

SEDATU

SECRETARÍA DE
DESARROLLO AGRARIO,
TERRITORIAL Y URBANO



PROCURADURÍA
AGRARIA

Autogestión productiva y *sustentabilidad agraria*



AUTOGESTIÓN PRODUCTIVA Y SUSTENTABILIDAD AGRARIA



Autogestión productiva y sustentabilidad agraria

Primera edición: diciembre de 2015

D.R. © Procuraduría Agraria
Motolinía 11, Col. Centro, CP 06000
Ciudad de México
ISBN: 978-607-7540-02-1

Dirección General de Estudios y Publicaciones
Cinco de mayo núm. 19, 6° piso, Col. Centro, CP 06000
Ciudad de México

En congruencia con la cultura de la legalidad y pluralidad, en la Procuraduría Agraria se respeta la libre expresión de las ideas, por lo que el contenido y opiniones de los autores de los capítulos, así como su posición ideológica, es su responsabilidad.

ÍNDICE

Introducción	5
I. Autogestión productiva para el desarrollo agrario en México (opciones para la economía familiar indígena y campesina) GERARDO GÓMEZ GONZÁLEZ	11
II. Caracterización del suelo NICOLÁS CERDA RUIZ	27
III. Etnoedafología y clasificación campesina del suelo BONIFACIO ORTIZ VILLANUEVA CARLOS ALBERTO ORTIZ SOLORIO	45
IV. Aprovechamiento de los residuos orgánicos para la sustentabilidad agrícola y la protección ambiental JUAN VIDAL BELLO MARGARITA VALDÉS HERNÁNDEZ ADRIANA MENDOZA TOBON	69
V. Nutrición de cultivos sin suelo RANFERI MALDONADO TORRES MARÍA EDNA ÁLVAREZ SÁNCHEZ	103
VI. Bases para la ecointensificación agrícola GERARDO NORIEGA ALTAMIRANO VALENTÍN REYES ARIAS MIGUEL ÁNGEL VERGARA SÁNCHEZ FRANCISCO RODRÍGUEZ NEAVE	147
VII. Sistemas de captación y uso integral del agua SAMUEL ESCOBAR VILLAGRÁN	177
VIII. Alternativas preventivas y de control de plagas y enfermedades en las plantas JESÚS JESÉ CORRAL MARTÍNEZ	211

IX. Introducción a la agrohomeopatía. Una alternativa de vida para el productor agropecuario FELIPE DE JESÚS RUIZ ESPINOZA	231
X. Agroecología como una alternativa de seguridad alimentaria para las comunidades indígenas MIGUEL ÁNGEL SÁMANO RENTERÍA	293
XI. Granja integral familiar SAMUEL JAIME ÁLVAREZ MERINO	311
XII. Establecimiento y producción de cultivos forrajeros para valles altos centrales de México BALDOMERO ALARCÓN ZÚÑIGA	331
XIII. Aprovechamiento de los insectos comestibles en el Altiplano Central Mexicano SERAFÍN TINAJERO ANAYA	355
Conclusiones	369
Glosario de términos	373

INTRODUCCIÓN

La intervención del hombre en los diferentes ecosistemas como resultado de actividades productivas impacta globalmente en diversas formas, pero el aspecto negativo de esos impactos es el foco de atención de una sociedad cada vez más preocupada, cada vez más y mejor informada de lo que ocurre respecto de la provisión de bienes de consumo, sobre todo de primera necesidad como los alimentos.

La agricultura como componente primordial de la economía global, y como ineludible proveedora de alimentos también impacta mediante sus prácticas agropecuarias con efectos negativos al ambiente. A usted lector, seguramente le ha tocado constatar cómo van desapareciendo espacios donde previamente se observaba algún tipo de flora y fauna y ahora los ocupan áreas urbanas, corredores industriales, zonas de recreo, vías de comunicación y, por supuesto, nuevas tierras agropecuarias.

Tampoco es difícil ubicar espacios donde otrora hubo corrientes de agua o existían cuerpos de agua de diferentes magnitudes y, con el paso del tiempo, fueron contaminados, desaparecieron o fueron mermados en sus volúmenes debido, entre otras actividades, a las prácticas agropecuarias. Los mismos suelos para uso agropecuario han sufrido contaminación a causa de la aplicación de nitratos y nitritos contenidos en los fertilizantes nitrogenados.¹

Además, la falta de prácticas agrícolas acertadas contribuyen a la lixiviación de los nutrientes del suelo y si a ello aunamos los monocultivos y los desastres naturales, podemos afirmar que el patrimonio de las siguientes generaciones. Sería un páramo en comparación con lo que hoy aún tenemos, y esto contraviene flagrantemente la sustentabilidad con la que debe operar cada proceso de producción desplegado en cualquier ámbito.

No se trata aquí de satanizar la producción agropecuaria o cualquier otra clase de producción, sino de señalar la parte correspondiente a la incidencia negativa de tales prácticas en la naturaleza, con el propósito de proponer tecnologías más amigables con el ambiente natural.

Ahora bien, lo importante del reconocimiento de los impactos negativos que se infligen a la naturaleza por la actividad productiva del hombre, es la capacidad de respuesta para accionar, para contrarrestar los efectos negativos y, por supuesto, para corregir los procesos que provocan degradación en alguna de sus formas contra el ambiente.

¹ U.S. Department of Health And Human Services. Agency for Toxic Substances and Disease Registry Case Studies in Environmental Medicine (CSEM). Nitrate/Nitrite Toxicity (2013). En http://www.atsdr.cdc.gov/csem/nitrate_2013/docs/nitrite.pdf. Consultado en septiembre de 2015.

La sociedad en sus distintas esferas plantea diversas acciones preventivas y correctivas de la degradación ambiental, de la descomposición de los ecosistemas, que entre otras van desde campañas para hacer que se tome más conciencia, pasando por acciones de grupos ambientalistas, acuerdos entre países (como el protocolo de Kyoto²), hasta sanciones económicas que dicho sea de paso no limitan el accionar de sociedades opulentas, que delegan a otros las acciones de conservación de los recursos, la corrección o limitación de acciones contaminantes y degradantes ambientales.

Cabe señalar que la producción tradicional en gran medida se ha mantenido al margen de la clase de degradación arriba indicada, aunque no es desconocido que muchas de las prácticas e insumos químicos sintéticos han permeado la forma de producir campesina.

En concordancia con lo expuesto, la Procuraduría Agraria, a través de los trabajos contenidos en *Autogestión productiva y sustentabilidad agraria*, modestamente pretende no solamente contribuir a mejorar las condiciones de producción de la agricultura campesina, sino también incrementar la calidad de los productos en cuanto a nutrientes y características organolépticas, además de que sean inocuos.

En sus páginas, los autores que aquí participan aportan sus experiencias probadas con éxito en sus ámbitos de competencia, donde han incorporado aplicaciones prácticas, innovaciones que integraron en procesos adaptados y adaptables a diferentes escalas productivas, de manera que el campesino puede actualizar sus conocimientos pero también combinarlos con las prácticas habituales que le han resultado favorables en su producción cotidiana.

Las lecturas guían sobre procedimientos innovadores que algunos productores de distintas latitudes logran alcanzar de forma intuitiva, tras la práctica de años y años de ensayo y error, pero que en estas lecciones aparecen de forma asequible y directa. Algunos de estos procedimientos combinan conocimientos tradicionales, convencionales y avances científicos para desarrollar prácticas innovadoras que se encuentran resumidas en estos trabajos.

La Procuraduría Agraria alude a la dignidad que han mostrado desde tiempos ancestrales los campesinos, quienes son depositarios —guardianes de recursos que permanecen hasta nuestros días—, gracias al aprovechamiento racional que se efectúa en ellos. De la misma forma, la contribución que se realiza con los documentos contenidos en este libro confirma que el trabajo dignifica al hombre, y en ese sentido, este compendio se constituye en herramienta para acompañar y fortalecer la producción familiar como bastión de autosuficiencia en primera instancia y, luego, con excedentes para acceder al mercado local.

² Para información más amplia al respecto, ver: http://unfccc.int/portal_espanol/informacion_basica/protocolo_de_kyoto/items/6215.php. Consultado en septiembre de 2015.

Se reconoce que una vía para combatir el hambre, la escasez de alimentos y la contaminación ambiental, entre otros, es la autosuficiencia, la seguridad alimentaria, y partiendo de estas premisas, se otorgan valiosos conocimientos para que el productor continúe dignificándose como sujeto social a través de producir alimentos para sí, para su familia y para la sociedad.

La disminución, contaminación, degradación y aún desaparición de recursos naturales como el agua dulce, el suelo agrícola, las especies animales, las especies vegetales, el descenso en los suelos de los niveles de materia orgánica abatiendo su capacidad agronómica e incrementando la desertificación, las variaciones erráticas en las temperaturas, en las precipitaciones pluviales, la reducción o desaparición de hábitats, y como colofón de todo lo anterior el cambio climático, nos conducen obligadamente a reconstruir nuestra forma de pensar.

En ese orden de ideas, la *Autogestión productiva y sustentabilidad agraria* es un viaje al proceso productivo agropecuario desde múltiples puntos de vista que convergen, precisamente, en los métodos de producciones actuales y la participación responsable de productores campesinos e indígenas, en cumplimiento de las funciones económicas, sociales, culturales y ambientales que le toca atender a los sujetos agrarios, campesinas y campesinos de México.

A través de diferentes capítulos se conduce al lector por temáticas estrechamente ligadas al ámbito productivo agropecuario, partiendo del tema “Autogestión productiva para el desarrollo agrario en México (opciones para la economía familiar indígena y campesina)”, donde Gerardo Gómez González nos introduce en un asunto de importancia crucial, toda vez que la impronta ambiental requiere de acciones de la sociedad en todos sus frentes, de tal manera que reciclar los desechos orgánicos y en el proceso obtener alimentos, es una estrategia loable. Se destaca en este apartado la importancia de la dignidad, responsabilidad, compromiso y solidaridad de los indígenas y campesinos en los procesos de autogestión productiva.

Una renovada concepción al reconocer en el suelo un ser viviente que alberga vida en una forma compleja, con dinámicas microbiológicas, físicas y químicas, es el punto de partida para que Nicolás Cerda Ruiz nos muestre la caracterización del suelo con la 7ª aproximación, sistema que con la introducción de mejoras (desde la década de 1950) describe de una mejor forma los suelos de diferentes países.

En relación con lo anterior, Bonifacio Ortiz Villanueva y Carlos Alberto Ortiz Solorio, realizan una descripción de unidades de suelos propuestas por la FAO/UNESCO con la intención de conocer el inventario de ese recurso, al tiempo que se uniforman criterios y se suministra una herramienta útil para transferir fácilmente conocimientos sobre el uso y manejo de tierras. Además, nos adentran en el interesante concepto de Etnoedafología, donde nos explican la clasificación de tierras (suelos) a partir del conocimiento que los campesinos mexicanos tienen sobre ellas desde tiempos prehispánicos.

Hablando de tierras, el agotamiento de nutrientes de las mismas y la búsqueda de un incremento en la productividad ha derivado en estrategias de fertilización química sintética con resultados negativos ya conocidos, de manera que una opción es el método que Juan Vidal Bello, Margarita Valdés Hernández y Adriana Mendoza Tobon nos enseñan para mejorar los suelos en su calidad, en su contenido orgánico, mediante la transformación de residuos sólidos orgánicos (que ocupan entre 45 y 52% del total de los residuos sólidos municipales) a composta, y de ahí, aplicarlos como fertilizantes en los suelos agrícolas, contribuyendo a la protección y mejoramiento ambiental.

La incorporación de variados avances tecnológicos a técnicas como la que efectuaban los mexicas, quienes cultivaban sin suelo en entramados sobre el lago de Texcoco, derivaron entre otros en el cultivo bajo condiciones de invernadero donde, como explican Ranferi Maldonado Torres y María Edna Álvarez Sánchez, es posible controlar las condiciones ambientales para la producción intensiva de cultivos con el suministro de soluciones nutritivas (con dosis y frecuencia), entre otros factores, con la intención de obtener lo máximo en calidad y rendimiento de lo cultivado.

En ese mismo tenor, Gerardo Noriega Altamirano, Valentín Reyes Arias, Miguel Ángel Vergara Sánchez y Francisco Rodríguez Neave diseñaron una serie de estrategias innovadoras en las actuales prácticas agrícolas (aplicadas en la cafecultura orgánica), orientadas entre otras fundamentales bondades a la restauración del suelo, a las cuales denominaron “Bases para la ecointensificación agrícola”.

Esa propuesta incluye básicamente realizar en el suelo el diagnóstico de su fertilidad, la remineralización, la restauración de la biología, la reposición de la materia orgánica, la corrección del pH, el manejo de una fertilidad sustentable, así como el manejo biológico de plagas y enfermedades. Los resultados obtenidos por estos investigadores son espectaculares en cuanto a incremento en la productividad, salud en los cultivos y restauración del equilibrio del suelo, entre otros.

Sin embargo, los nutrientes contenidos en el suelo no podrán incorporarse a la planta si falta agua y tampoco podrá sobrevivir especie pecuaria alguna sin el elemental líquido, de manera que una de las formas de provisión de ese elemento es mediante “Sistemas de captación y uso integral del agua”, donde Samuel Escobar Villagrán demuestra con cifras que el uso actual, el desarrollo, así como la gestión de los recursos hídricos del planeta y de los servicios que prestan, son insostenibles y la agricultura en general y la agricultura de riego en particular son actividades que han alterado los ecosistemas, por tal motivo propone estrategias para la captación y uso eficiente del agua.

Asimismo, señala que la solución sustentable, socialmente aceptable, económicamente viable y ambientalmente responsable, se fundamenta en técnicas de captación de lluvia considerada como la recolección o cosecha de la escorrentía superficial para propósitos de producción agropecuaria y forestal, además de otras técnicas que son replicables en el campo mexicano.

La sustentabilidad para la biodiversidad en los agroecosistemas como premisa también es aplicada en las “Alternativas preventivas y de control de plagas y enfermedades en las plantas”, que expone Jesús Jesé Corral Martínez, mediante el control ecológico que se basa en entender las relaciones entre organismos y encontrar a los enemigos naturales adecuados, favoreciendo su multiplicación para que se encarguen de controlar eficazmente al organismo considerado plaga. Aunado a eso, se orienta a la reorganización de alguna o de todas las técnicas de cultivo tradicionales, para con ello auxiliar al control ecológico y reducir el empleo de controles químicos sintéticos (agroquímicos).

La sustentabilidad es el eje de articulación en todos los trabajos presentados en este libro. Y esa orientación persigue Felipe de Jesús Ruiz Espinoza con la agrohomeopatía como una alternativa para el productor agropecuario, aplicando sustancias elaboradas bajo el método homeopático. La polémica está presente cuando se indica que una sustancia infinitesimal que no contiene el soluto inicial tendrá efectos positivos para controlar una plaga o enfermedad en una planta, pero tal polémica es infructuosa cuando se evidencia en la práctica el efecto biológico que generan esas sustancias.

Todos los procesos anteriormente descritos son de carácter agroecológico y, precisamente, Miguel Ángel Sámano Rentería apunta que la crisis financiera a nivel global ha repercutido en el incremento de los precios de los alimentos y el número de pobres ha aumentado, y como un modo de resiliencia sugiere que los campesinos y los pueblos indígenas y sus comunidades, recurran a los conocimientos sistematizados por la ciencia de la agroecología como alternativa que brinde seguridad alimentaria. Además, propone la restauración del Sistema Nacional de Extensionismo y Capacitación Rural (SINECAR) para promover y fortalecer la agricultura familiar agroecológica tomando en cuenta la combinación de distintos saberes campesinos, indígenas y científicos.

La biodiversidad, los agroecosistemas, tienen un gran adversario en los monocultivos y en los insumos químicos sintéticos que también degradan el suelo, de manera que Samuel Jaime Álvarez Merino nos explica cómo la granja integral familiar constituye una estrategia que se auxilia de prácticas agroecológicas y aprovecha recursos físicos —incluyendo los esquilmos—, sociales, económicos y aun culturales, que al acoplarse de una forma lógica, producen alimentos en diversidad, en cantidad, en calidad y en inocuidad suficientes para el campesino y su familia, sin descartar la posibilidad de excedentes que se pueden colocar en los mercados locales.

Una de las principales actividades económicas del sector agropecuario en México es la ganadería bajo condiciones de pastoreo. Baldomero Alarcón Zúñiga, en “Establecimiento y producción de cultivos forrajeros para valles altos centrales de México”, nos guía a identificar aspectos clave para obtener altos rendimientos y valor nutritivo en los forrajes, considerando la selección de la especie a partir de las características de clima y suelo de las regiones, los requerimientos agro-climáticos de las diferentes especies forrajeras, métodos de establecimiento y producción de forraje de acuerdo

a la especie y sistema de producción animal, para brindar a los rumiantes una dieta adecuada a un bajo costo.

Por último, otra clase de alimentación alternativa es indicada por Serafín Tinajero Anaya, quien propone el “Aprovechamiento de los insectos comestibles en el Altiplano Central Mexicano”. Insectos como los gusanos blancos del maguey, gusanos rojos del maguey, gusanos del madroño, chapulines y escamoles han sido aprovechados desde tiempos prehispánicos en la dieta de los mexicas y actualmente se aprecian como delicias exóticas en los restaurantes; sin embargo, pueden ser una estrategia económica, social, cultural, alimentaria y ecológica para la gente del campo, que puede cuidar y aprovechar este recurso *sui géneris*.

Este libro aporta elementos de conocimientos y tecnologías para hacer un aprovechamiento más racional, eficiente y armonioso de los recursos naturales del patrimonio social con fines productivos por los sujetos agrarios de México, mediante procesos autogestivos para su propio desarrollo.

I. AUTOGESTIÓN PRODUCTIVA PARA EL DESARROLLO AGRARIO EN MÉXICO (OPCIONES PARA LA ECONOMÍA FAMILIAR INDÍGENA Y CAMPESINA)

GERARDO GÓMEZ GONZÁLEZ

1. INTRODUCCIÓN

Ante la necesidad de garantizar seguridad y soberanía alimentarias a la creciente población mundial, con lo que se contribuye a la superación de la desnutrición, el hambre, el deterioro ambiental y el cambio climático, los gobiernos nacionales y los organismos internacionales han orientado sus políticas y acciones en la agricultura familiar por la importancia social, ambiental y económica que las familias campesinas e indígenas tienen como poseedoras y propietarias de territorios que son espacios de asentamientos humanos, reservorios de recursos naturales, de conocimientos y cultura sobre su aprovechamiento racional.

