires, Argentina: Ed. Biblos.
- Gutiérrez, M., Villa, F., Cotrina, F., Albalat, A., Macua, J., Romero, J., Sanz, J., Uribarri, A., Sábada, S., Aguado, G., y del Castillo, J. (2003). *Utilización de los plásticos en la horticultura del valle medio del Ebro*. Dirección General de Tecnología Agraria. Informaciones técnicas. España. 20pp.

- Harlan J.R. (1995). *The living fields: our agricultural heritage*. Cambridge: Cambridge University Press. 271pp.
- Harlan, J. R. (1976). Genetic resources in wild relatives of crops. *Crop Sci.* 16:329- 333.
- Harwood, R. R. (1979). *Small Farm Development Understanding and Improving Farming Systems in the Humid Tropics*. Boulder: Westview Press.160pp.
- Hastorf Christine A. 2009. Río Balsas la región más probable para la domesticación del maíz. *PNAS* 106(13):4957-4958. En: <https://doi.org/10.1073/pnas.0900935106>. Consulta 11/03/2020.
- Hernández, C.I., y Contreras, J.C. 2019. Evaluación de tres biofertilizantes en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.). Tesis de Ingeniero Agrónomo en Floricultura y Fitotecnia. Campus Universitario El Cerrillo, Toluca, México, México. 82 p.
- Hoitink, H.A.J., Stone, A.G., and Han, D.Y. 1997. Supresión de enfermedades de plantas mediante compost. *Agronomía Costarricense* 21:25-33.
- Holmgren, David. 2007. *La esencia de la Permacultura*. Versión en español. Victoria, Australia. En <http://www.holmgren.com.au> Consulta 15/12/2020.
- Holt-Giménez, E., Altieri, M. A., y Rosset, P. (2006). Ten Reasons Why the Rockefeller and the Bill and Melinda Gates Foundations' Alliance for Another Green Revolution Will Not Solve the Problems of Poverty and Hunger in Sub-Saharan Africa. *Food First, Institute for Food and Development Policy* 12:1-12.
- Ikerd, J. (2011). *The economics of sustainable Agriculture*. Resumen de conferencia científica. Universidad de Missouri. Estados Unidos. Disponible en [http://web.missouri.edu/ikerdj/papers/Wisconsin Grazing- Eco Sus Ag.htm](http://web.missouri.edu/ikerdj/papers/Wisconsin%20Grazing-EcoSusAg.htm) Consultado 13/12/2020.
- Intagri. 2019. Micorrizas, los biofertilizantes del futuro que vienen del pasado. Disponible en: <http://agtechamerica.com/micorrizas-los-biofertilizantes-del-futuro-que-vienen-del-pasado/>. Consultado 20/11/2020.
- Interempresas.net. 2020. Foto de acolchado plástico de lechuga. Disponible en <https://www.interempresas.net/Plastico/Articulos/253793-Siguen-las-iniciativas-de-uso-de-acolchado-biodegradable-en-Espana.html>. Consultado 06/12/2020
- Internatiocnal Society of Arboriculture ISA, (2009). Técnicas apropiadas para aplicar el mulch. Disponible en http://www.isahispana.com/treecare/resources/mulching_spanish.pdf. Consultado 01/07/2020.
- Irizar Garza, MBG, L. González Molina, B.S. Larqué Saavedra, G. Martínez Trejo, M., Díaz, V., y Muñiz, É. (2015). Uso de micorrizas y abonos orgánicos en el cultivo de maíz. INIFAP-Centro de Investigación Regional del Centro Campo Experimental Valle de México. Folleto Técnico. Núm. 65 Texcoco, Méx. 37pp.
- Jacobsen, S.E., Sørensen, M., Pedersen, S.M., and Weiner, J. (2013). Feeding the world: genetically modified crops versus agricultural biodiversity. *In: INRA.*

- Agronomic Sustainable Development. En http://www.ensser.org/fileadmin/files/2013_Jacobsen-etal.pdf. Consulta 21/03/2020.
- Jeria, M., y Vicente, L. (eds.) (2014). *Leyes de semillas y otros pesares. Los pueblos de América Latina las cuestionan e impugnan*. Barcelona, España. Disponible en <https://www.grain.org/es/pages/organisation>. Consulta 23/03/2020.