El representante en México de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO por sus siglas en inglés), Fernando Soto Baquero, considera que “Cerca de 900 millones de personas en el mundo siguen padeciendo hambre crónica pues no pueden costearse una alimentación adecuada, y más de 70 por ciento de las personas con inseguridad alimentaria viven en zonas rurales de países en desarrollo” (Soto Baquero, Fernando. Suplemento informativo de *La Jornada* 15 de agosto de 2015, núm. 95, Año VIII, pág. 4).

Según la FAO, en el mundo existen 570 millones de unidades económicas agrícolas, de las cuales 90% son administradas por familias. Estas unidades de agricultura familiar producen 80%. Tienen bajo su custodia y administración 75% de los recursos naturales que las actividades agrícolas necesitan, pero también son muy importantes para los servicios ambientales que requiere toda la humanidad. Estas unidades agrícolas familiares, por lo general, son pequeñas en cuanto a su extensión territorial, 84% de ellas en todo el mundo tienen menos de dos hectáreas. (FAO. 2014. En <http://www.fao.org/resources/infographics/infographics-details/es/c/272983/>. (Fecha de consulta: 28 de agosto de 2015).

Por lo general, estas unidades agrícolas se basan en la aplicación intensiva de fuerza de trabajo de los integrantes de la familia, quienes planean y deciden sobre los procesos de producción que en ellas se establecen y desarrollan las actividades productivas. De lo anterior se deduce la necesidad de contribuir al fortalecimiento tec-

nológico y económico de estas unidades familiares que generalmente están a cargo de campesinos e indígenas.

En este apartado se destaca la importancia de la autogestión productiva para el bienestar de los sujetos agrarios y la sociedad rural en general, como un medio de superar la pobreza y el hambre que padecen importantes segmentos de la población del campo y la ciudad. Se parte del reconocimiento de esa problemática social, para atenderla con los involucrados, con sus iniciativas, con su participación responsable y digna.

2. EL HAMBRE EN AMÉRICA LATINA

América Latina y el Caribe comenzaron el desafío de dar cumplimiento a los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) en 1990. En ese año, la región tenía 14.7% de su población afectada por el hambre. Para 2014, esta prevalencia había caído a solo 5.5%, con lo que la región cumplió la meta del hambre de los objetivos del milenio. La región cumplió asimismo con la meta de la Cumbre Mundial de la Alimentación (CMA) de 1996, al haber reducido el número total de personas a 34.3 millones. La pobreza también ha disminuido desde 2002 en adelante, de cerca de 44% a 28%, aunque la indigencia ha sufrido un incremento en los últimos dos años según la FAO. (FAO. 2015. *Panorama de la inseguridad alimentaria en América Latina y el Caribe*, en <http://www.fao.org/3/a-i4636s.pdf>). (Fecha de consulta: 18 de octubre de 2015).

Como parte de la estrategia para reducir el hambre y la pobreza en los países latinoamericanos y caribeños, está la atención que se le ha dado a los programas de producción de alimentos a través de las unidades campesinas de agricultura familiar, aplicando tecnologías apropiadas que incluyen la incorporación de conocimientos y saberes locales, así como innovaciones y tecnologías probadas y apropiadas derivadas de los centros e institutos de investigación.

3. LA POBREZA Y EL HAMBRE EN MÉXICO: UN RETO SOCIAL A SUPERAR

En México, la pobreza y el hambre son dos flagelos que laceran a la sociedad mexicana, el propio Presidente de la República, Lic. Enrique Peña Nieto, al plantear la política social de su gobierno expresó:

Estamos en pleno siglo XXI. México ha logrado avances en diversos sectores, pero es indignante, es inaceptable que millones de mexicanos padezcan aún de hambre. Y agregó: lograr que las familias mexicanas tengan un piso básico de bienestar, será la prioridad, el principio elemental de mi política social...

He dado instrucciones a la Secretaría de Desarrollo Social, para que ponga en marcha en los próximos 60 días, la Cruzada Nacional Contra el Hambre.

Convoco a la sociedad civil organizada, a empresarios, a los medios de comunicación, a las agrupaciones religiosas, a gobernadores, jefe de gobierno, presidentes municipales y a todos los integrantes del Congreso de la Unión, a los jóvenes y a todo mexicano que quiera aportar tiempo y recursos para sumarse a esta gran causa, que es por todos los que tienen hambre en nuestro país. (En <http://www.presidencia.gob.mx/articulos-prensa/mensaje-a-la-nacion-del-presidente-de-los-estados-unidos-mexicanos/>). (Fecha de consulta: 2 de marzo de 2015).

A esta importante convocatoria nacional también se suma la Procuraduría Agraria como organismo descentralizado de la Administración Pública Federal, que por Ley representa y defiende los derechos y el patrimonio de los dueños de la propiedad social agraria en México: ejidatarios, comuneros y pequeños propietarios. Institución que además de contribuir a dar certidumbre a los derechos agrarios para mantener la paz social en el campo, busca coadyuvar al bienestar agrario –disminución de la pobreza y el hambre, mejorando las condiciones de alimentación, ingreso, y condiciones de vida– mediante acciones de capacitación, actualización, profesionalización y difusión de conocimientos en los núcleos agrarios, organizaciones campesinas y servidores públicos del sector, para hacer un aprovechamiento más racional y sustentable de su patrimonio social en beneficio propio.

Según el Consejo Nacional para la Evaluación de la Política Social (CONEVAL), en México existen 52 millones de personas pobres, de las cuales 11.7 millones se encuentran en condiciones de pobreza extrema; mientras que otros 28 millones de personas viven en condiciones de vulnerabilidad por carencia de acceso a la alimentación. (En <http://www.mexicosocial.org/index.php/mexico-social-en-excelsior/item/90-hambre-y-pobreza.html>).

La *Encuesta Nacional de Salud 2012*, consigna que 70.0% de los hogares en México se clasificaron en alguna de las tres categorías de inseguridad alimentaria. En el caso de habitantes que viven en el medio rural, 80.8% fueron clasificados en algún nivel de inseguridad alimentaria. La misma fuente reporta que en 2012 existía un millón 195 mil niños con desnutrición crónica en el país. Los más afectados son los habitantes del medio rural, la desnutrición crónica en zonas rurales en ese año era de 19.9%, casi el doble que en la registrada en el medio urbano que en ese año fue de 10.1%. (INEGI, 2010; CONEVAL 2012; FAO 2013, en <http://thp.org.mx/mas-informacion/datos-de-hambre-y-pobreza/>).

De acuerdo con los datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), en México mueren cada año aproximadamente 8,500 personas a causa de la desnutri-

ción, de ellos, un promedio de 850 tenían menos de 5 años de edad. Según los datos de la Secretaría de Salud, anualmente se enferman más de 170 mil personas por la falta de alimentos; todo ello en un contexto en el que más de 28 millones de mexicanos viven en vulnerabilidad por carencia de acceso a la alimentación. (En <http://www.mexicosocial.org/index.php/mexico-social-en-excelsior/item/90-hambre-y-pobreza.html>).

La pobreza en México se incrementó ligeramente, aunque la pobreza extrema también disminuyó tres décimas a escala nacional, según cifras del CONEVAL, como se observa en el cuadro siguiente.

Cuadro 1. Pobreza en México 2012-2014. Millones de personas y porcentaje

Pobreza / Carencia	2012	%	2014	%	Diferencia 2012/2014 %
Pobreza total	52.3	45.5	55.3	46.2	0.7
Pobreza moderada	40.8	35.7	43.9	36.7	1.0
Pobreza extrema	11.5	9.8	11.4	9.5	-0.3
Carencia alimentaria	24.7	23.3	28.0	23.4	0.1
Pobreza indígena	8.2	72.3	8.7	73.2	0.9
Pobreza moderada		41.7		41.4	-0.3
Pobreza extrema		30.6		31.8	1.2

Fuente: CONEVAL. 2015. *Medición de la pobreza en México y en las entidades federativas 2014*.

En 2014, 73.2% de la población indígena permanecía en situación de pobreza, de ella 31.8% en pobreza extrema. Esta situación se ve levemente agravada al incrementarse cinco décimas su situación de pobreza y dos décimas la pobreza extrema, en comparación con la de 2012.

Cuadro 2. Principales estados con pobreza extrema 2012 – 2014. Miles de personas y porcentajes

Pobreza extrema / estados	2012	%	2014	%	Diferencia 2012/2014 %
Chiapas	1,629.2	32.2	1 654.4	31.8	-0.4
Guerrero	1,111.5	31.7	868.1	24.5	-7.2
Oaxaca	916.6	23.3	1,130.3	28.3	5.0
Veracruz	1,122.0	14.3	1,370.5	17.2	2.9
Puebla	1,059.1	17.6	991.3	16.2	-1.4
Michoacán	650.3	14.4	641.9	14.0	-0.4
Hidalgo	276.7	10.0	350.5	12.3	2.3
Campeche	90.7	10.4	99.2	11.1	0.7
Tabasco	330.8	14.3	260.3	11.0	-3.3
Yucatán	200.6	9.8	223.2	10.7	0.9

Fuente: CONEVAL. 2015. *Medición de la pobreza en México y en las entidades federativas 2014*.

En los 10 estados con mayor nivel de pobreza extrema en México se asientan varios pueblos de etnias indígenas, que además de ser guardianes de importantes recursos naturales hacen grandes aportes a su conocimiento y manejo para un aprovechamiento más racional y sustentable.

En los estados de Oaxaca, Veracruz e Hidalgo la pobreza extrema se incrementó en tanto que en Guerrero y Tabasco disminuyó de manera significativa.

No obstante la situación de pobreza lacerante, México al igual que otros países de América Latina y el Caribe, ha dado cumplimiento de forma anticipada a la meta del Objetivo de Desarrollo del Milenio relativa al hambre y a la meta establecida en la Cumbre Mundial de Alimentación. Desde el trienio 2005-2007 a la fecha, la proporción de personas en situación de subalimentación se encuentra en niveles inferiores a 5%. (FAO. En <http://www.fao.org/3/a-i4636s.pdf>). (Fecha de consulta: 18 de octubre de 2015).

En 2015, todas las carencias sociales han bajado entre beneficiarios de la Cruzada Nacional contra el Hambre considerados en la encuesta panel respecto a 2013 y 2014, pero la carencia de acceso a la alimentación bajó de 100 a 42.5%, es decir, en solamente un par de años, casi seis de cada 10 personas atendidas en este universo por la Cruzada Nacional contra el Hambre dejaron de tener carencia por acceso a la alimentación.

El resto de las carencias también se redujo en la población atendida por la Cruzada, pero destaca la carencia de acceso a la salud que según cifras del CONEVAL se redujo 73% al pasar de 30.3 a 8.2%. Estos resultados destacan la importancia de la estrategia seguida por la Cruzada de focalizar, localizar y atender de manera coordinada en el ámbito interinstitucional a la población en situación de pobreza extrema en México. (En <http://www.elfinanciero.com.mx/opinion/resultados-de-la-cruzada-nacional-contra-el-hambre.html>. (Fecha de consulta: 19 de octubre de 2015).

Sin embargo, para que la situación de pobreza, hambre y desnutrición se revierta de manera permanente en las zonas marginadas del campo mexicano y de las ciudades, es necesario implementar acciones y programas productivos con la participación comprometida, libre y organizada de los sujetos agrarios, de acuerdo con sus necesidades, recursos y posibilidades, así como con los apoyos de organismos de la sociedad civil y las instituciones públicas, en una perspectiva de corto, mediano y largo plazo.

4. OPORTUNIDADES PRODUCTIVAS DEL SECTOR AGRARIO

Varios investigadores han planteado las posibilidades que tiene el sector agrario mexicano para remontar la situación de pobreza, marginación, hambre, desnutrición y deterioro del ambiente natural. México es un país con una población pluriétnica, rica en historia, cultura y en recursos naturales. Consideran que existen capacidades humanas, recursos naturales, conocimientos y tecnologías para mejorar la productividad agrícola y la sustentabilidad.

De acuerdo con estudios realizados por el doctor Héctor Robles Berlanga, en el medio rural vivían 32.4 millones de personas asentadas en localidades con menos de 5,000, las cuales representaban 28.9% de la población total del país.

En municipios donde la población rural es mayor que la urbana, diez millones 897 mil personas se ocupan en actividades primarias, secundarias y terciarias. De ellas cinco millones 705 mil atienden al sector agropecuario, forestal y de pesca. Existen en el sector cuatro millones 69 mil unidades de producción rural, que ocupan 108.3 millones de hectáreas y siembran 280 cultivos cíclicos y 199 perennes, entre los que se encuentran cultivos alimenticios básicos, forrajeros, oleaginosas, frutales, hortalizas, agroindustriales, ornamentales y los denominados no tradicionales. En el subsector pecuario, se reportan tres millones 163 mil unidades de producción ganadera, de las cuales 2.8 millones cuentan con animales de trabajo, 2.3 millones con aves de corral, 1.3 millones con porcinos y 1.2 millones tienen bovinos.

El Sector Agrario a cargo de la propiedad social lo constituyen, según Robles Berlanga, 5.6 millones de ejidatarios, comuneros y poseionarios agrupados en cerca de 32 mil ejidos y comunidades con una superficie de 105 millones de hectáreas; 1.6 millones de propietarios privados que poseen 70 millones de hectáreas; 654 colo-

nias agrícolas con 62,346 colonos y 3.8 millones de hectáreas, así como 144 mil nacionaleros –poseionarios que usufructúan terrenos nacionales– con 7.2 millones de hectáreas.

Este investigador destaca que en el territorio mexicano existen 15 millones 700 mil indígenas, de los cuales dos terceras partes viven en localidades rurales. Sus 5,283 ejidos y comunidades agrarias están en manos de poco más de un millón de propietarios comuneros, a los que hay que sumar poco más 200,000 propietarios privados indígenas con 4 millones de hectáreas. En conjunto los indígenas son dueños de poco más de 24 millones de hectáreas, con recursos para la agricultura, la ganadería, aprovechamientos forestales, mineros y energéticos. A lo que hay que agregar sus zonas arqueológicas y recursos turísticos.

Ante los procesos sociales de envejecimiento de los sujetos agrarios y la emigración del campo a la ciudad y hacia Estados Unidos de América (EUA), la participación femenina en la producción de alimentos y otros productos de uso industrial se ha venido incrementando en el campo mexicano. Actualmente hay un millón 447 mil mujeres dueñas de la tierra: 826 mil ejidatarias y comuneras, 331 mil poseionarias y 282 mil propietarias privadas. (Robles Berlanga, Héctor. 2007. *El sector rural en el siglo XXI. Un mundo de realidades y posibilidades*, CEDRSSA. México. Algunos datos fueron actualizados con datos del INEGI, *Censo Agrícola Ganadero 2007*, *Censo Ejidal 2007* y *Censo General de Población y Vivienda 2010*).

Sobre las oportunidades productivas del sector agrario, la investigadora Rita Schwentesius remarca que:

México tiene características ecológicas, climatológicas, culturales, sociales y económicas únicas a nivel mundial para practicar una agricultura y ganadería productivas y diversificadas, una agricultura capaz de sembrar y cosechar durante los 365 días del año. Las estadísticas registran el cultivo de 685 diferentes especies vegetales en forma anual o perenne, así como la cría de siete especies ganaderas que ofrecen 12 productos alimenticios e industriales en México. (Schwentesius Rindermann, Rita y Ayala Garay, Alma Velia. 2014. *Seguridad y soberanía alimentaria en México. Análisis y propuestas de política*. México).

La FAO reconoce la importancia notable de la agricultura familiar, principalmente minifundista como contribuyente de la seguridad alimentaria debido a la diversidad de alimentos que en sus unidades se producen (FAO. 2014. En <http://www.fao.org/resources/infographics/infographics-details/es/c/272983/>. (Fecha de consulta: 28 de agosto de 2015).

En la gran mayoría de las unidades de agricultura familiar generalmente se desarrollan actividades multifuncionales, es decir, se realizan aprovechamientos combinados y diversificados de los recursos naturales de que disponen, además de complementar sus ingresos con los provenientes de fuentes externas a la unidad de producción, como

remesas de familiares que radican en otros países, —en el caso de mexicanos en EUA y Canadá—, trabajo asalariado, pequeño comercio y venta de servicios, por mencionar algunas.

Muchas de las unidades de agricultura familiar desarrollan además de actividades productivas agrícolas, pecuarias, de pesca y silvícolas, otras como la caza de animales y recolección de plantas alimenticias, medicinales, ornamentales, de uso industrial y para elaborar herramientas de trabajo. Por el aprovechamiento diversificado, sustentable y respetuoso de la naturaleza que pueden hacer las unidades familiares campesinas e indígenas del sector agrario mexicano, se espera que el fortalecimiento de la agricultura campesina contribuya a detener la profunda debacle alimentaria y el dramático deterioro ambiental. (Suplemento informativo de *La Jornada*, 15 de agosto de 2015, núm. 95, Año VIII, pág. 2. (Fecha de consulta: 26 de agosto de 2015).

La agricultura familiar en México de acuerdo con estudios realizados por la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), por su número constituye el segmento más importante de las unidades productivas en el campo. Representan 81.3% de las Unidades Económicas Rurales (UER) existentes en el país, estimadas entre 5.3 y 5.4 millones de unidades.

La SAGARPA reporta que cerca de 40% de la UER tienen potencial productivo empresarial. A partir de una muestra representativa, se contabilizaron dos millones 147 mil 619 UER de pequeña agricultura con potencial productivo empresarial, lo que corresponde a 39.6% del total de UER de México. Estas representan 8.8% del total de la superficie bajo la responsabilidad de las UER en el país.

En el sector rural la superficie promedio es más de cinco veces mayor que en el segmento de agricultura familiar con potencial productivo empresarial. Por su parte, estas UER contribuyen con 8% del valor total de las ventas del sector rural. Asimismo, tanto el ingreso bruto promedio (\$35,246) como el valor promedio de los activos (\$31,848) para el segmento de UER de agricultura familiar, son alrededor de cuatro veces menores que los correspondientes promedios en el sector rural”. (FAO–SAGARPA. 2012. “Agricultura familiar con potencial productivo”, pág. 16. En http://www.sagarpa.gob.mx/programas2/evaluacionesExternas/Lists/Otros%20Estudios/Attachments/42/Agricultura%20Familiar_Final.pdf).

Es tan importante la agricultura familiar campesina e indígena que desde 2002 la SAGARPA, con la asesoría técnica de la FAO, estableció el Programa Especial de Seguridad Alimentaria (PESA) con el propósito de financiar y proporcionar asesoría tecnológica en el establecimiento de proyectos productivos en unidades familiares de zonas marginadas, principalmente indígenas.

En el ámbito mundial, el 22 de diciembre de 2011 la Asamblea General de las Naciones Unidas emitió la Resolución 66/222 en la que proclamó al 2014 como Año Internacional de la Agricultura Familiar, que tuvo como objetivo:

Aumentar la visibilidad de la agricultura familiar y la agricultura a pequeña escala al centrar la atención mundial sobre su importante papel en la mitigación del hambre y la pobreza, la seguridad alimentaria y la nutrición, para mejorar los medios de vida, la gestión de los recursos naturales, la protección del medio ambiente y lograr el desarrollo sostenible, en particular en zonas rurales. (En <http://www.bibliotecaspublicas.es/teverga/publicaciones/2014.pdf>).

La agricultura familiar es una de las estrategias más eficaces en el combate al hambre, porque es clave en la producción de alimentos, la dinamización económica, la generación de empleo en zonas rurales y el uso sustentable de los recursos naturales. Las y los pequeños productores en México producen más de 40% de los alimentos en el territorio nacional. Son la base de la seguridad alimentaria de nuestro país produciendo alimentos sanos, de alto valor nutritivo y siguiendo esquemas de producción que cuidan el medio ambiente. (Ana Lucía Márquez, en <http://www.eluniversal.com.mx/blogs/colectivo-alianza-por-la-salud-alimentaria/2015/08/11/agricultura-familiar-la-mejor-estrategia>). (Fecha de consulta: 20 de octubre de 2015).

En México, el 14 de agosto de 2015 el Senado de la República fue sede de un evento organizado por la Red Mexicana por la Agricultura Familiar y Campesina, la FAO y el Senado de la República. La Red reúne a más de 120 organizaciones civiles, productores, académicos, organismos internacionales, instancias de gobierno, órganos legislativos y organizaciones no gubernamentales interesadas en el fortalecimiento de la agricultura familiar en México. (En <http://www.eluniversal.com.mx/blogs/colectivo-alianza-por-la-salud-alimentaria/2015/08/11/agricultura-familiar-la-mejor-estrategia>). (Fecha de consulta: 20 de agosto de 2015).

Es tan importante poner atención a la agricultura familiar campesina e indígena en México, que en el Programa Integral de Desarrollo Rural para 2015, la SAGARPA emitió una convocatoria para otorgar apoyos a la agricultura familiar, periurbana y de traspatio, la cual tiene como objetivos específicos los siguientes:

Incrementar la producción de alimentos mediante incentivos para la adquisición de insumos, construcción de infraestructura, adquisición de equipamiento productivo; realización de obras y prácticas para el aprovechamiento sustentable de suelo y agua; proyectos integrales de desarrollo productivo; desarrollo de capacidades y servicios profesionales de extensión e innovación rural; fortalecimiento de las organizaciones rurales y esquemas de aseguramiento para atender afectaciones provocadas por desastres naturales.

Estas acciones del Programa Integral de Desarrollo Rural tienen una cobertura nacional y se operan por las Delegaciones de la SAGARPA a través de los Distritos de Desarrollo Rural y los Centros de Apoyo al Desarrollo Rural (CADER) en coordinación con los gobiernos estatales y municipales. La población objetivo es:

Mujeres y personas de la tercera edad en condición de pobreza alimentaria que habitan en las zonas rurales, periurbanas y urbanas, que de manera individual o agrupada se dediquen o pretendan dedicarse a la producción de alimentos. Personas discapacitadas podrán acceder a los apoyos a través de un familiar de primero o segundo grado. (En http://www.sagarpa.gob.mx/Programas-SAGARPA/2015/Programa_integral_de_desarrollo_rural/Agricultura_familiar_periurbana_y_de_traspatio/Paginas/Descripci%C3%B3n.aspx).

5. PARTICIPACIÓN AUTOGESTIVA PARA EL BIENESTAR AGRARIO

El concepto de autogestión, para el propósito de este capítulo, se entiende como el sistema de organización de una unidad económica rural, familiar, de agricultura indígena o campesina en la que sus integrantes participan en las decisiones de su unidad, en la planeación y ejecución de todas las etapas de los procesos productivos. Ellos dirigen y administran su empresa de manera libre, responsable y comprometida con la solución de sus necesidades.

La autogestión productiva forma parte de la gestión conjunta que se realiza en los núcleos agrarios en todos los aspectos de la vida social comunitaria. Actualmente se observan algunos casos en comunidades indígenas de varios estados de la República Mexicana. A manera de ejemplo se pueden mencionar las experiencias exitosas de autogestión social, educativa y productiva en la Cooperativa Regional Tosepan Titatanisque en la Sierra Norte de Puebla; la Comunidad Indígena de San Juan Nuevo Parrangaricutiro en Michoacán; el Consejo Estatal de Pueblos Indígenas de Querétaro, y el municipio de Santa María Tlahuitoltepec, Mixe, Oaxaca. (Sócrates, Vásquez García y Gómez González Gerardo. 2006. “Autogestión indígena en Santa María Tlahuitoltepec, Mixe, Oaxaca”, en *Ra Ximhai*, vol. 2, núm. 1, enero-abril de 2006, pp. 151-169; Gómez González, Gerardo, Gómez Calderón Elvia Xitlali y Gómez Calderón, Yuriena Gerenarda. 2008. “Perspectivas de los agronegocios en el desarrollo indígena: caso del estado de Querétaro”, en *Ra Ximhai*, vol. 4, núm. 3, septiembre-diciembre de 2008, pp. 607-623; Gómez Espinosa, José Antonio y Gómez González, Gerardo. 2006. “Saberes tradicionales agrícolas indígenas y campesinos: rescate, sistematización e incorporación a las IEAS”, en *Ra Ximhai*, vol. 2, núm. 1, enero-abril de 2006, pp. 97-126).

Las acciones gubernamentales y de organismos de la sociedad civil en apoyo a la agricultura familiar en México son muy necesarias para contribuir a mejorar las condiciones de vida de amplios segmentos de la población nacional. Sin embargo, la participación comprometida, responsable, autogestiva y organizada de los directamente afectados y posibles beneficiarios, resulta fundamental para garantizar cambios estructurales de corto, mediano y largo plazos en el bienestar de los sujetos agrarios. Cambios positivos que sean duraderos.

Ante la situación socioeconómica y ambiental del sector agrario mexicano que presenta retos, oportunidades y posibilidades, todas las iniciativas y acciones que contribuyan a mejorar la organización autogestiva de los sujetos agrarios, así como sus condiciones socioeconómicas y tecnológicas para la producción de alimentos, constituyen prioridades sociales que posibilita avanzar hacia una mayor seguridad nacional, por su impacto en la soberanía agroalimentaria y su aporte en el mejoramiento del desarrollo ambiental.

La autogestión productiva para la generación de opciones sustentables de corto, mediano y largo plazo se propone como estrategia permanente para el desarrollo de la economía familiar y su bienestar en todos los campos necesarios para el desarrollo de sus capacidades humanas, no solamente como mecanismo coyuntural para captar recursos de programas temporales de los gobiernos federales, estatales y municipales en algunos casos.

La autogestión productiva para el desarrollo agrario privilegia la dignidad, el respeto, el compromiso y la corresponsabilidad de las familias de los sujetos agrarios que emprenden proyectos autogestivos para producir alimentos como principal propósito, y contribuir de esa manera a la satisfacción de las necesidades nutricionales de sus integrantes, además de tener la posibilidad de vender excedentes en los mercados locales, regionales y nacionales.

Se busca aprovechar los valores y acciones sociales de solidaridad, cooperación y colaboración de los campesinos e indígenas que se expresan en las prácticas de “ayuda mutua” en los procesos productivos entre familias y el “tequio” en el ámbito de la comunidad o localidad para crear y mejorar los servicios colectivos que se requieren en los poblados, generalmente de infraestructura urbana, productiva, religiosa y de seguridad pública.

La organización y participación autogestiva para la producción y el bienestar agrario común, se basa en la aportación corresponsable de los sujetos agrarios involucrados, aportaciones en recursos locales y en su trabajo responsable, comprometido y creativo, de sus saberes para hacer un uso racional y sustentable de los elementos naturales en los procesos productivos para generar alimentos limpios, nutritivos y saludables.

En los procesos productivos autogestivos y sustentables se busca aplicar los conocimientos, saberes y experiencias locales exitosas de los sujetos agrarios indígenas y campesinos, pero también las tecnologías apropiadas e innovaciones generadas por investigadores serios, prestigiados y vinculados con el sector. Es importante que las instituciones de educación e investigación generen innovaciones para este importante sector de la agricultura mundial, que en México tiene una gran importancia histórica, social, cultural, económica y ambiental.

En la organización autogestiva para la producción sustentable y el bienestar agrario debe privilegiarse el diálogo de saberes entre los involucrados en los procesos productivos. Saberes sobre los fenómenos naturales y climatológicos, los ciclos de vida de las plantas y animales, recursos naturales, suelos, agua y vegetación, así como su complementación con los conocimientos y las tecnologías aplicadas en los procesos productivos, derivadas de los procesos de investigación y experimentación científica.

La autogestión productiva para el desarrollo agrario puede concretarse a partir de las condiciones naturales, económicas y sociales específicas de los núcleos agrarios de las diferentes regiones agroecológicas y socioeconómicas del país. Se pueden detonar proyectos productivos individuales, familiares y asociativos, con la participación de sujetos agrarios experimentados, pero también de jóvenes emprendedores con acceso a la tecnología, haciendo uso de la informática y de las redes de información para la producción, procesamiento y comercialización.

Las opciones productivas pueden ser especializadas o de combinación de especies vegetales y animales en proyectos de producción primaria, agroindustriales y de servicios. Los espacios productivos pueden ser en condiciones de minifundio, traspatio, granja integral familiar, huertos familiares orgánicos, huertos comunitarios, parcelas escolares, parcelas de la juventud rural, parcela de la unidad industrial de la mujer. Pueden disponer de agua para riego o depender de las lluvias del temporal. Las opciones territoriales, las estructuras sociales y organizativas, así como las condiciones tecnológicas son múltiples.

Es importante la consideración de las condiciones ambientales y climáticas locales y regionales en la planeación y ejecución de proyectos productivos autogestivos para el cultivo y manejo de las especies más adecuadas. También es muy importante tomar en cuenta la lógica, escala, interés, propósito y destino de la producción.

En el campo tecnológico el proceso productivo autogestivo puede partir de los saberes y la experiencia de los sujetos agrarios involucrados, pero también de los resultados y experiencias exitosas generadas por la investigación científica, las innovaciones y casos sobresalientes de producción generados por otros emprendedores.

6. BENEFICIOS DE LA AUTOGESTIÓN PRODUCTIVA PARA EL BIENESTAR DEL SECTOR AGRARIO

La autogestión productiva para el bienestar agrario genera una serie de beneficios para la población del medio rural pero también de las zonas urbanas, entre ellos se pueden destacar los siguientes:

Sociales: se generan empleos entre los sujetos agrarios; se contribuye a fortalecer la cohesión familiar; se preservan y desarrollan valores de solidaridad y ayuda mutua;

se propicia menor propensión a la migración; se generan condiciones para menor propensión a la delincuencia en el campo y la ciudad y, con ello, se abona a la paz social.

Seguridad y salud alimentarias: al contribuir a un mayor abasto de alimentos limpios de pesticidas y exceso de agroquímicos producidos en sistemas orgánicos e inocuos, también se generan condiciones para mejorar la salud física y emocional de la población del campo y la ciudad.

La producción autogestiva aporta alimentos que benefician la salud: carbohidratos como fuente de energía, maíz, frijol, calabaza, trigo, arroz, papa y yuca, por mencionar algunos, así como otros de plantas silvestres y domesticadas como mezquite, nopal, tuna, pitahaya, huajes de leucaena y muchas otras especies de importancia regional que se aprovechan por los diversos grupos étnicos indígenas y campesinos desde épocas prehispánicas (Gómez González, Gerardo; Miranda Trejo, Gabriel y Gómez Calderón Hilaria Angélica, 2010).

Aporta proteínas derivadas de leche de cabra, vaca y borrega; carne de pollo, codorniz, palomos, cerdo, conejo, borrego, cabra y vaca; carne de especies silvestres: conejos, ardilla, armadillo, iguana, codorniz, paloma, venado, insectos comestibles, chapulines, escamoles y chinicuiles. Huevos de gallina, guajolota, pata, codorniz. Aporta vitaminas y minerales de frutas y hortalizas.

Otro importante beneficio social es la consolidación de los proyectos emprendidos en el mediano y largo plazos, al sustentarse en la iniciativa de los sujetos agrarios, en su dignidad, responsabilidad y compromiso con su propio destino. Al desarrollar procesos productivos basados en el conocimiento, saberes y tecnologías apropiadas derivadas de las experiencias locales y en la aplicación de innovaciones generadas en las instituciones de educación e investigación agrícola vinculadas con el sector.

Económicos: por el autoconsumo de productos de la agricultura familiar, así como de recolección local, los sujetos agrarios se ahorran gastos en la compra de alimentos, se generan ingresos complementarios en la unidad familiar por salarios devengados, así como por la venta de productos y servicios. También se contribuye al desarrollo del mercado interno local y regional. En el ámbito de la economía nacional, también se reduce el gasto de divisas en la importación de alimentos al aumentar la producción interna de estos.

Ambientales: se contribuye a la preservación del ambiente natural. Al hacerse un aprovechamiento racional e integral de los recursos naturales mediante la aplicación de tecnologías no contaminantes y amigables con el ambiente.

Se conservan y desarrollan *in situ* bancos de germoplasma de especies nativas y domesticadas de aprovechamiento local y regional para la alimentación humana y animal, plantas medicinales, ornamentales, de uso industrial, así como de importancia ecológica y genética. A manera de ejemplo se cita que en el estado de Chiapas una

organización integrada por mujeres, crearon un banco de semillas criollas de maíz para preservar y desarrollar su cultura y sus propiedades genéticas y alimenticias.

Según Elio Henríquez, corresponsal de *La Jornada*, en San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, mujeres indígenas de la Red de Productores de Semillas Criollas iniciaron hoy la siembra de más de 30 variedades de maíz en parcelas demostrativas ubicadas en el Centro de Desarrollo Comunitario La Albarrada, propiedad del gobierno estatal, como un acto de protesta en contra de los productos transgénicos y en defensa de la cultura y de las semillas nativas.

El coordinador de la Red, ingeniero agrónomo Arturo Farrera González explicó que “la idea es que quede aquí una especie de banco de germoplasma de todas las semillas que hay en la región y que haya un intercambio de conocimientos de cómo siembra la milpa cada familia, con su tecnología local”.

El ingeniero Farrera González sostuvo que “es una tradición que las mujeres también siembren la milpa porque, ya que juegan un papel importante en la producción de alimentos, ellas seleccionan la semilla, la cuidan y la almacenan; saben cuál sirve para hacer el atole y cuál aguanta las plagas porque cada semilla tiene una historia familiar. Acuérdense que la agricultura la inventó la mujer, no el hombre”. En *La Jornada*, 24 de junio de 2013.

Servicios ambientales: preservación de los recursos naturales, producción de agua limpia, producción de oxígeno, preservación del paisaje, preservación y desarrollo de conocimientos sobre los elementos y recursos naturales. Se contribuye también a preservar y desarrollar la biodiversidad de especies vegetales y animales.

A manera de resumen, sobre las múltiples funciones y beneficios de la agricultura campesina para dar respuestas a los mayores desafíos de la humanidad se puede citar el planteamiento de Peter Rosset del *Institute for Food and Development Policy (Food First)*:

...proveer una alimentación sana en cantidad suficiente a la población del planeta, usar los recursos naturales sin destruirlos, dar trabajo a todos los habitantes del campo que no pueden esperar encontrar empleo en las ciudades o en otros sectores de actividad que la agricultura, reducir los conflictos y ayudar a que haya paz. Habría que añadir a esta lista participar a la lucha contra el calentamiento global. (En http://www.agter.org/bdf/es/corpus_chemin/fiche-chemin-247.html).

Para concretar las acciones autogestivas para el bienestar agrario resulta fundamental la actualización, capacitación y profesionalización de los involucrados: las y los indígenas, campesinas y campesinos de México, así como los dirigentes, cuadros profesionales y técnicos de las diversas organizaciones campesinas que coadyuvan en la gestión y defensa de sus intereses sociales. En el medio rural varios jóvenes son profe-

sionales y técnicos, ellos pueden ser la base para acelerar la construcción de procesos de desarrollo agrario sustentables.

BIBLIOGRAFÍA

- Consejo Nacional para la Evaluación de la Política Social (CONEVAL). 2015. <http://www.mexicosocial.org/index.php/mexico-social-en-excelsior/item/90-hambre-y-pobreza.html>.
- . 2015. *Medición de la pobreza en México y en las entidades federativas 2014*.
- El Universal*. 2015. En <http://www.eluniversal.com.mx/blogs/colectivo-alianza-por-la-salud-alimentaria/2015/08/11/agricultura-familiar-la-mejor-es-trategia>. (Fecha de consulta: 20 de agosto de 2015)
- El Financiero*. En <http://www.elfinanciero.com.mx/opinion/resultados-de-la-cruzada-nacional-contra-el-hambre.html>. (Fecha de consulta 19 de octubre de 2015).
- Enríquez, Elio. 2013. “Mujeres indígenas crean banco de semillas nativas en Chiapas”. En *La Jornada*, 24 de junio de 2013.
- FAO. 2015. *Panorama de la inseguridad alimentaria en América Latina y el Caribe*. En <http://www.fao.org/3/a-i4636s.pdf>. (Fecha de consulta: 18 de octubre de 2015).
- . 2015. En <http://www.fao.org/3/a-i4636s.pdf>. (Fecha de consulta: 18 de octubre de 2015).
- . 2014. En <http://www.fao.org/resources/infographics/infographics-details/es/c/272983/>. (Fecha de consulta: 28 de agosto de 2015).
- . 2014. En <http://www.fao.org/resources/infographics/infographics-details/es/c/272983/>. (Fecha de consulta: 28 de agosto de 2015).
- y SAGARPA. 2012. “Agricultura familiar con potencial productivo”, pág. 16. En http://www.sagarpa.gob.mx/programas2/evaluacionesExternas/Lists/Otros%20Estudios/Attachments/42/Agricultura%20Familiar_Final.pdf.
- Gómez Espinosa, José Antonio y Gómez González, Gerardo. 2006. “Saberes tradicionales agrícolas indígenas y campesinos: rescate, sistematización e incorporación a las i eas”, en *Ra Ximhai*, vol. 2, núm. 1, enero-abril de 2006, pp. 97-126.
- Gómez González, Gerardo; Miranda Trejo y Gómez Calderón Angélica. 2010. “Soberanía Alimentaria en México: Perspectivas a 200 años de la Independencia y 100 de la Revolución”, en *Agricultura, Ciencia y Sociedad Rural 1810 – 2010*, vol. V, Sociedad Rural y Soberanía Alimentaria, Universidad Autónoma Chapingo.