 - Juan Pérez, J. I. Monroy Gaytán, José Francisco, Gutiérrez Cedillo, Jesús Gastón, Némiga, Xanat Antonio, Balderas Plata, Miguel Ángel (2009). Los sistemas de barrancos mexicanos, un recurso potencial para el turismo alternativo. El caso de los Barrancos del río Calderón, Estado de México. *El Periplo Sustentable*, [S.l.], n. 17, p. 31-54, jul. Disponible en: <<https://rperiplo.uaemex.mx/article/view/5034>>. Acceso: 04/06/2020.
 - Juan, J.I., y Pozas, J.G. (2018). Procesos agrícolas sustentados en servicios ecológicos y manejo de recursos naturales en una comunidad del subtrópico mexicano. En: L. Reyes, J. M. Pérez y S. Moctezuma. (Ed.), "Sistemas agrícolas tradicionales. Biodiversidad y cultura." México: El Colegio Mexiquense, A. C., pp. 203-234.
 - Kaiser, G. (2013). Las semillas como patrimonio común protegido. *Ecología Política, Revista Bimestral*. No. 45. Coed. Fundación ENT e Icaria Editorial. Barcelona, España.p.48-56. Disponible en <https://www.ecologiapolitica.info/?p=917>. Consultado 09/04/2020.
 - Knight, C.G. (1980). *Ethnoscience and the African farmer: rationale and strategy*. In: *Indigenous Knowledge Systems and Development*. D. Brokenshaw et al., ed. Maryland: Univ. Press of America.
 - Kolmans, E. & Vásquez, D. (1999). *Manual de Agricultura Ecológica. Una introducción a los principios básicos y su aplicación*. Grupo de Agricultura Orgánica de la Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales (ACTAF). 2da edición. La Habana cuba. 117-122 pp.
 - Kulikov, A. (2005). Genetically modified organisms and risks of their introduction. *Russian Journal of Plant Physiology* 52. Recuperado de <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11183-005-0015-8#page-1> Manifiesto de las Américas (2006). Curitiba, Brasil, 20 de abril de 2006. En <http://www.voltairenet.org/article138190.html> Consultado 12/04/2020.
 - Laboratorio de Fitopatología. (2019). *Dictamen de diagnóstico fitosanitario*. Universidad Autónoma del Estado de México, Facultad de Ciencias Agrícolas. Toluca, México, México.
 - Laboratorio de Suelos. (2019). *Reporte de resultados*. Universidad Autónoma del Estado de México, Facultad de Ciencias Agrícolas. Toluca, México, México.
 - Lagunas, H., y Montes de Oca, A. (2015). "Las haciendas del Valle de Toluca y su contexto político-social siglo XIX" en *Temas de Historia y Discontinuidad Sociocultural en México*. P.43-65. Disponible en <http://ri.uaemex.mx/>. Acceso 19/05/2020.

- Lattud, C., Locati, S., Mora, P., Rouland, C., y Lavelle, P. (1998). The diversity of digestive systems in tropical geophagous earthworms. *Applied Soil Ecology* 9:189-195.
- Lavelle, P., and Spain, A.V. (2001). *Soil ecology*. Kluwer Academic Publishers; London, UK.
- Leal GR, (2007). Influence of Reflective Mulch on Pinot noir Grape and Wine Quality. Master of Applied Science, Lincoln University. New Zealand.
- Llamas A. y E. Treviño Arjona. 2004. "Aprovechamiento de biosólidos como una fuente de energía ecológica". *Transferencia.Publicación trimestral*. Año 16. No.68. Monterrey, Nuevo León, México., en <https://repositorio.tec.mx/bitstream/handle/11285/572842/>. Consulta 12/12/20.
- López-Martínez, J. D., Díaz-Estrada, A., Martínez-Rubín, E., y Valdez-Cepeda, R.D. (2001). Abonos orgánicos y su efecto en propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento en maíz. *Terra Latinoamericana* 19:293-299
- Lores, M., Gómez-Brandon, M., Pérez-Días, D., and Domínguez, J. (2006). Using FAME profiles for the characterization of animal wastes and vermicomposts. *Soil Biol. Biochem.* 38:2993-2996.