- , Gómez Calderón, Elvia Xitlali y Gómez Calderón, Yuriena Gerenarda. 2008. “Perspectivas de los agronegocios en el desarrollo indígena: caso del estado de Querétaro, en *Ra Ximhai*, vol. 4, núm. 3, septiembre-diciembre de 2008, pp. 607-623.
- y Urbalejo Guerra, Carlos. 2006. “Derechos humanos, autonomía y poder local indígena en México (sus perspectivas ante la globalización)”, en *Ra Ximhai*, vol. 2, núm. 1, enero-abril de 2006, pp. 127-149.
- INEGI, 2010; CONEVAL, 2012; FAO, 2013. En <http://thp.org.mx/mas-informacion/datos-de-hambre-y-pobreza/>.
- La Jornada*. 2015. Suplemento informativo de *La Jornada*. 15 de agosto de 2015, núm. 95, año VIII, pág. 2. (Fecha de consulta: 26 de agosto de 2015).
- López Aguilar, Cruz. 2015. *2º Informe de Labores 2014-2015*. Procuraduría Agraria. México.
- Márquez, Ana Lucia. 2015. En <http://www.eluniversal.com.mx/blogs/colectivo-alianza-por-la-salud-alimentaria/2015/08/11/agricultura-familiar-la-mejor-estrategia>), <http://www.fao.org/family-farming/detail/es/c/325593/>. (Fecha de consulta: 20 de agosto de 2015).
- Peña Nieto, Enrique. 2013. En <http://www.presidencia.gob.mx/articulos-prensa/mensaje-a-la-nacion-del-presidente-de-los-estados-unidos-mexicanos/>. (Fecha de consulta: 2 de marzo de 2015).
- Robles Berlanga, Héctor. 2007. *El sector rural en el siglo XXI. Un mundo de realidades y posibilidades*. CEDRSSA. México. Algunos datos fueron actualizados con datos del INEGI: *Censo Agrícola Ganadero 2007; Censo Ejidal 2007 y Censo General de Población y Vivienda 2010*.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 2015. En http://www.sagarpa.gob.mx/ProgramasSAGARPA/2015/Programa_integral_de_desarrollo_rural/Agricultura_familiar_periurbana_y_de_traspatio/Paginas/Descripci%C3%B3n.aspx.
- Vásquez García, Sócrates y Gómez González, Gerardo. 2006. “Autogestión indígena en Tlahutoltepec, Mixe, Oaxaca”, en *Ra Ximhai*, vol. 2, núm. 1, enero-abril de 2006, pp. 151-169.
- Soto Baquero, Fernando. 2015. Suplemento informativo de *La Jornada*, 15 de agosto de 2015, núm. 95, Año VIII, pág. 4.
- Schwentesius de Rindermann, Rita y Ayala Garay, Alma Velia. 2014. *Seguridad y soberanía alimentaria en México. Análisis y propuestas de política*. Plaza y Valdés. México.

II. CARACTERIZACIÓN DEL SUELO

NICOLÁS CERDA RUIZ

1. INTRODUCCIÓN

La ciencia del suelo se ubica en la actualidad en un contexto nuevo: ya no considera al suelo como un ente muerto o estable y superficial, sino más bien como un complejo dinámico, con propiedades y características bien definidas, dentro de las cuales se mencionan algunas como génesis, morfología, física, química y microbiología. En referencia a lo anterior, en este documento se pretende describir una caracterización del suelo abordando parte de sus atributos físicos, químicos, materia orgánica, microbiología y su ubicación taxonómica, con la finalidad de que los lectores se familiaricen con este recurso natural tan importante y significativo en la vida del hombre.

2. LAS PLANTAS NECESITAN ALIMENTO

Nutrientes esenciales. Al igual que todo ser viviente, las plantas necesitan alimento para crecer y desarrollarse. El hombre y otros animales sólo pueden subsistir con alimentos en forma orgánica, es decir, alimentos derivados de productos vegetales o animales. Por su parte, las plantas tienen la capacidad de formar tejidos orgánicos directamente de materias inorgánicas. Viven, crecen y se reproducen tomando agua y sustancias minerales del suelo, bióxido de carbono del aire y energía del sol para formar tejidos vegetales.

De la gran cantidad de elementos que se han identificado en los tejidos vegetales, solamente 16 han resultado indispensables para su crecimiento, desarrollo y reproducción. Estos elementos esenciales se denominan “nutrientes” (Ortiz V. y Ortiz S. 1990). Para ser considerado esencial, el elemento debe cumplimentar los tres requisitos siguientes:

- Una deficiencia del elemento imposibilita que la planta complete la etapa vegetativa o reproductiva de su vida.
- Los síntomas de deficiencia del elemento pueden evitarse o corregirse solamente suministrándole dicho elemento.
- El elemento está directamente relacionado con la nutrición de la planta, completamente aparte de su posible efecto en la corrección de toda alteración microbiológica o química del suelo o medio de cultivo.

Los elementos esenciales son: carbono, hidrógeno, oxígeno (que provienen del aire y del agua del suelo) y nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre, hierro, zinc, manganeso, cobre, boro, molibdeno y cloro, que se suministran de las reservas

del suelo o mediante la aplicación de abonos y fertilizantes. Además, algunas especies vegetales han demostrado que les aprovecha la presencia de cobalto, sodio, silicio y posiblemente vanadio, pero éstos no se consideran nutrientes esenciales.

Las plantas utilizan nitrógeno, fósforo y potasio en grandes cantidades. Por consiguiente se les denomina “nutrientes principales” (o primarios). El calcio, el magnesio y el azufre se requieren en cantidades menores, aunque apreciables, y ahora se les clasifica como “macronutrientes” en lugar de nutrientes “secundarios”. El hierro, el zinc, el manganeso, el cobre, el boro, el molibdeno y el cloro son necesarios a las plantas en cantidades muy pequeñas y por tanto se les denomina “micronutrientes” u “oligoelementos”.

Los nutrientes minerales, incluyendo el carbono, el hidrógeno y el oxígeno, que se absorben del agua y el aire, junto con las formas en que las plantas los reciben aparecen en el Cuadro 1.

Las leguminosas (por ejemplo, los guisantes, los frijoles y los garbanzos) y algunos cultivos forrajeros (como el trébol y la alfalfa) pueden obtener del aire parte de su nitrógeno mediante fijación bacteriana en los nódulos de las raíces; otros cultivos obtienen su nitrógeno solamente cuando éste se ha mineralizado en forma asimilable por la planta a partir de los residuos orgánicos del suelo y de los fertilizantes y abonos que se les apliquen.

Cuadro 1. Elementos esenciales o nutrimentos para el crecimiento de las plantas

Elemento	Símbolo	Forma de absorción
Carbono	C	CO ₂
Hidrógeno	H	H ₂ O
Oxígeno	O	H ₂ O, CO ₂
Nitrógeno	N	NH ₄ ⁺ , NO ₃ ⁻
Fósforo	P	H ₂ PO ₄ ⁻ , HPO ₄ ²⁻
Potasio	K	K ⁺
Calcio	Ca	Ca ²⁺
Magnesio	Mg	Mg ²⁺
Azufre	S	SO ₄ ²⁻
Hierro	Fe	Fe ²⁺ , Fe ³⁺

Elemento	Símbolo	Forma de absorción
Zinc	Zn	Zn^{2+} , $Zn(OH)_2$
Manganeso	Mn	Mn^{2+}
Cobre	Cu	Cu^{2+}
Boro	B	$B(OH)_3$
Molibdeno	Mo	MoO_4^{2-}
Cloro	Cl	Cl^-
Silicio	Si	$Si(OH)_4$
Sodio	Na	Na^+
Cobalto	Co	Co^{2+}
Vanadio	V	V^+

3. EL SUELO COMO BASE DE LA PRODUCCIÓN DE CULTIVOS

Suelo, de acuerdo a la *Taxonomía de suelos (Soil survey staff, 1990)* se define como “la colección de cuerpos naturales sobre la superficie terrestre, en algunos lugares modificada o inclusive hecho por el hombre a partir de materiales terrestres, que contiene materia viva y que soporta o es capaz de soportar plantas en forma natural”.

De la definición anterior se desprende que el suelo es el medio en que se produce el crecimiento de las plantas. Les ofrece soporte mecánico, abastece de agua y oxígeno sus raíces y les proporciona nutrientes. La fertilidad del suelo es la capacidad de éste para suministrar a las plantas nutrientes, agua y oxígeno en cantidades adecuadas para su crecimiento óptimo.

La fertilidad del suelo incluye la composición química y la disponibilidad de elementos nutrientes para las plantas, la disposición y propiedades físicas de las partículas y la materia orgánica del suelo, que controlan la existencia de agua y oxígeno, y la naturaleza y actividad de los microorganismos del suelo. La fertilidad del suelo es un factor de importancia que determina las necesidades de fertilizantes, así como el nivel de producción agrícola que puede obtenerse.

4. FORMACIÓN DEL SUELO

Los suelos se forman mediante un proceso conocido como meteorización, que se produce por medios físicos y químicos. Los medios físicos dividen las rocas en fragmentos menores y los desplazan de un lugar a otro, en tanto que los medios químicos modifican la composición mineral de los componentes del suelo. El efecto de la meteorización física se conoce como desintegración, mientras que el producido por agentes químicos se denomina descomposición.

La temperatura (el calentamiento y enfriamiento alternos) es la causa principal de la desintegración de las rocas; también la fuerza de expansión debida a la congelación del agua en grietas y orificios provoca su rápida desintegración. Esta se produce, asimismo, por la erosión bajo la influencia del agua, el hielo y el viento; y también la motivan factores relativos a las plantas, los animales y los seres humanos.

La acción del agua (y del oxígeno y el bióxido de carbono contenidos en ella) constituye el principal agente de descomposición de las rocas. Algunos de los productos de la descomposición son solubles en agua y pueden ser lixiviados del suelo en las aguas de avenamiento. Los materiales que más sufren la meteorización, producto de la desintegración y la descomposición, son las partículas de arcilla, las de menor tamaño del suelo. Muchas importantes propiedades del suelo (adhesión y cohesión de las partículas, capacidad de retención del agua y los nutrientes de las plantas) están regidas por el contenido y la naturaleza de la fracción arcillosa.

La meteorización proporciona un medio cuya naturaleza depende del material básico original y que finalmente se convierte en suelo mediante procesos ulteriores. Los microorganismos del suelo (hongos, bacterias, etcétera) ejercen su acción sobre la roca madre y sobre los productos de la meteorización, las plantas superiores arraigan y los pequeños animales también comienzan a vivir en el suelo y de él.

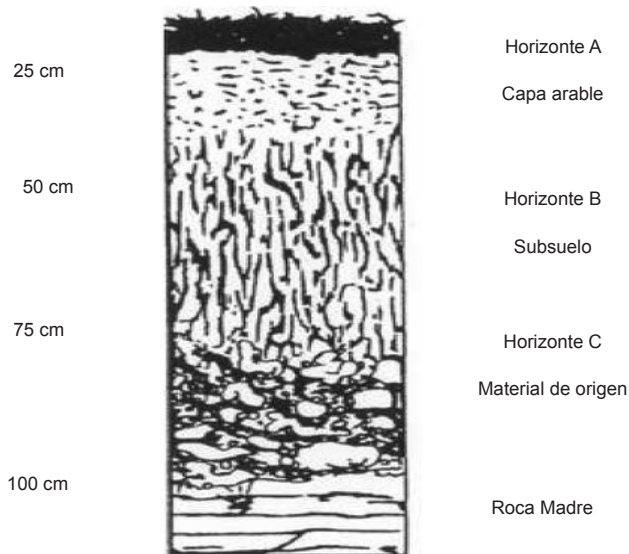
Las actividades de estos organismos, conjuntamente con la descomposición de sus desechos, aceleran el proceso de formación del suelo y convierten los productos de la meteorización en un medio biológicamente activo, cuya fertilidad depende de la naturaleza de la roca madre, del proceso de meteorización y de las condiciones climáticas. La formación de un suelo productivo puede requerir siglos o incluso milenios. Pero el maltrato puede destruirlo en pocos años. Por tanto, son de máxima importancia la conservación del suelo y el mantenimiento de la fertilidad.

Varios factores pueden desplazar el material rocoso desintegrado de su lugar de formación y depositarlo para formar un suelo en otra parte; el material depositado por las aguas de escorrentía forma suelos aluviales, los depósitos formados por la acción del viento se conocen como eólicos y los desplazamientos del hielo dan lugar a la formación de depósitos glaciales. Las aguas de escorrentía y el viento transportan más fácilmente las partículas pequeñas que las grandes, lo que origina una separación bastante importante según el tamaño de las partículas. Los suelos que se han

formado con material que ha permanecido en su lugar de origen se conocen como suelos autóctonos.

Algunos de los productos de la meteorización, incluidos el material soluble en agua y la arcilla fina, pueden eliminarse de las capas superficiales y depositarse en las inferiores. En consecuencia, se crean estratos diferentes con color, textura y propiedades fisicoquímicas distintos y el corte transversal de un suelo con estas capas definidas se conoce como perfil del suelo (*Figura 1*). Las capas individuales reciben el nombre de horizontes.

Figura 1. Perfil típico del suelo. Aspecto de un corte transversal que muestra los horizontes del suelo



En agricultura reciben el nombre de suelo las capas u horizontes superiores (la capa arable), que proporcionan gran parte de las zonas radiculares, el abastecimiento de agua y nutrientes. Sin embargo, las raíces de la mayoría de los cultivos alcanzan mucha mayor profundidad y se nutren de los horizontes inferiores del suelo, por lo que al adoptar decisiones respecto de su ordenación es importante tener en cuenta todo el perfil del suelo.

5. COMPOSICIÓN DEL SUELO

La materia mineral, el aire, el agua y la materia orgánica son los principales elementos constituyentes del suelo. El tamaño de las partículas minerales fluctúa entre materiales gruesos, como piedras, gravilla y arena gruesa, y partículas muy finas de limo y arcilla. La materia orgánica se forma por la descomposición de los residuos vegetales y animales. El aire y el agua ocupan los espacios vacíos del suelo.

Para lograr un crecimiento adecuado de los cultivos, el suelo debe poseer buenas condiciones físicas, químicas y biológicas; y los principales requisitos para ello, se describen en las secciones siguientes:

5.1 Propiedades físicas

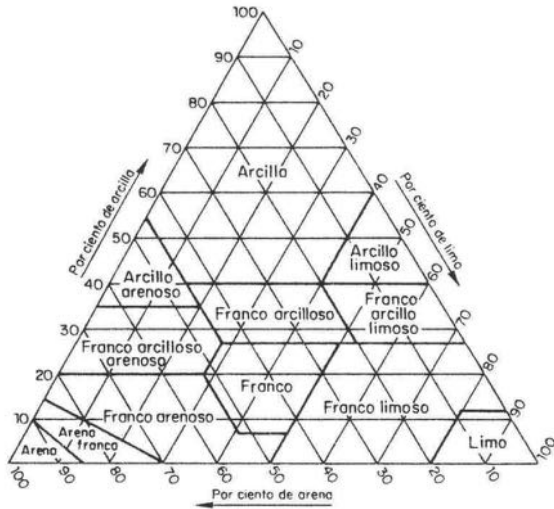
a) Textura del suelo

La textura del suelo se refiere a la proporción en que se hallan presentes en el suelo partículas minerales de diferentes tamaños (2mm o menos de diámetro). Las partículas que componen el suelo se dividen por lo general en tres clases texturales básicas, según normas del Departamento de Agricultura de Estados Unidos: arenosas (de 2 a 0.05mm de diámetro), limosas (de 0.05 a 0.002mm) y arcillosas (de menos de 0.002mm). Los suelos se clasifican, según la proporción relativa del tamaño de estas partículas, en grupos texturales como arenoso, franco arenoso, franco arcilloso, arcilloso, etcétera (*Figura 2*).

La textura del suelo puede determinarse en forma bastante aproximada mediante la percepción al tacto en condiciones de campo, que es posible confirmar en el laboratorio. Los términos de “ligeros” para los suelos arenosos y “pesados” para los arcillosos que emplean los agricultores se basan en la apreciación práctica de la facilidad de laboreo.

Las propiedades físicas del suelo, como la facilidad para cultivar, la capacidad para retener los nutrientes y la humedad, la aireación, el avenamiento y en alguna medida la capacidad de laboreo, están muy influidas por la textura del suelo. Los suelos arenosos ofrecen buena aireación y avenamiento, y suelen ser sueltos y friables, por lo que resulta fácil su cultivo. Los suelos que poseen un alto contenido de arcilla, que tienen espacios internos, poseen una elevada capacidad de absorción y retienen bien los nutrientes y la humedad. Los suelos arcillosos casi siempre tienen poros finos, avenamiento y aireación deficiente y las operaciones de laboreo son relativamente difíciles. Los suelos limosos son intermedios entre los arenosos y los arcillosos y son apropiados para la mayoría de los cultivos.

Figura 2. Texturas del suelo



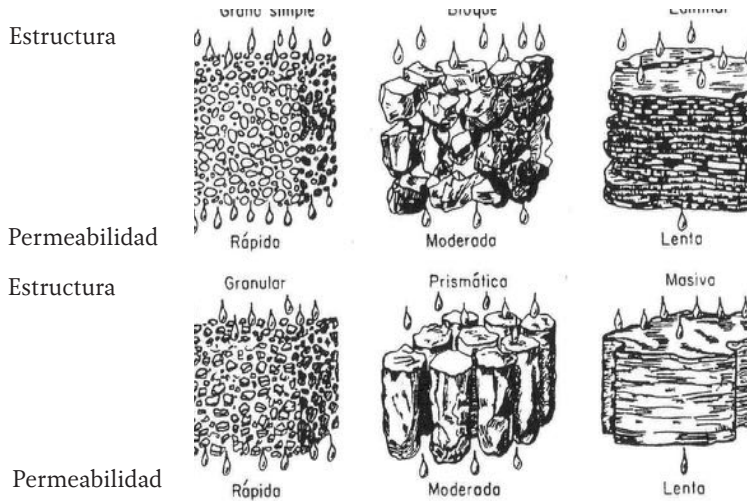
b) Estructura del suelo

Las partículas del suelo (arena, limo y arcilla) suelen mantenerse agrupadas entre sí en forma de agregados. La agregación de las partículas del suelo siguiendo una modalidad definida se conoce como estructura del suelo. Como mejor puede estudiarse en el terreno en condiciones naturales.

El tipo de estructura (*Figura 3*) se determina por el tamaño, forma y constitución de los agregados. La estructura granular como partículas porosas redondeadas se considera la mejor para el crecimiento de los cultivos. Los suelos de estructura granular generalmente presentan características satisfactorias de porosidad, capacidad de retención de la humedad, aireación y avenamiento y se dice que poseen una buena capacidad de laboreo.

La capacidad de laboreo se mejora mediante operaciones agrícolas oportunas y con el mantenimiento de un contenido adecuado de materia orgánica en el suelo, o sea, mediante la aplicación de abonos orgánicos.

Figura 3. Tipos de estructuras de suelos y permeabilidad (Soils Lab. Exercise Source Book. Hide S. Jacobs and Robert M. Reed. Editors, ASA. Madison, Wisc. USA, 1954)



c) El agua del suelo

El espacio que queda entre las partículas del suelo se conoce como “espacio poroso” y está lleno de agua y aire en proporciones variables, según el contenido de humedad del suelo. Los suelos fértiles deben suministrar agua y oxígeno tomado del aire del suelo a las raíces de las plantas.

El suelo recibe agua en forma de precipitaciones pluviales o riego y la pierde mediante el avenamiento del perfil, la evaporación de la superficie del suelo y la absorción y transpiración de las plantas. Después de una lluvia o riego abundantes, todos o casi todos los espacios porosos estarán llenos de agua y se dice que el suelo está saturado. Parte de esta agua puede perderse por el avenamiento, en tanto que otra queda retenida por las partículas del suelo y en torno a éstas; cuando se ha producido el avenamiento completo del agua libre (durante algunos días o, en algunos suelos, semanas) se dice que el suelo se encuentra a capacidad de retención de agua.

Gran parte del agua del suelo a capacidad de retención de agua puede ser utilizada por las plantas, pero hay otra que está retenida demasiado firmemente en el suelo para que los cultivos la absorban. Cuando los cultivos han agotado el agua del suelo hasta este nivel, se dice que el suelo se encuentra en el punto de marchitamiento. La diferencia entre el agua de la capacidad de retención de agua y el punto de marchitamiento es la que está disponible para los cultivos.

Varía grandemente, sobre todo en relación con la textura del suelo; cuando las precipitaciones son inadecuadas o esporádicas es de gran importancia para determinar la productividad del suelo.

d) El aire del suelo

La composición del aire del suelo es aproximadamente la misma que la de la atmósfera, pero contiene más bióxido de carbono y agua (humedad) y menos oxígeno; además puede variar con mucha rapidez. Para el crecimiento normal de las plantas es necesario que exista un equilibrio adecuado entre el agua y el aire del suelo. Las precipitaciones, el riego, el avenamiento y el laboreo son los principales factores que rigen la participación de los espacios porosos que se llenan de agua y de aire. El mantenimiento de la aireación correcta es más difícil en los suelos arcillosos que en los arenosos.

5.2 Los minerales arcillosos y su efecto sobre las propiedades del suelo

Las partículas de mayor tamaño (la arena y la mayor parte del limo) son inactivas químicamente. La base de la actividad química de los suelos reside en las partículas coloidales de la arcilla y el humus, de menos de dos micrones (μ , o sea, 10^6) de diámetro. Todos los suelos, excepto los arenosos puros, contienen partículas de tamaño coloidal. Las partículas coloidales inorgánicas (arcilla) y orgánicas (humus) existen en una mezcla sumamente íntima y sus propiedades son difíciles de separar.

La arcilla se compone predominantemente de minerales secundarios (minerales arcillosos) que se forman como producto de la acción de la meteorización sobre la roca madre, pero que no se encuentran como tales en el material de origen. Las arcillas de silicato y las arcillas de óxido hidratado de aluminio y hierro son los dos grupos reconocidos. Las primeras suelen producirse en regiones templadas, en tanto que las segundas se forman cuando el desgaste por la meteorización ocurre en climas tropicales y subtropicales.

Cada partícula de arcilla está compuesta por un gran número de unidades estructurales semejantes a láminas. Debido a su pequeño tamaño, las partículas de arcilla dejan expuesta una gran cantidad de superficie y por añadidura poseen una estructura semejante a las láminas, lo que les proporciona una amplia superficie interna. Las partículas de arcilla son higroscópicas y por lo tanto atraen grandes cantidades de agua que quedan retenidas más o menos firmemente en sus superficies internas y externas.

A causa de su estructura reticular cristalina incompleta, los coloides arcillosos poseen una carga negativa y muestran muchas de las propiedades de los aniones. Por tanto, atraen los iones de carga positiva (cationes) y actúan a manera de almacenes de los nutrientes vegetales que están contenidos en el suelo o que se absorben como cationes (NH_4^+ , K^+ , Mg^{++} , Ca^{++} y otros). Los minerales arcillosos, en consecuencia, ejercen una influencia muy poderosa sobre la capacidad del suelo para proporcionar nutrientes y agua.

6. PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO

6.1 Fuentes de nutrientes de las plantas

Las fuentes de nutrientes de las plantas en el suelo pueden dividirse en componentes naturales y agregados. Las fuentes naturales son las que se derivan de los minerales del suelo y también las derivadas de la descomposición de los residuos vegetales y de la materia orgánica del suelo. Las fuentes agregadas son las que se añaden directamente en fertilizantes o abonos orgánicos. Todos los nutrientes están sujetos a procesos de inmovilización y removilización en formas asimilables por las plantas; los procesos varían de nutriente a nutriente y son de naturaleza tanto biológica como química.

Los procesos biológicos son principalmente la absorción por la microflora edáfica y la liberación a su muerte y descomposición; son especialmente importantes respecto del suministro de nitrógeno y moderadamente importantes respecto del azufre y el fósforo. Entre los procesos químicos están la precipitación como compuestos insolubles, a los cuales está sometido sobre todo el fósforo, y la inmovilización de cationes en partes del complejo de adsorción de cationes minerales de la arcilla, que puede afectar los iones NH_4^+ y K^+ . Es importante destacar que en casi todos los nutrientes la proporción del total del contenido de nutrientes del suelo que es asimilable por las plantas en cualquier momento es muy pequeña.

6.2 Reacción del suelo y su efecto sobre la disponibilidad de nutrientes

La aptitud de un suelo como medio para el crecimiento de plantas y microorganismos deseables depende notablemente de la reacción del suelo (es decir, si el suelo es ácido, neutro o alcalino). El grado de acidez o alcalinidad se expresa en términos de pH y se determina convenientemente en forma de una escala (Figura 4). El grado de acidez o alcalinidad está controlado en gran medida por la relación de los iones H^+ (ácidos) respecto de los cationes básicos, principalmente Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ y Na^+ . Los suelos muy ácidos están dominados por iones H^+ , los suelos menos ácidos y neutros por iones Ca^{++} (con Mg^{++} , K^+ e H^+), en tanto que la presencia de bastante Na^+ produce una reacción alcalina.

La reacción del suelo tiene una gran influencia sobre la disponibilidad de los nutrientes vegetales, que suele ser más elevada entre pH 6.5 y 7.5 (Figura 5). En especial, el fósforo no está disponible en suelos sumamente ácidos debido a la precipitación como fosfatos de aluminio y hierro insolubles, y en suelos con elevado pH debido a la precipitación de formas insolubles del fosfato de calcio. La actividad biológica es también mayor en niveles intermedios de pH (alrededor de pH 7), de manera que se incrementa la descomposición de la materia orgánica del suelo y la liberación de nutrientes como el nitrógeno, el fósforo y el azufre hacia formas asimilables por las plantas. Los suelos ácidos pueden ser encalados y los suelos alcalinos pueden recuperarse mediante la aplicación de yeso o azufre, a fin de acercar lo más posible el pH a 7 (neutro).

Figura 4. Escala de valores de pH de los suelos (Bukman y Brady 1985)

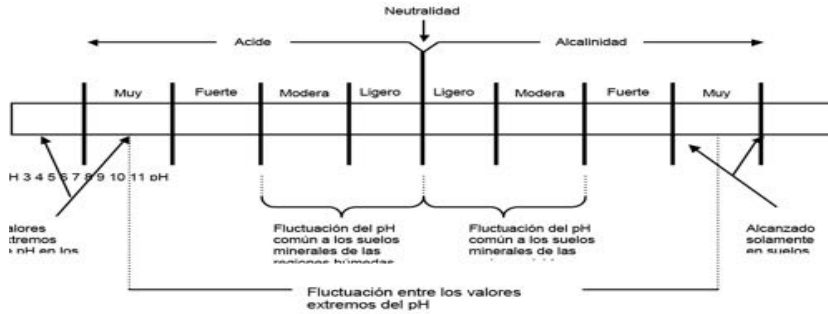


Figura 5. El pH del suelo, la disponibilidad relativa de nutrientes vegetales y la actividad de la microflora edáfica (mientras más ancha es la banda, mayores son la disponibilidad y la actividad)³



³ En http://www.madrimasd.org/blogs/universo/wp-content/blogs.dir/42/files/148/o_Bio-disponibilidad%20UNEX.gif. Consultado en septiembre de 2015.

6.3 Reacción óptima del suelo para los cultivos

Los cultivos difieren en su adaptación a la reacción del suelo. Muchos cultivos importantes, por ejemplo la cebada, el tabaco o la alfalfa, son sensibles a los suelos ácidos y sufren daños cuando se les cultiva en ellos, en tanto que otros, como la avena, las patatas y el té, toleran bastante bien la acidez. El arroz en condiciones de tierras inundadas puede cultivarse muy bien en un pH muy variado (Figura 6).

Figura 6. El pH óptimo del suelo para diversos cultivos (Ortiz, 1990)⁴

ACOMODACIÓN DE LOS CULTIVOS AL pH					
pH	5	5.5	6	6.5	pH
	Cultivos muy tolerantes	Cultivos tolerantes	Cultivos sensibles	Cultivos muy sensibles	
	Habichuelas	Zanahoria	Cebada	Alfalfa	
	Altramuz	Maíz	Coliflor	Espárrago	
	Avena	Algodón	Col	Remolacha	
	Sandía	Pepino	Nabo	Lechuga	
	Patata	Lenteja	Tabaco	Pimiento	
	Centeno	Guisante	Trigo	Cebolla	

7. MATERIA ORGÁNICA DEL SUELO

7.1 Fuentes de materia orgánica

En general el suelo contiene un porcentaje variable, pero relativamente pequeño, de materia orgánica en íntima mezcla con sus componentes minerales y los derivados de restos de plantas y animales, incluidas las raíces, rastrojos y otros residuos de cosechas, así como microorganismos del suelo tales como bacterias, hongos, lombrices de la tierra, etcétera.

El tipo y cantidad de materia orgánica presentes en el suelo están determinados por algunos factores como la reacción del suelo, el tipo de vegetación, la clase de microbios edáficos presentes, el avenamiento, precipitaciones, temperatura y métodos de ordenación.

En condiciones de campo, los residuos de cultivos, el abono verde, la paja, el composte y otros abonos orgánicos contribuyen a reponer la materia orgánica del suelo. Diversos tipos de microorganismos del suelo descomponen todos estos materiales y

⁴ En <http://image.slidesharecdn.com/reacciondelsuelo-141229070629-conversion-gate02/95/reaccion-del-suelo-4-638.jpg?cb=1419858433>. Consultado en septiembre de 2015.

al fin se convierten en un material amorfo bastante estable, de color pardo a negro, conocido como humus, que no se asemeja en modo alguno a los materiales que le dan origen.

7.2 Función de la materia orgánica

La materia orgánica del suelo tiene muchas funciones importantes:

- Ayuda a unir entre sí las partículas finas para formar unidades estructurales (agregados del suelo), con lo que contribuye a que el suelo se conserve suelto y granuloso y aumente su facilidad de laboreo;
- Mejora la aireación del suelo y la percolación y el movimiento descendente del agua, con lo que se reduce el riesgo de erosión del suelo;
- Incrementa la capacidad del suelo para la retención del agua y los nutrientes; de esta forma protege a muchos nutrientes de las pérdidas que provoca la lixiviación;
- Incrementa la cantidad de agua disponible en suelos arenosos y francos;
- Proporciona una reserva de nutrientes vegetales. La mayor parte del nitrógeno y gran parte del fósforo y el azufre del suelo existen en formas orgánicas que, cuando la materia orgánica se descompone, quedan disponibles para las plantas;
- Suministra diversos micronutrientes y sustancias que estimulan el crecimiento, como las hormonas;
- La materia orgánica fresca actúa como fuente de alimento de los microbios del suelo y de este modo mantiene la actividad microbiana y la liberación de nutrientes de la forma orgánica a la asimilable por las plantas, y
- Los ácidos orgánicos, que son productos de la descomposición de la materia orgánica del suelo, solubilizan el fósforo y otros nutrientes del suelo, y los hacen asimilables para los cultivos.

En zonas tropicales, el contenido de materia orgánica del suelo suele ser bajo debido a la rápida descomposición que se produce a temperaturas altas y resulta difícil incrementarlo, pero en zonas templadas es bastante mayor y el mantenimiento es también más fácil. Siempre que sea necesario, deberá intentarse mantenerlo o incrementarlo agregando estiércol de granja, composte, abono verde, etcétera, para mejorar las propiedades físicas y químicas del suelo y así obtener los beneficios de una mayor producción.

8. ORGANISMOS DEL SUELO

Entre los organismos del suelo hay animales tales como roedores, insectos y lombrices de la tierra, así como diversas formas de microflora, entre ellas algas, hongos y bacterias. Algunos son útiles y otros dañinos para las plantas. Los microbios útiles atacan la materia orgánica fresca y liberan los nutrientes vegetales en formas inorgánicas simples, que serán utilizadas por los cultivos. Por ejemplo, mediante la descomposición de la materia orgánica por los microbios se liberan nitratos, sulfatos, fosfatos y micronutrientes de la materia orgánica y los cultivos pueden utilizarlos. Los organismos e insectos dañinos atacan los cultivos y causan numerosos problemas de enfermedades y plagas.

Algunas bacterias también son capaces de fijar el nitrógeno de la atmósfera para sus propias necesidades metabólicas. Después de su muerte y descomposición, el nitrógeno fijado se utiliza en el crecimiento de los cultivos. Algunas de estas bacterias viven en asociación con plantas superiores, en tanto que otras son independientes. Las primeras reciben el nombre de simbióticas, mientras que las segundas se denominan bacterias de vida libre.

Las bacterias de vida libre pueden vivir independientemente de los cultivos siempre que las condiciones ambientales (humedad, temperatura y nutrientes del suelo) sean adecuadas. Las bacterias simbióticas que viven en los nódulos de las raíces de las leguminosas (tréboles, guisante, frijoles, etcétera) fijan el nitrógeno de la atmósfera en una forma que pueden utilizar ellas mismas y las plantas hospedantes, y también para los cultivos que crezcan posteriormente en el mismo terreno.

8.1 Agricultura orgánica

Después de diez mil años de actividad agrícola y en la finalización del siglo xx la encrucijada del hambre se estrecha cada vez más. A través de la historia la humanidad ha sido acompañada permanentemente por el espectro del hambre. A pesar del innegable avance científico en el campo agronómico, que ha permitido espectaculares incrementos de la productividad, hoy en día la producción de alimentos es insuficiente para alimentar a una población de crecimiento acelerado (Pineda, 1980).

Sin embargo, esta agricultura productivista que se ha desarrollado de forma espectacular en el último cuarto de siglo ha dado al traste con los recursos naturales, agua, suelo y la vida animal (acuática y terrestre), en ocasiones con daños irreversibles o con costos extremadamente altos que la sociedad no puede cubrir (Ruiz, 1996).

Existe una amplia corriente de grupos ecologistas, organizaciones gubernamentales y no gubernamentales, científicas y asociaciones de consumidores convencidos de que la solución al problema del equilibrio ecológico (entendido como las entradas y salidas en flujos iguales de agua, materia y energía a un ecosistema) desde la producción

agrícola estriba en la adopción de formas no dañinas a la naturaleza; sin embargo, cada uno de estos grupos tiene su propio enfoque (Torres y Trapaga, 1997).

Tomando como referencia el conocimiento de los problemas generados por las técnicas agrícolas actuales, en diversas partes del mundo se han desarrollado nuevas técnicas agrícolas; estos sistemas alternativos de producción agrícola en sintonía con el ambiente y las correspondientes técnicas agrícolas se denominan biológicas, ecológicas, orgánicas y biodinámicas (Ruiz, 1996).

La agricultura orgánica tiene una base más cercana a la racionalidad en uso de los recursos naturales. Implica componentes ecológicos, técnicos y sociales que permitan tener una producción de alimentos y fibras sin poner en riesgo la conservación de los recursos naturales, la diversidad biológica y cultural para las futuras generaciones, y que realmente permita un modelo de vida y de civilización distinto al que se ha impuesto a nivel mundial (Bejarano, 1993).

Los antecedentes más importantes para el nacimiento de la agricultura orgánica se remontan a las teorías desarrolladas por sir Albert Howard en el libro Testamento agrícola, publicado en Inglaterra en 1940, donde se menciona el papel fundamental del humus en el equilibrio biológico y en la fertilidad de la tierra. Otro precedente lo encontramos en Suiza en 1970, donde a través de las ideas del austriaco Hans Peter Rusch se menciona que la subsistencia de la población debe estar garantizada evitando el desperdicio, contaminación y la dilapidación del potencial productivo (Ruiz, 1993).