- Maldonado-Koerdell, M. (2008). "Estudios etnobiológicos. Definición, relaciones y métodos de la etnobiología" en *La etnobotánica: tres puntos de vista y una perspectiva*. Alfredo Barrera, Editor. 11ava. reimpresión, UACH. Chapingo, México. Disponible en <https://www.caja-pdf.es/2017/09/04/2la-etnobotanica-tres-puntos/2la-etnobotanica-tres-puntos.pdf>. Consulta 23/12/2020.
- Matsuoka Y, Vigouroux Y, Goodman MM, Sanchez GJ, Buckler E, Doebley J. (2002). A single domestication for maize shown by multilocus microsatellite genotyping. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 99:6080-6084.
- McDowell, R. E., and P. E. Hildbrand. (1980). *Integrating Crop and Animal Production: Making the Most of Resources Available to Small Farmers in Developing Countries*. New York: Rockefeller Foundation.
- Méndez, R. 2017. *Cultivos Orgánicos*. 3ª. Ed. ECOEDICIONES. Bogotá, Colombia. 171pp.
- Merola de Carvalho J. O. (2015). *Ecocarpio: semilla de una experiencia en transición agroecológica endógena hacia la soberanía alimentaria*. Tesis de Maestría. Universidad de Córdoba, España. 210pp.
- Millman, S., Aronson, S., Fruzzetti, L., Hollos, M., Okello, R., y Whiting Jr, V. (1990). Organization, information, and entitlement in the emerging global food system. *Hunger in history: Food shortage, poverty and deprivation*, 307-330.
- Mora, F. 1994. Algunas consideraciones para la producción orgánica de hortalizas. *Agronomía Mesoamericana*. 5. 1994,171-183. Universidad de Costa Rica. Costa Rica. Disponible en http://www.mag.go.cr/rev_meso/v05n01_171.pdf. Consultado 28/12/2020.

- Naban, G. P. (1983). Papago Indian Fields: Arid Lands Ethnobotany and Agricultural Ecology. Unpublished Ph.D. Diss. Univ. Arizona, Tucson.
- Nieto Baltazar, Fabián Javier y Sámano Rentería, Miguel Ángel. (2012). "Agricultura y conocimiento tradicional del Totonacapan" en Los recursos naturales suelo, agua y biodiversidad: propuestas para su aprovechamiento y conservación. Mario Valadez Ramírez, Rolando Blas Sánchez, Juan Contreras Ramos, Grisdolí Ancheyta Morales, Javier Zaragoza Ortega, Marilia Pérez Juárez (Coordinadores). 2012. Ed. Altres Costa-Amic. Puebla, México. 274 p.
- Obón, C.y Diego Rivera. 2005. "Origen y conservación de las plantas cultivadas: la agrobiodiversidad en la cuenca del río Segura (España)" en Recursos Rurais (2005) Vol1 nº 1: 51-59 IBADER: Instituto de Biodiversidade Agraria e Desenvolvimento Rural.
- Odum, P.E. y Gary W. Barrett, M. T. Aguilar, (2006). Fundamentos de ecología. México. Thomson, 5ª. Ed.596pp.
- Ottmann, G. (2005). Agroecología y Sociología Histórica desde Latinoamérica. Madrid: Mundi-Prensa. 224 p.
- Palacios, S. 2007. Convencional vs Orgánico ¿Quién gana? Cultura Orgánica. Julio- Agosto. Agro- Síntesis. S. A dé. C. V. México, D. F. pp. 8-12.
- Patel, R. (2013). The Long Green Revolution. Journal of Peasant Studies, 40(1):1-63.
- Patiño Flota, E. y Ma. de Jesús Espinoza Villela. (2015). Ley Agraria del 6 de enero de 1915: Semilla de la propiedad social y la institucionalidad agraria en México. SEDATU. México. 39 p., en www.pa.gob.mx/publica/rev_58/analisis/ley. Consulta julio de 2020.
- Pérez, A., Céspedes, C., y Núñez, P. (2008). Caracterización física-química y biológica de enmiendas orgánicas aplicadas en la producción de cultivos en República Dominicana. Journal of Soil Science and Plant Nutrition 8:10-29.
- Pérez, C.G. (2005). Evaluación del almácigo y trasplante de espinaca japonesa en cepellón de tierra con distintas dosis de estiércol en invernadero. Tesis de Grado. UMSA Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. pp. 11-17.