La agricultura orgánica surge como una alternativa que pretende básicamente una relación más armónica con la naturaleza, así como el garantizar un pago justo a los productores, un mejor trato a los trabajadores y al consumidor la sanidad y calidad del producto (Sánchez, 1995).

Entre los objetivos que se pretende desarrollar con la práctica de la agricultura orgánica, la Federación Internacional de Movimientos de Agricultura Orgánica o IFOAM (1994) menciona:

- a. Producir alimentos de alta calidad nutritiva y suficiente cantidad.
- b. Interactuar constructivamente y potenciando la vida con todos los sistemas y ciclos naturales.
- c. Fomentar e intensificar los ciclos biológicos dentro del sistema agrícola, que comprenden los microorganismos, la flora y fauna del suelo, las plantas y animales.
- d. Proteger y restaurar los procesos ecosistémicos que garanticen la fertilidad natural del suelo, la sostenibilidad y permanencia del mismo.
- e. Mantener e incrementar a largo plazo la fertilidad del suelo.
- f. Emplear en la medida de lo posible los recursos renovables en sistemas agrarios organizados localmente.

- g. Trabajar en la medida de lo posible en un sistema cerrado con respecto a la materia orgánica y los nutrientes minerales, con materiales y sustancias que puedan ser reciclables.
- h. Proporcionar al ganado condiciones de vida que le permitan desarrollar las funciones básicas de su conducta innata.
- i. Minimizar todas las formas de contaminación que puedan ser producidas por las prácticas agrícolas.
- j. Mantener la diversidad genética del sistema agrícola y de su entorno, incluyendo la protección de los hábitat de plantas y animales silvestres.
- k. Permitir que los productores agrícolas lleven una vida acorde con los derechos humanos establecidos por la ONU, cubran sus necesidades básicas, obtengan unos ingresos adecuados, reciban satisfacción de su trabajo y dispongan de un entorno natural sano.
- l. Tener en cuenta el impacto social y ecológico del sistema agrícola.
- m. Garantizar al consumidor el suministro de alimentos tanto en calidad como en cantidad.
- n. Generar fuentes de empleo y fomentar la calidad de vida en el medio rural.

Para cumplir los objetivos arriba enlistados, la IFOAM (2000) ha establecido una serie de normas, dentro de las cuales destacan:

1. Se prohíbe el uso de organismos provenientes de la ingeniería genética.
2. No está permitido utilizar fertilizantes obtenidos sintéticamente.
3. El uso de herbicidas, fungicidas, insecticidas y otros pesticidas sintéticos está prohibido.

9. CLASIFICACIÓN DE SUELOS

Un agrupamiento lógico de cualquier grupo de materiales heterogéneos o de individuos es necesario para estudiarlos; tal sistema de agrupamiento es conocido como clasificación.

En cualquier esquema de clasificación los individuos se asocian en grupos lógicos a causa de sus características, principiando el agrupamiento por los grupos más grandes y descendiendo después a los grupos más pequeños.

El sistema americano, o séptima aproximación como sistema comprensivo de clasificación de los suelos, fue presentado por técnicos americanos en el séptimo Congreso Internacional de la Ciencia del Suelo en 1960 en Wisconsin, Estados Unidos de América.

En esta taxonomía se usan seis categorías: Orden, Suborden, Gran Grupo, Subgrupo, Familia y Serie de Suelos; cada una de las cuales tiene sus propias características diferenciadoras. Actualmente este sistema de clasificación tiene doce órdenes y su nomenclatura se basa en términos derivados de raíces griegas y latinas. Los nombres de los doce órdenes de suelos consisten de tres o cuatro sílabas y cada nombre termina con el sufijo “sol“(suelo).

BIBLIOGRAFÍA

- Buckman H. O. y Brady N. C., 1985. *Naturaleza y propiedades de los suelos*. UTEHA. México.
- Castellanos R., J. Z. y Reyes C., J. L., 1982. *La utilización del estiércol en la agricultura. Memorias del Primer Ciclo Internacional*. Torreón, Coahuila, México.
- Durán G. B., 1995. *Efecto de la incorporación de la lombriz de tierra (Eisenia foetida) y Lumbricus rubellus como representante de la edofauna*. Tesis Profesional. Suelos. UACH.
- Edwards, C. A. y Dohlen P. J., 1996. *Biology and Ecology of Earthworms*. 3ª. Ed. Chapman & Hall. London.
- Ferruzzi C., 1986. *Manual de lombricultura*. Ed. Mundi Prensa. España.
- J. Papadakis, 1980. *El suelo*. Ed. Albatros. Buenos Aires, República de Argentina (1-18).
- León A. Regulo, 2006. *Nueva edafología*. Ediciones Culturales exclusivas; 3a Ed. México (47-87).
- Medrano, C. S., 1986. *Abonos orgánicos*. UACH.
- Ortega T. Enrique, 1981. *Química de suelos*. Ed. UACH. Chapingo, México. (1-24).
- Ortiz S. Carlos Alberto; Pájaro H. David; Gutiérrez C. Ma. del Carmen, 1994. *Introducción a la leyenda del mapa mundial de suelos FAO/Unesco, versión 1988*. Instituto de Recursos Naturales, Programa de Edafología, Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas, Montecillo, Estado de México. México.
- Ortiz V. Bonifacio; Ortiz S. Carlos Alberto, 1990. *Edafología*. 7a Ed. UACH. (1-215).
- P. Duchaufour, 1975. *Manual de edafología*. Ed. Toray-Masson, S. A. (1-118).
- Richard M. Peral, 1980. *Geología*. Ed. C.E.C.S.A., México. (125-129).
- Ruiz F. J. Feliciano, 1995. *Manejo de suelos arcillosos para una agricultura sustentable*. Impreso en UACH. México. (229-237).

Sampat A. Gavande, 1972. *Física de suelos*. Ed. Limusa–Wiley, S. A. México. (1-32).

Slocum, K, 1998. *Vermicomposting Livestock Manure*. Worm Digest 18. 6-9.

Slocum, S, 1998. *Pathogens in livestock Manure*. Worm Digest. 18.7

Soil Taxonomy. *A basic system of soil classification for making and interpreting soil survey staff*. Agriculture Handbook no. 436, 1975. Soil Conservation Service. US Department of Agriculture (91-108).

III. ETNOEDAFOLOGÍA Y CLASIFICACIÓN CAMPELINA DEL SUELO

BONIFACIO ORTIZ VILLANUEVA
CARLOS ALBERTO ORTIZ SOLORIO

1. UNIDADES DE SUELOS PROPUESTAS POR LA FAO PARA SER USADAS EN EL MAPA DE SUELOS DEL MUNDO

En 1961 se inició un proyecto conjunto entre la FAO y la UNESCO con los objetivos siguientes:

- Realizar una correlación de unidades de suelos a nivel mundial.
- Obtener un inventario del recurso suelo de todo el mundo a través de un conjunto de mapas de suelos con una leyenda común, y
- Proporcionar una herramienta útil para transferir fácilmente conocimientos sobre el uso y manejo de tierras.

En ese proyecto, originalmente coordinado por D. L. Brama, intervinieron pedólogos de varios países y dio por resultado una clasificación de suelos conocida como el Sistema FAO/UNESCO, el cual en un sentido estricto no es un sistema formal de clasificación.

El Sistema FAO/UNESCO es un sistema bicategorico. Su categoría más alta, la UNIDAD, tiene una equivalencia aproximada, aunque no completa, con el nivel de los “grandes grupos” del Sistema Americano (7a. aproximación). La categoría más baja, la SUBUNIDAD está formada por intergradados o suelos con horizontes o características especiales.

Un primer anteproyecto de las definiciones de unidades de suelo fue discutido en mayo de 1964 y, posteriormente, en el Octavo Congreso Internacional de la Ciencia del Suelo en Bucarest, Rumania, en el mismo año. Varios otros proyectos fueron discutidos y se consideraron las nuevas sugerencias en la preparación de la Leyenda del primer esquema del Mapa de suelos del mundo, que se presentó en el Congreso Internacional de la Ciencia del Suelo en Adelaida, Australia, en 1968.

Un total de 64 unidades de suelo han sido diferenciadas con base en el conocimiento actual y en relación con la distribución de los grupos mayores de suelos en el mundo.

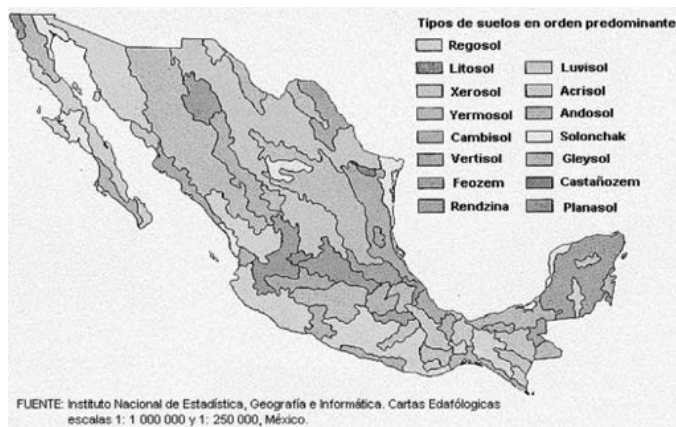
2. NOMENCLATURA

El uso de los nombres de suelos es una necesidad para una comunicación fácil. En un trabajo internacional es necesario que los nombres seleccionados no necesiten traducción

y que se omitan los términos que tengan significados diferentes en los diversos países. Se ha intentado aquí usar tantos nombres tradicionales como es posible, tales como Chernozems, Castañozems, Brunizems, Podzoles, Latosoles, Planosoles, Solonetz, Solonchak, Solod, Rendzinas, Regosoles y Litosoles. También han sido adoptados los nombres que en años recientes han llegado a ser más populares, como Vertisoles, Ranckers y Andosoles. El término Gleysoles ha sido obtenido de la Clasificación Canadiense de Suelos, aunque aquí se usa en un sentido más restrictivo.

La nomenclatura revisada hasta ahora, de las diferentes unidades, se informa en lo que sigue y se indica la etimología de los nuevos términos y su correspondencia con otros ya existentes, con especial referencia a las unidades reportadas para México.

Principales tipos de suelos de la República Mexicana



Para definir propiamente estas categorías fue necesario considerar a horizontes de diagnóstico, algunos de ellos los mismos que los del Sistema Americano (7a. aproximación). En el Cuadro 2 se presenta una clave simplificada para el Sistema FAO/UNESCO, elaborada por el personal del Museo Internacional de Suelos (ISM).

2.1 Los suelos de México

Nivel nacional

Ortiz (1981), basándose en el mapa de unidades de suelos de acuerdo con el Sistema de Clasificación FAO/UNESCO elaborado por la Dirección de Agrología de la SARH en 1972 y en los porcentajes de unidades dominantes, asociadas e inclusiones propuestas por la FAO, estimó las unidades principales de nuestro país; las diez más importantes se reportan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Unidades principales de suelos de México de acuerdo con el sistema FAO/UNESCO (Ortiz, 1998)

Unidad de suelos		Superficie (10 ⁶ ha)	Extensión (%)
Símbolo	Denominación		
I	Litsoles	29.2	14.6
Lc	Luvisoles crómicos	13.5	6.7
E	Rendzinas	13.4	6.7
Kl	Castañozem lúvicos	13.2	6.6
Kh	Castañozem háplicos	11.1	5.5
Vp	Vertisoles pélicos	9.5	4.7
Re	Regosoles eútricos	9.3	4.6
Yl	Yermosoles lúvicos	8.7	4.3
Yh	Yermosoles háplicos	8.2	4.1
Tv	Andosoles vítricos	7.3	3.6

Por otra parte, al unir los Yermosoles y Castañozems para indicar la presencia de Aridisoles (sistema americano), constituyen 20.5% del territorio, reflejando de igual manera que la falta de agua es un problema primordial.

Por considerarlo de interés, se ilustra en la *Figura 1* un mapa esquemático de la distribución de los Litsoles en México.

Suelos agrícolas

Ortiz (1985), partiendo de los mapas elaborados por el entonces Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (1980), estimó las superficies de los suelos agrícolas de México. En los *Cuadros 2 y 3* se reportan los resultados.

En las zonas agrícolas de riego los suelos dominantes son los Vertisoles cubriendo 38% de su área y 33% está integrada por suelos de zonas áridas (Xerosoles y Yermosoles).

Figura 1. Mapa esquemático de los LITOSOLES en México



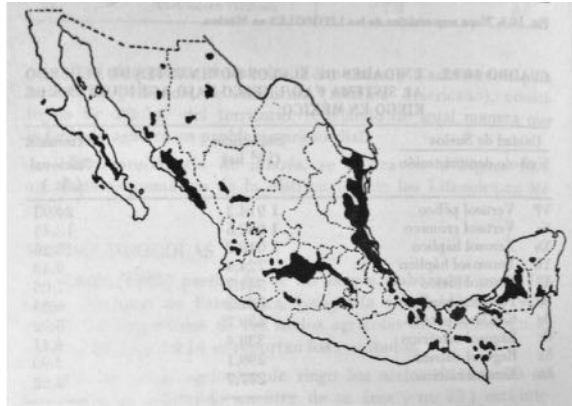
Cuadro 2. Unidades de suelos dominantes de acuerdo al sistema FAO/UNESCO bajo agricultura de riego en México

Unidad de suelos		Superficie (10 ³ ha)	Extensión nacional (%)
Símbolo	Denominación		
VP	Vertisol pélico	1,914.2	24.93
Vc	Vertisol crómico	1,032.6	13.45
Xh	Xerosol háplico	1,018.2	13.26
Yh	Yermosol háplico	724.4	9.43
Xl	Xerosol lúvico	541.7	7.05
Hh	Faeozem háplico	502.3	6.54
Be	Cambisol eútrico	439.7	5.72
Rc	Regosol calcárico	338.4	4.41
Re	Regosol eútrico	299.1	3.90
Xk	Xerosol cálcico	277.7	3.62
TOTAL NACIONAL:		8,714	100

Cuadro 3. Unidades de suelos dominantes de acuerdo al sistema FAO/UNESCO bajo agricultura de temporal en México

Unidad de suelos		Superficie (10 ³ ha)	Extensión nacional (%)
Símbolo	Denominación		
VP	Vertisol pélico	3,633.9	18.08
Hh	Faeozem háplico	2,445.3	12.16
Re	Regosol eútrico	2,428.3	12.08
I	Litosol	1,567.9	7.80
E	Rendzina	1,189.6	5.92
Xh	Xerosol háplico	1,158.7	5.77
Be	Cambisol eútrico	817.7	4.07
Le	Luvisol crómico	572.2	2.85
Kl	Castañozem lúvico	556.3	2.77
Th	Andosol húmico	538.0	2.60
TOTAL NACIONAL:		20,102.4	100

Figura 2. Mapa esquemático de los VERTISOLES en México

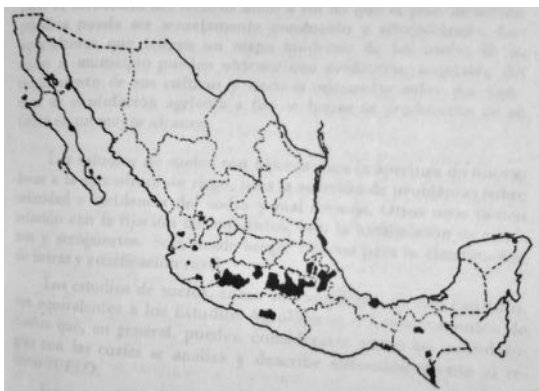


En las zonas agrícolas de temporal los suelos dominantes son también Vertisoles. Lo que llama la atención es la presencia de Litosoles y Rendzinas en cuarto y quinto lugar.

En la *Figura 2* se presenta un mapa esquemático de los Vertisoles en México y en la *Figura 3* de los Andosoles. Este último grupo de suelos ha sido sobreestimado a través del tiempo.

En general puede mencionarse que poco ha sido el uso de los sistemas de clasificación internacionales de suelos en nuestro país. Un defecto tradicional en México es el clasificar suelos con datos faltantes, lo que nos ha llevado a cometer serias equivocaciones que en un futuro deberán de ser corregidas.

Figura 3. Mapa esquemático de los ANDOSOLES en México



2.2 Etnoedafología

“Van a comenzar a barrer por su casa”

(Opinión de un campesino al solicitarle que nos platicara sus conocimientos sobre suelos).

2.2.1 La Etnoedafología

Actualmente existe una corriente en varias disciplinas que se apoyan en las percepciones, la forma como son comprendidos y manejados los objetos de estudio por el hombre. Este grupo de disciplinas constituyen las Etnociencias.

El estudio de los suelos no escapa a este tratamiento, y en particular en nuestro país, pues es probablemente una de las zonas más ricas del mundo en conocimientos campesinos pero, paradójicamente, poco estudiada y comprendida.

La Etnoedafología o estudio de los suelos a partir del conocimiento campesino, se origina formalmente a propuesta de Bárbara J. Williams (1972) con sus trabajos en el Valle de México.

En la época actual, caracterizada por falta de medios de diferentes tipos, parece ser que entender el conocimiento campesino no ofrece una alternativa para explicarnos las fallas que hemos cometido en el pasado y, a su vez, motivarnos a desarrollar estrategias que permitan al hombre de campo alcanzar sus aspiraciones.

2.2.2 Concepto campesino de suelo

Bárbara Williams y C. Ortiz (1982) mencionan que el concepto de suelo es diferente para técnicos y campesinos. Mientras que para el técnico se considera como un cuerpo natural, para el campesino sólo es la capa que trabaja. Lo anterior probablemente se haya originado desde las culturas prehispánicas, si partimos desde sus herramientas de trabajo, como la coa o Huictli (el término coa es originario de Cuba, mientras que huictli es la denominación náhuatl; véase Figura 4). Con la coa no era posible profundizar demasiado, de tal manera que su referencia era tan sólo la capa superficial del suelo.

Figura 4. Coa o Huictli



Además, el campesino no utiliza el término suelo sino que, en su lugar, emplea el de “tierra”.

Otros autores, como León Arteta (1984), indican que el concepto campesino de tierra no sólo corresponde a la capa superficial del suelo sino que es más amplio: incluye a la vegetación y a la atmósfera. Es decir, se considera como “el medio donde se desarrollan las plantas”.