- Piperno DR, Flannery KV. (2001). The earliest archaeological maize (*Zea mays* L.) from highland Mexico: New accelerator mass spectrometry dates and their implications. Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 2001:98.
- Piperno DR, Ranere AJ, Holst I, Iriarte J, Dickau R. (2009). Starch grain and phytolith evidence for early ninth millennium B.P. maize from the Central Balsas River Valley, Mexico. Proc Natl Acad Sci U S A. 106:5019-5024.
- Posey, D. (1986). An ethnoentomological survey of Brazilian Indians. J. Ethnobiology. 6:32-38.
- Pozas-Cárdenas, J.G. 2016. El impacto de las políticas públicas ambientales y sus alternativas estratégicas en Ciudad Universitaria "Cerro de Coatepec" de la Universidad Autónoma del Estado de México. CPEM. Tesis de Doctorado, Naucalpan, Estado de México. 193 p.

- Red de Especialistas en Agricultura REA. (2016). El rol de los nutrientes en la resistencia a enfermedades de las plantas. Disponible en agriculturers.com
- Restrepo, J. (2007). Manual práctico: El A, B, C de la agricultura orgánica y harina de rocas. Servicio de Información Mesoamericano sobre Agricultura Sostenible (SIMAS). Managua, Nicaragua. 262 p.
- Reyes, C. P. (1981). El maíz y su cultivo; Historia de la Agricultura, información y síntesis. Editorial AGT Editor, México. 295 p.
- Richert A, R Gensch, H Jönsson, TA Stenström. (2010). Guía Práctica de Uso de la Orina en la Producción Agrícola. Serie EcoSanRes: 2011-2. En diva-portal.org. Consultado 02/11/2020.
- Ruiz, F.J.F. (1999). La agricultura orgánica como una biotecnología moderada y ética en la producción de alimentos. En: Memorias del IV Foro Nacional sobre Agricultura Orgánica. Colegio de Postgraduados, Universidad Autónoma Chapingo y Consejo Nacional Regulador de la Agricultura Orgánica. Montecillo, México, México. Del 8 al 10 de noviembre de 1999.
- Ruthenberg, H. (1971) Farming Systems of the Tropics. London: Oxford Univ. Press. 287pp.
- Salazar Sosa, E., C. Vázquez Vázquez, H. Idilio Trejo Escareño, O. Rivera Olivas. (2003). Aplicación, manejo y descomposición del estiércol de ganado bovino. En: Agricultura Orgánica / editores. Enrique Salazar Sosa (et al.), Gómez Palacio, México, Facultad de Agricultura y Zootecnia de la UJED, Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, COCyTED. 271 p.
- Saldaña, T. (1983). "Historia de la Agricultura en México" en Tercer Taller Latinoamericano de Prevención de Riesgos en el Uso de Plaguicidas. Xalapa, Veracruz. 39 p. Disponible en pdf en <https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2017/Historia-de-la-agricultura-en-mexico>. Consulta 01/07 2020.
- Santilli, J. (2012). Agrobiodiversidad y derecho: regulación de los recursos genéticos, seguridad alimentaria y diversidad cultural. Londres: Earthscan. Revista Internacional de los Comunes 6(2):27-35.
- Santos, A.T. (2013). Abonos orgánicos. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación. México. Disponible en: <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasCOUSSA/Abonos%20organicos.pdf>. Consultado: 21 de marzo de 2020.
- Schönning, C. y Thor Axel Stenström. (2004). Lineamientos para el Uso Seguro de la Orina y de las Heces en Sistemas de Saneamiento Ecológico. Programa EcoSanRes y del Instituto Ambiental de Estocolmo. Reporte 2004-1. Estocolmo, Suecia.
- Sevilla Guzmán, E. (2000). "Aspectos teóricos de la agroecología" en Introducción a la agroecología como desarrollo rural sostenible. Madrid: Mundi Prensa. 232pp.
- Sevilla Panizo, R. y Holle Ostendorf, M. (2004). Recursos genéticos vegetales. Lima: Luis León Asociados S.R.L Ed.

- Shiva, V. (2013). The law of the seed. India: Navdanya International. 41 p. en <https://navdanyainternational.org/wp-content/uploads/2013/05/lawofseed.pdf>. Consultado 05/05/2020.