2.2.3 La clasificación campesina de suelos

Datos prehispánicos

Uno de los primeros trabajos que reporta información del conocimiento campesino sobre tierras (suelos) es el escrito por Fray Bernardino de Sahagún entre 1569 y 1582, “basado en la documentación en la lengua mexicana y recogida por los mismos naturales”. En este monumental estudio se mencionan tierras de diferentes calidades, indicando por ejemplo que el atoctli, quauhtlalli y tlalcoztli eran suelos muy fértiles

donde se producía muy bien el maíz y el trigo. Mientras que el tequizquitlalli (suelo salino) era por naturaleza infértil.

Gibson (1978) menciona que ninguno de los nombres náhuatl de las tierras de buena calidad fueron incorporados al idioma español, mientras que, como política de desprestigio a lo autóctono, los nombres de tierras de mala calidad sí fueron incorporados, como sucede con tepetate y tequesquite (*tequizquitlalli*), que son conocidas hasta nuestros días.

Bárbara J. Williams (1985) en sus estudios sobre Códices Aztecas ha encontrado más de 40 glifos de diferentes clases de tierras, indicando que la clasificación azteca de suelos se usaba con fines administrativos y de manejo. En la *Figura 5* se muestra una parte del Códice Vergara y en la *Figura 6* algunos glifos de clases de tierras.

Figura 5. Fracción del Códice Vergara

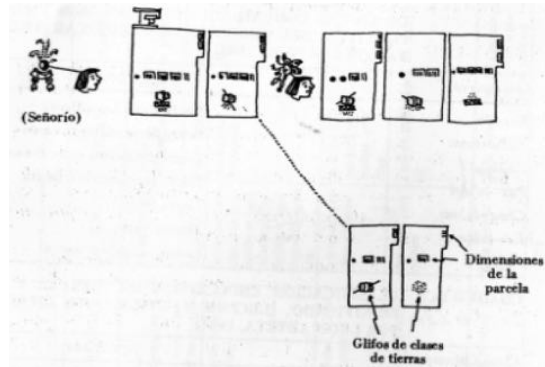


Figura 6. Glifos de suelos del Códice Vergara (mediados del siglo XVI)

GLIFO	NOMBRE NAHUATL	TRADUCCION
	<i>Tepetatl</i>	Tepetate
	<i>Xolaltl</i>	Tierra arenosa.
	<i>Atoctli</i>	Aluvión.
	<i>Teuhtalli</i>	Tierra limosa
	<i>Tesoquiltl</i>	Tierra de barro

De igual manera existen evidencias para diferentes grupos étnicos, como los mayas, tarascos, otomíes, purépechas, etcétera, sobre clasificaciones de tierras, las cuales a la fecha siguen siendo útiles para el hombre de campo.

Estas clasificaciones eran conocidas antes de la llegada de los españoles; conservadoramente podríamos ubicarlas en 1500 y, si comparamos esta fecha con la del origen de la moderna ciencia del suelo (1880), notaremos una ventaja en experiencia de aproximadamente cuatro siglos. Sobre todo que, a pesar de quererlas eliminar, se han conservado hasta nuestros días, tal vez modificadas en sus nombres o readaptadas a las innovaciones técnicas.

Clasificaciones campesinas actuales

Luna (1982), al estudiar la clasificación campesina en dos comunidades del Valle de México (Atenco y Huexotla), encontró que las denominaciones de tierras han sido castellanizadas; esto es, ya no se emplean los términos en náhuatl. Situación similar ocurre en las zonas chinamperas de Maquixco, Estado de México, y Mixquic, D.F. (Georgina Calderón, 1983), mientras que hay comunidades que mantienen nombres originales como las otomíes (Quiroz, 1983), mayas (Pérez Pool, 1984), chinantecos (Lucero y Ávila, 1974), tarascos o purépechas (Barrera-Bassols, 1981). Además, existe un tercer grupo que utiliza denominaciones originales para unas clases de tierras y castellanizaciones para otras, como en el estado de Guerrero (González Mateos, 1987).

En los Cuadros 4, 5, 6, 7 y 8 se reportan denominaciones de las clases campesinas de tierras en diferentes partes de la República Mexicana.

Cuadro 4. Denominaciones de clases campesinas de tierras en dos comunidades del Valle de México (Luna, 1982)

Comunidad	Clase de tierra
Atenco, México	Barro, salitre, lama, cacahuatuda, arena y blanca.
Huexotla, México	Negra, prieta, lama, amarilla, arena y tepetate.

Cuadro 5. Denominaciones de clases campesinas de tierras en dos zonas chinamperas del Valle de México (Georgina Calderón)

Zona chinampera	Clases de tierras
Maquixco, México	Amarilla, barro, arena, blanca, lama, tipisiluda y negra y arenosa con salitre.
Mixquic	Negra, amarilla, lama, tiza, pantano, lodo, arenosa, negra con salitre y amarilla barrialuda.

Cuadro 6. Denominaciones otomíes de clases campesinas de tierras en el estado de Hidalgo y sus equivalencias en español (Quiroz Márquez, 1983)

Tipo de agricultura	Clases de tierras	
	Otomí	Español
Temporal	K´asthai	Amarilla
	Ihai	Salitre
	´Bohai	Negra
	T´axhai	Blanca
	Xido	Tepetate

Cuadro 7. Clasificación maya de suelos y su significado en las comunidades de Yaax-Hom y Cooperativa, del municipio de Oxkutzcab, Yucatán (Pérez Pool, 1984)

Clase maya	Significado
Kancab	Tierra roja amarillenta.
Yaax-hom	Tierra fértil, siempre verde.
Akalché	Tierra pantanosa entre el monte.
Pus-lu´um	Tierra polvorienta o suelta.
Chac-lu´um	Tierra roja.
Ed-lu´um	Tierra negra.
Pu´uc	Cerro, sierra o serranía.

Cuadro 8. Clasificación chinanteca de tierras y su significado (Lucero y Ávila, 1974; citados por León Arteta, 1984)

Clase chinanteca	Significado
Huo Them	Tierra húmeda (tierra de aluvi3n).
Huo Cuauh	Tierra dura.
Huo Seh	Tierra arenosa.
Huo Neh	Tierra amarilla.
Huo Yin	Tierra roja.
Huo Mah	Tierra negra.
Huo Hmeh	Tierra de bosque.

2.3 Caracterizaci3n campesina de suelos

Es claro que el campesino utiliza m3todos diferentes a los t3cnicos para caracterizar a las tierras o suelos. Al estudiar los resultados de los trabajos mencionados en los p3rrafos anteriores, se nota que la observaci3n y la comparaci3n a trav3s del tiempo son los medios en los que el campesino se apoya para caracterizar a sus tierras.

En el *Cuadro 9* se muestran las opiniones campesinas de las propiedades de los suelos del Ejido de Atenco, Estado de M3xico.

Cuando se trata de comparar las opiniones de los campesinos con propiedades determinadas en el laboratorio, existen algunas ratificaciones y otras propiedades no coinciden.

Sin embargo, esta falta de correspondencia se debe a la forma como son obtenidas. Obs3rvese el porcentaje de arcilla y arena, la conductividad el3ctrica (CE) y la humedad aprovechable (HA) en el *Cuadro 10* y comp3relos con las definiciones del *Cuadro 9*.

Cuadro 9. Caracterización campesina de las clases de tierras del Ejido de Atenco, Estado de México (Luna, 1982)

Propiedad	Clase de tierra					
	Barro	Lama	Blanca	Cacahuatuda	Arena	Salitre
Consistencia	Terrones duros. Pegajosos y chiclosos.	Blanda. No es muy pegajosa.	Suave. No pegajosa.	Terrones duros. Pegajosa.	Suave. No pegajosa.	Suelta. No se pega mucho.
Textura	Forma grietas.	No se agrieta.	Casi no se agrieta.	Se agrieta.	No se agrieta.	Polvillo.
Retención de humedad	Tierra seca, si se trabaja a tiempo guarda humedad.	Guarda poca humedad.	Guarda poca humedad.	Tierra muy seca, cuando llueve mucho se hace lodazal; trabajándola a tiempo guarda humedad.	No guarda humedad.	Guarda humedad.
Fertilidad	No necesita mucho abono, tiene productos que le da a la planta.	Todos los cultivos se pueden dar, tiene su propio abono.	Es pobre, no tiene fuerza.	Es tan buena como el barro.	Se debe abonar para tener buenas cosechas.	Las plantas son raquílicas y amarillentas.
Aptitud de laboreo	Se aprieta mucho; el abono y la ceniza la suavizan; es pesada cuando hay humedad.	Fácil de trabajar.	Fácil de trabajar.	Muy dura para trabajar.	Fácil de trabajar.	Fácil de trabajar.
Salinidad	No se presenta.	No se presenta.	No se presenta.	No se presenta.	No se presenta.	No deja germinar la semilla; la planta no produce.

Cuadro 10. Valores promedio de determinaciones analíticas de muestras de suelos de las clases de tierras campesinas del Ejido de Atenco, Estado de México (Luna, 1982)

Clase de tierra	Propiedad				
	% Arena	% Arcilla	CE Mmhos/cm	HA %	pH
Barro	19.18	42.71	0.846	15.58	7.50
Lama	38.54	21.45	0.786	14.60	7.07
Blanca	44.42	18.00	0.928	12.49	8.20
Cacahuatuda	20.71	30.14	2.343	19.10	7.91
Arena	61.87	13.93	1.189	8.12	7.94
Salitre	28.89	21.78	67.667	18.13	9.29

2.4 Usos de la clasificación campesina de suelos

En diferentes trabajos se ha tratado de relacionar y comparar la clasificación campesina de tierras con sistemas taxonómicos modernos. Sin embargo, al parecer tiene una mayor relación con las clasificaciones técnicas ya que se relacionan con cultivos, herramientas de trabajo, abonos y fertilizantes, como se muestra en los párrafos siguientes.

Clases de tierras y cultivos

Para mostrar la existencia de la relación entre clases de tierras y cultivos se ofrecen tres ejemplos:

1. Distribución de cultivos en el Nith, municipio de Ixmiquilpan, Hidalgo (*Cuadro 11*);
2. Rendimiento de cultivos en la comunidad Cooperativa, Yucatán (*Cuadro 12*), y
3. Relación beneficio-costos en la zona chinampera de Maquixco, México (*Cuadro 13*).

Cuadro 11. Utilización de las clases de tierras campesinas en el Nith, municipio de Ixmiquilpan, Hidalgo; zona de riego (Quiroz Márquez, 1983)

Clase de tierra		UTILIZACIÓN
Otomí	Español	
Pehai	Lama	Maíz, alfalfa, trigo, cebada.
T´axhai	Blanca	Maíz, alfalfa, maguey.
´Bomu hai	Arenosa	Se prefiere para las hortalizas.
Ixhai	Salitrosa	Sólo sirve para romerito. Otros cultivos no se desarrollan.
Xidohai	Tepetate	Jitomate, chile.

Cuadro 12. Producción en ton/ha de los principales cultivos de la comunidad Cooperativa, municipio de Oxkutzcab, Yucatán, por clase de tierra (Pérez Pool, 1984)

CULTIVO	Clase de tierra				
	Akalche +	Chac-Lu´um+	Ek-Lu´um+	Pus-Lu´umT	Pu´uc
Citricos (diez años)	20-25	20-25	20-25	10-12	-
Aguacate (ocho años)	20-25	20-25	20-25	-	-
Mango (diez años)	25-30	25-30	25-30	-	-
Papaya	-	40-50	40-50	20-25	20-25
Maíz	2.5	2.5	2.5	1.5	1.5
Frijol	-	0.8	0.8	0.5	0.5
Xpelón (verde)	-	0.6-0.7	0.6-0.7	-	0.6-0.7
Tomate	-	12-15	12-15	-	6-8
Melón	-	8-10	8-10	-	5-6
Calabaza	5-9	10-12	10-12	5	5
Chile habanero	-	4	4	-	-
Sandía	-	18-20	18-20	-	5-8
Pepino	5-7	6-7	6-7	5	5

Cuadro 13. Valores promedio de la relación beneficio-costo por cultivo y clase de tierra en la zona chinampera de Maquixco, México (Georgina Calderón, 1983)

Clase de tierra	Cultivo	Relación beneficio-costo
Amarillo	Maíz	1.27
	Alfalfa	2.75
	Hortaliza	21.91
Barro	Maíz	10.21
	Hortaliza	4.40
	Maíz	2.44
Arena	Alfalfa	4.69
	Hortaliza	9.08

Clases de tierras y manejo de suelos

En el trabajo de Luna (1982) se nos indica que en el Ejido de Atenco, México, se realizan las mismas labores en las diferentes clases de tierras, pero las herramientas son diferentes, como es el caso de los arados. Los productores también hacen recomendaciones de manejo, como se ilustra en el Cuadro 14.

Cuadro 14. Recomendaciones de uso y manejo de campesinos del Nith, municipio de Ixmiquilpan, Hidalgo (Quiroz Márquez, 1983)

Clase de tierra		Utilización	Recomendaciones para uso y manejo
Otomí	Español		
Pehai	Lama	Maíz, alfalfa, trigo, cebada.	Agregar tierra arenosa y estiércol.
T´axhai	Blanca	Maíz, alfalfa, maguey.	Agregar tierra de lama y estiércol.
´Bomuhai	Arenosa	Hortalizas.	Aplicar estiércol o fertilizante.
Ixhai	Salitrosa	Sólo sirve para romerito.	Abonar con estiércol.
Xidohai	Tepetate	Jitomate, chile.	Agregar tierra, mucha agua y subsolar.

Una característica muy significativa en el sentir del hombre de campo es su preferencia de los estiércoles sobre los fertilizantes. El fertilizante, según su propia opinión, necesita agua y aplicarse cada año. Tienen conocimiento de cuánto fertilizante debe emplearse para cada cultivo y en cada clase de tierra.

El fertilizante es usado cuando no se cuenta con estiércoles (de animales). También ha resultado muy interesante apreciar que materiales como la lama (sedimentos de río) y la ceniza se emplean como abono. Una evidencia de la utilidad de la clasificación campesina en la generación de recomendaciones de producción para maíz en condiciones de temporal es el trabajo de Ocampo (1982).

En él, al recomendar el promedio de las dosis de los experimentos de campo, de una misma clase de tierra se obtiene la mayor precisión para nitrógeno y densidad de población, como se muestra en el *Cuadro 15*.

Cuadro 15. Desviación Estándar de las Discrepancias (DED) al generar recomendaciones de producción por diferentes métodos en el Plan Chiautla, Puebla (Ocampo, 1982)

Método	DED		
	NKg/ha	P2O5Kg/ha	DP Miles/ha
Agrupación indiscriminada	31.79	23.42	8.06
Criterio agronómico	33.16	29.23	8.82
Método CP	31.32	22.71	9.73
Sistemas terrestres	34.00	25.28	8.77
Carta de climas	35.12	20.88	8.13
Carta de suelos	34.43	21.57	8.26
Clasificación campesina	30.20	28.36	7.49

Clases de tierras y arvenses

Un aspecto aparentemente contradictorio entre la agricultura del autoconsumo y la agricultura comercial radica en el qué hacer con la maleza.

Mientras que al producir en forma comercial se recomienda su eliminación, en la producción de autoconsumo se menciona su utilización.

Espinoza Hernández (1987) realizó un trabajo en el Ejido de Atenco mostrando la existencia de una relación entre arvenses y clases de tierras y los diferentes usos que tienen los arvenses, destacando para consumo humano, forraje, plantas medicinales y ornamentales.

2.5 Nivel de precisión del conocimiento campesino sobre suelos

Un trabajo que nos permite establecer el nivel de precisión del conocimiento campesino es el de Pájaro y Ortiz (1987), quienes elaboraron un mapa de clases de tierras y

lo compararon con el mapa detallado de suelos de Cachón, Nery y Cuanalo (1972). Los mapas se ilustran en las Figuras 7 y 8, dejando al lector la conclusión.

Figura 7. Mapa de fases de series del Ejido de Atenco (a partir de Cachón, Nery y Cuanalo, 1972)

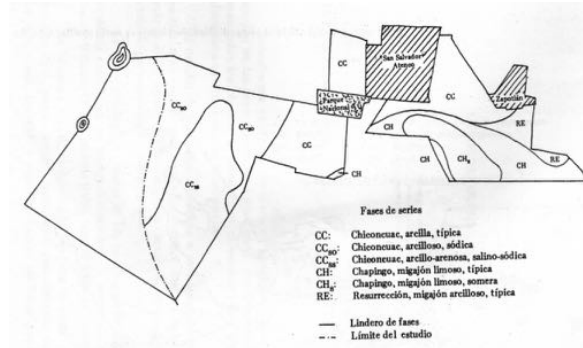
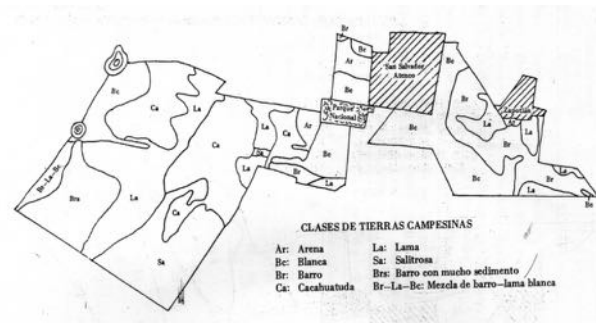


Figura 8. Mapa de clases de tierras campesinas del Ejido de Atenco (Pájaro y Ortiz, 1987)



Un comentario final es que, con los datos presentados, no se desea que se tenga la sensación de que lo mejor sería usar el conocimiento campesino, sino más bien partir de él, para que con la técnica podamos realmente encontrar nuestro camino.

2.6 Cartografía de tierras campesinas

2.6.1 Justificación

El suelo, desde una perspectiva agronómica, es uno de los recursos naturales más significativos en la vida del hombre, porque en él se desarrollan los cultivos que producen los alimentos que garantizan su existencia.

Ante el crecimiento de la población y la presencia de eventos climáticos catastróficos que no podemos evitar, se tiene la necesidad de incrementar la producción de alimentos y conservar el ambiente, lo cual provoca que el recurso suelo necesite ser bien conocido y manejado de manera racional y eficiente.