- Silva, E.M., and Moore, V.M. (2017). Cultivos de cobertura como práctica agroecológica en granjas de hortalizas orgánicas en Wisconsin, EE. UU. *Sustainability (Switzerland)*, 9(1): 55; <https://doi.org/10.3390/su9010055>. Consultado 20/10/2020.
- Thurston, H. D. (1991). *Sustainable Practices for Plant Disease Management in Traditional Farming Systems*. Boulder: Westview Press.
- Toledo, V.M. (2012). La agroecología en latinoamérica: Tres revoluciones, una misma transformación. *Agroecología* 6:37-46.
- Toledo, V.M., y Barrera-Bassols, N. (2009). La memoria biocultural. La importancia ecológica de las sabidurías tradicionales. Icaria; Andalucía, España. En: <https://paginas.uepa.br/herbario/wpcontent/uploads/2017/12/lamemoriabiocultural.pdf>. Consultado 16/06/ 2020.
- Toledo, V. M., J. Carabias, C. Mapes, and C. Toledo. (1985). *Ecología y Autosuficiencia Alimentaria*. México. Siglo Veintiuno Ed. 108pp.
- Trinidad, S.A. (2002). *Abonos orgánicos*. Secretaría de Agricultura Ganadería y Desarrollo Rural, Subsecretaría de Desarrollo Rural, Dirección General de Desarrollo Rural, Colegio de Postgraduados. Montecillos, México. <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasCOUSSA/Abonos%20organicos.pdf>. Consultado 20/02/2020.
- Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia UNICEF. (2008). *Los pueblos indígenas en América Latina*. En: http://www.unicef.org/lac/pueblos_indigenas.pdf. Consultado 15/05/2020.
- Van der Ploeg, J.D. (2012). The drivers of change: the role of peasants in the creation of an agro- ecological agriculture. *Agroecología* 6:47-54.
- Vanhaute, E. (2011). From famine to food crisis: what history can teach us about local and global subsistence crises. *J. Peasant Stud* 38(1):47-65.
- Vía Campesina Internacional y Grain (2015). *Las leyes de semillas que criminalizan campesinas y campesinos. Resistencias y luchas*. En <http://www.viacampesina.org/es/images/stories/pdf/Seed%20laws%20booklet%20ES%202.pdf>. Consultado 04/05/2020.
- Wan Ho, M. (2005). Scientists confirm failures of Bt-Crops. Northwest Resistance Against Genetic Engineering. En <http://nwrage.org/content/scientists-confirm-failures-bt-crops>. Consultado 30/05/2020.
- Wezel, A., y Soldat, V. (2009). A quantitative and qualitative historical analysis of the scientific discipline of agroecology. *International Journal of Agricultural Sustainability* 7(1):3-18. Consulta 16/04/2020.
- World Health Organization WHO. (2003). *Guidelines for the safe use of wastewater and excreta in agriculture and aquaculture*. World Health Organization, Geneva, Switzerland.

- Wikipedia. Org, 2020. Foto de la fijación de N₂ por Rizobium en leguminosas. En <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=80370564>. Consulta 28/11/2020.
- Wilkes, H.G. (1977). Hybridization of maize and teosinte in México and Guatemala and the improvement of maize. *Econ. Bot.* 31: 254- 293.
- Yee Wha, J.E. Fortis, M., y Salazar, E. (2003). “Desarrollo humano para una agricultura orgánica” en *Agricultura Orgánica*. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, COCyTED. Facultad de Agricultura y Zootecnia de la UJED, Gómez Palacio, México. pp. 1-17.
- Zhang, Q., Tao, I., M., Inosako, K., Irshad, M., Kondo, K., Qiu, G. Yu y Wang, S. Ping. (2008). Efecto mejorador del acolchado sobre la eficiencia del uso del agua de la acelga y la acumulación de sal bajo riego con solución salina. *Revista de Alimentación, Agricultura y Medio Ambiente* 6:480-485.
- Zribi, W., Faci González, J.M., & Aragüés Lafarga, R. (2011). Efectos del acolchado sobre la humedad, temperatura, estructura y salinidad de suelos agrícolas. *Separata ITEA* 107(2):148-162. Disponible en <http://hdl.handle.net/10532/1796>. Consulta 11/11/2020.