Para lograrlo, técnicamente es necesario realizar levantamientos detallados de suelos con el fin de delimitar sus diferentes clases en forma individual a un nivel muy preciso y poder dar recomendaciones de su comportamiento bajo diferentes niveles de manejo (Pájaro, Ortiz, 1987). Este tipo de estudios desafortunadamente no se efectúan en nuestro país debido a que son costosos, requieren de tiempo y, sobre todo, de personal altamente especializado.

La situación anterior provocó que en el Programa de Edafología del Colegio de Postgraduados se realizara una profunda reflexión sobre dos alternativas, el seguir copiando la ciencia y la tecnología generada en países desarrollados o bien buscar nuestro propio camino. Al adoptar la segunda alternativa se planteó un nuevo desafío: ¿Cómo contar con un marco de referencia geográfico que tenga el suficiente nivel de detalle, que sea rápido, barato, y que además, para su realización, no requiera de personal altamente especializado?

Para lograrlo fue necesario estudiar los procedimientos de elaboración de los levantamientos de suelos durante un buen número de años, lo cual condujo al reconocimiento del supuesto básico en el que se fundamentan, considerando que se parte de la creencia de que existe una ausencia de conocimiento sobre los suelos de un área, de tal forma que al aplicar los procedimientos técnicos se va generando la información requerida. Sin embargo, en nuestro país es notoria e innegable la existencia de un amplio conocimiento por parte de los productores sobre las tierras, que es el término equivalente que emplean los campesinos para el de suelo que utilizan los técnicos. Los productores inclusive enjuician, critican y se mofan de las opiniones técnicas y consideran a las suyas más valiosas.

Con el reconocimiento de ese hecho resultó posible cambiar el procedimiento de mapeo; es decir, en lugar de generar un conocimiento especializado se decidió obtenerlo preguntando directamente a los usuarios del recurso. Esta situación no se ha aceptado fácilmente por muchos técnicos debido a nuestra idiosincrasia: no es común reconocer que muchas veces se va al campo a aprender y no a enseñar.

Más aún, existen investigadores que asumen posiciones radicales, de un lado y del otro, confrontando al conocimiento tradicional, campesino, indígena, folklórico o local contra el conocimiento científico. Algunos consideran que el conocimiento campesino representa un obstáculo para el desarrollo y que no es superior al conocimiento científico y otros promulgan la grandeza del conocimiento local desde tiempos remotos y asumen que debe ser el punto de partida para la planeación del futuro.

Lo que es demostrable es que el productor conoce las características de sus tierras, sabe cómo diferenciarlas, establece su ubicación geográfica y cuenta con amplia experiencia

sobre su uso y manejo, es decir, la gente de campo nos puede indicar cómo son, dónde están y para qué se emplean las distintas clases de tierras, que es lo que se busca al efectuar un levantamiento de suelos. Pero no realizan una cartografía formal y para lograrla se necesita contar con el apoyo técnico o científico (Ortiz, Gutiérrez, Guzmán, 2014).

Lo que se quiere puntualizar es que más que una confrontación de conocimientos, que resultaría irrelevante, lo que se desea es la cooperación entre ellos, a través de su mezcla, entendida como una mezcla física, es decir, como si uniéramos agua y suelo formando un lodo y ese lodo continúa siendo agua y suelo. En otras palabras: se juntan los conocimientos pero cada uno mantiene sus características propias.

2.6.2 Metodología

Para realizar un mapa de clases de tierras se requiere contar con un mapa base de la zona de estudio, sobre el cual se trazarán los límites de cada tipo de tierra. La mayoría de los estudios realizados han sido a nivel ejidal y como mapa base se seleccionaron en los primeros trabajos a los planos parcelarios que poseían, los cuales no siempre resultaron apropiados, ya que en ocasiones eran muy antiguos y al cotejarlos al momento de emplearlos para el estudio, la distribución parcelaria había cambiado, requiriéndose una actualización. En otros casos se usaron planos topográficos, fotografías aéreas, ortofotos o imágenes de satélite. Estas últimas están disponibles en internet para todo el país.

Es recomendable que el mapa base tenga una escala de 1:15,000 o mayor, lo cual es un reflejo del nivel de detalle encontrado del conocimiento que poseen los productores sobre sus tierras. En ocasiones un ejido abarca varias imágenes, por lo que será necesario crear un mosaico, uniendo todas las partes que lo integran.

Una vez que se disponga del mapa base y de los límites de la zona de estudio, se procede a visitar al ejido para buscar a informantes clave, cuyo número es reducido y no mayor a tres.

A través de los años y de los estudios realizados se ha establecido que los mejores informantes clave son los comisariados ejidales, ya sean los actuales o los pasados, debido a que son los que conocen todas las tierras de su ejido. Después de explicarles el interés de realizar un mapa de las clases de tierras con los nombres e información local, se les solicita su apoyo para efectuar recorridos de campo, a pie y cruzando todas las parcelas.

Durante esas travesías se preguntará sistemáticamente al o los informantes: ¿Cómo son las tierras? y ¿Dónde cambian o cómo las diferencian de sus vecinas? Las respuestas que dan los comisariados son comúnmente ejemplificadas sobre el terreno, de tal manera que el investigador pronto aprenderá cómo reconocerlas y cómo diferenciarlas. El investigador, a su vez, con el mapa base en mano, irá marcando los linderos de las clases de tierras donde se le vaya indicando.

Finalmente, al concluir el recorrido se tendrá el mapa de clases de tierras con los nombres que son conocidos por los productores. El procedimiento en forma esquemática se presenta en la *Figura 9*.

Figura 9. Procedimiento para la cartografía de clases de tierras



2.6.3 Resultados

La mayor superficie trabajada a la fecha con esta metodología ha sido de alrededor de 48 mil ha en una zona de abastecimiento de caña de azúcar para dos ingenios en el sur de Veracruz. El primer mapa se realizó a finales de los ochenta y desde entonces hasta ahora se han estudiado más de 40 ejidos, distribuidos dentro de 19 estados, que se ilustran en la *Figura 10*.

Figura 10. Entidades federativas donde se han realizado mapas de clases de tierras en ejidos



Como siguiente etapa se requiere conocer el uso, manejo, problemática y recomendaciones por parte de los productores para cada una de las clases de tierra, que es similar a lo que en los levantamientos de suelos se conoce como la aplicación de clasificaciones interpretativas o el establecimiento de predicciones sobre el comportamiento de los suelos bajo un determinado uso y con diferentes niveles de manejo. Para ello se requiere realizar entrevistas a un conjunto de productores cuya característica en común es que posean la misma clase de tierra y su número depende del aporte de conocimiento nuevo; esto es, las entrevistas terminarán en cada clase de tierra cuando el conocimiento de los productores se vuelva repetitivo, y siempre su participación debe ser libre, espontánea y no remunerada.

Es importante que el investigador reconozca su habilidad o dificultad para comunicarse con los productores, ya que se convierte en el medio para transmitir conocimientos en ambos sentidos. El investigador debe tener un cambio de mentalidad que le permita tratar al productor de igual a igual. En ocasiones la comunicación se dificulta porque el investigador usa un lenguaje muy técnico, que no entiende el productor o se hacen preguntas sobre aspectos que no son de uso cotidiano. A su vez, el productor explica sus conceptos y experiencias de forma no ortodoxa y es en ambos casos cuando el investigador requiere una habilidad especial para entender y dar a conocer distintos temas.

También es necesario contar con la autorización del productor para grabar su entrevista o hacer anotaciones en una libreta o en su defecto aceptar que no podremos realizar ninguna de ellas. Aun cuando durante la entrevista el productor es quien proporciona toda la información sobre las tierras, en diversos casos ha resultado adecuado hacer algunas preguntas sobre los temas de interés.

La clasificación campesina de tierras tiene fines utilitarios, particularmente se puede indicar que las clases de tierras se relacionan con cultivos específicos, con el uso de abonos, con la labranza y las herramientas de trabajo, con arvenses, con métodos de recuperación y con usos no agrícolas.

2.6.4 Conclusiones

En cada comunidad estudiada se ha detectado consistentemente la asociación entre clases de tierras y cultivos, siendo común encontrar cultivos que se adaptan a más de una clase de tierras y cultivos que se establecen solo en una clase de tierras. Varios productores de diferentes localidades han indicado que las mejores tierras son aquellas en las que se produce el mayor número de cultivos.

En repetidas ocasiones se ha mencionado que en toda el área de estudio se realizan las mismas labores de cultivo para todas las clases de tierras; sin embargo, los implementos agrícolas que se emplean difieren por clases de tierras. Más aún, se han detectado productores que modifican o crean implementos para solucionar sus problemas.

El campesino conoce el efecto benéfico del empleo de fertilizantes y estiércoles, para cada cultivo y para cada clase de tierras donde se produzca, tanto en términos de cantidad como de su frecuencia de aplicación. Lo que ha llamado la atención es la preferencia de estiércoles sobre los fertilizantes y algunos de sus argumentos son que los fertilizantes solo duran un año; que necesitan agua o si no queman a las plantas; en el caso del maíz indicaron que produce una cañuela gruesa que no le gusta a sus animales, entre muchas otras razones.

También se ha reportado el uso de otros materiales como abonos, como los sedimentos de ríos o avenidas, empleados para mejorar a las tierras menos productivas, o la ceniza doméstica, que al analizarla resultó con mayores contenidos de fósforo y potasio en comparación con los estiércoles y otros abonos o las aguas negras en diferentes zonas del país.

Contrario al principio de la agricultura comercial de eliminar toda competencia al cultivo de interés, el campesino aprovecha todo lo que la naturaleza le ofrece. Conoce cuáles especies son comestibles, forrajeras, medicinales y hasta ornamentales y en cuáles tierras se presentan.

La recolección de plantas comestibles es una práctica común en los terrenos de cultivo y junto con el reconocimiento formal de la herbolaria son ejemplos de la importancia de los arvenses en el medio rural mexicano y, en consecuencia, repercute sobre las clases de tierras por la relación que existe entre ellas.

Otra información que ha surgido de las entrevistas es el conocimiento sobre la recuperación de tierras para la agricultura, como es el caso de áreas tepetatosas o las salinas sódicas, donde el estiércol juega un papel importante, o el uso de ceniza doméstica para combatir el encostramiento en suelos muy arcillosos.

El conocimiento local sobre las tierras ha dado pauta para formular nuevas teorías sobre la génesis de los suelos y mejorar los criterios para su clasificación taxonómica, lo cual representa el uso del conocimiento nativo para realizar ciencia básica.

El productor no sólo relaciona a las clases de tierras con su uso agrícola, sino que aborda otros campos. Por ejemplo, en el estado de Hidalgo los otomíes mencionan la existencia de clases de tierras con un uso exclusivo forestal, sin aptitud agrícola, o en Puebla y en el Estado de México se indica el reconocimiento de las tierras que aportan la materia prima para la fabricación de tabiques; o en el Valle de México la identificación de tierras destinadas al crecimiento urbano por presentar un estrato endurecido a poca profundidad que sirve de cimiento.

Cabe indicar que en los últimos 35 años se han realizado un buen número de investigaciones evaluando el conocimiento local sobre las tierras y en la mayoría de ellas los resultados han sido satisfactorios y contundentes, lo que nos permite recomendarlo como una forma práctica para contribuir en el desarrollo real del agro mexicano.

BIBLIOGRAFÍA

- Buckman H. O. y Brady N. C., 1985. *Naturaleza y propiedades de los suelos*. UTEHA. México.
- Dudal, R., 1968. *Definición de las unidades de suelo para el mapa de suelos del mundo*. Proyecto FAO/UNESCO; Boletín 33 de los recursos de suelos del mundo. FAO, Roma.
- J. Papadakis, 1980. *El suelo*. Ed. Albatros. Buenos Aires, República de Argentina (1-18).
- León A. Regulo, 2006. *Nueva Edafología*. Ediciones Culturales exclusivas; 3a Edición. México (47-87).
- Ortega T. Enrique, 1981. *Química de suelos*. Ed. UACH. Chapingo, México. (1-24).
- Ortiz, C.A.; Gutierrez, Ma. del Carmen; Guzmán, P., 2014. *Estudios etnoedafológicos (Cartografía de tierras campesinas)*. Colegio de Postgraduados, Programa de Edafología. México.
- Ortiz S. Carlos Alberto; Pájaro H. David; Gutiérrez C. Ma. del Carmen, 1994. *Introducción a la Leyenda del mapa mundial de suelos FAO/UNESCO, Versión 1988*. Instituto de Recursos Naturales, Programa de Edafología, Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas, Montecillo, Estado de México. México.
- Ortiz V. Bonifacio; Ortiz S. Carlos Alberto, 1990. *Edafología*. 7a Ed. UACH. (1-215).
- P. Duchaufour, 1975. *Manual de Edafología*. Ed. Toray-Masson, S. A. (1-118).
- Richard M. Peral, 1980. *Geología*. Ed. C.E.C.S.A; México. (125-129).
- Ruiz F. J. Feliciano, 1995. *Manejo de suelos arcillosos para una agricultura sustentable*. Impreso en UACH. México. (229-237).
- Soil Taxonomy. *A basic system of soil classification for making and interpreting soil survey staff*. Agriculture Handbook no. 436. 1975. Soil Conservation Service. US Department of Agriculture (91-108).



PROCURADURÍA
AGRARIA

IV. APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS ORGÁNICOS PARA LA SUSTENTABILIDAD AGRÍCOLA Y LA PROTECCIÓN AMBIENTAL

JUAN VIDAL BELLO

MARGARITA VALDÉS HERNÁNDEZ

ADRIANA MENDOZA TOBON

1. INTRODUCCIÓN

El incremento de la población, sus diversas actividades y estilos de vida dan como resultado que se generen gran cantidad de subproductos o desechos denominados genéricamente “basura”. En este trabajo se pone interés en los residuos sólidos de naturaleza orgánica (RSO), mismos que constituyen entre 45 y 52% del total de los residuos sólidos municipales y que, desde el punto de vista de su aprovechamiento, constituyen una oportunidad para disponer de fertilizantes para mejorar la calidad y rendimiento de los suelos agrícolas.

Este trabajo se inscribe en el contexto de la gestión integral de los residuos sólidos municipales. El objetivo es el aprovechamiento de la porción orgánica, cuyo producto final es la composta, en la idea de contribuir a la protección y mejoramiento ambiental. Por otra parte, es aplicar las bases técnicas del proceso de transformación de los materiales orgánicos para mantener la producción rentable de los diversos cultivos.

Schifter, I. y González-Macías, C. (2005) mencionan que existen pruebas arqueológicas que sugieren el interés de los hombres por utilizar deliberadamente el fuego para limpiar terrenos boscosos en Tanzania desde hace 60 mil años a. de C.; dicha práctica se extendió por todo el mundo y en México persiste hoy en día.

Otro dato interesante de los autores antes citados es que en 2700 a. de C. se emitieron las primeras leyes para proteger los bosques en Ur, capital de la civilización Mesopotámica. El filósofo Platón (460-355 a. de C.), a quien se le atribuye que comparaba las colinas y montañas de Grecia con los huesos de un animal muerto, decía que “todas las partes ricas y suaves se le han desprendido y sólo queda el mero esqueleto de la tierra”. Todo indica que por esas fechas no estaba acuñado el término erosión. Hoy ésta es la más clara expresión de la degradación de los suelos de nuestro país, donde el contenido de materia orgánica es muy bajo.

El desarrollo del proceso de Haber-Bosch en 1909 condujo a la producción de fertilizantes nitrogenados a gran escala y terminaron por producir rápidos cambios en muchos procesos físicos, químicos y biológicos importantes del planeta, según notas del Diplomado en Cambio Ambiental Global (2013); este proceso, más el impulso que

se dio al uso de agroquímicos con la Revolución Verde y el apoyo por parte del sector oficial, terminaron por instalar la agricultura convencional privilegiando la fertilización química y olvidamos incorporar materia orgánica a los suelos, lo que en muchos casos los agricultores mexicanos hacían con la rotación de cultivos, los “tlacololes”, como técnica agroforestal.

Gracias a la agricultura tradicional y la orgánica, el suelo es considerado como un ente ecológico y se reconocen los procesos biofísicos y químicos en los agroecosistemas: la idea del suelo vivo se recupera. Obviamente nadie puede negar la importancia de la fertilización química, pero habrá que usarla en las proporciones requeridas y con mayor prudencia.

Privilegiar el uso de agroquímicos condujo a la construcción de un paradigma que según Calivá (2013) inicialmente fue un término de uso científico, pero hoy en día se aplica con el sentido de modelo, teoría, percepción, dogma, supuesto, patrón, valor o hábito: los paradigmas se llevan en la mente cerca de nosotros, de los demás, de las instituciones y de todos los aspectos del mundo.

En virtud del volumen de los residuos sólidos orgánicos que se producen, su confinamiento y tratamiento aún constituye un problema a resolver. En este sentido, el uso agrícola se perfila como la opción más viable y económica. Esto implica la transformación de la materia orgánica en composta.

De acuerdo con Sztern y Pravia (2007) los RSO constituyen en el mundo un lugar prioritario desde el punto de vista cualitativo y cuantitativo. Conforman entre 30 y 65% de los residuos domiciliarios, según lugar y clima. De estos más de 85% es de origen agropecuario y un porcentaje no despreciable industrial, fundamentalmente vinculados a las agroindustrias. Tratar los RSO significa reducir sustancialmente el volumen, ya que la fracción orgánica de los mismos será materia prima en los procesos de compostaje o cualquier otro de transformación, pues existen diversas propuestas tecnológicas.

Esperamos que este trabajo resulte útil para que entre todos, asumiendo cada cual su responsabilidad, podamos mejorar el ambiente y mantener en mejores condiciones los suelos agrícolas, lo cual es muy importante para la producción de alimentos.

CAPÍTULO 1

1.1 Residuos sólidos orgánicos

La SEMARNAT (2013) manifiesta que los residuos se definen en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) como aquellos materiales o productos cuyo propietario o poseedor desecha encontrándose en estado sólido o semisólido, líquido o gaseoso, que se contienen en recipientes o depósitos, susceptibles de ser valorizados o requieren tratamiento o disposición final conforme a lo dispuesto

en la misma ley. En función de sus características y orígenes se les clasifica en tres grandes grupos: residuos sólidos urbanos (RSU), residuos de manejo especial (RME) y residuos peligrosos (RP).

A los residuos sólidos urbanos se les conoce como sinónimo de basura o simplemente desechos, los cuales son materiales que desde el punto de vista económico no tienen gran valor; son productos ineficientes en la producción de bienes y servicios, lo cual puede ser debido a la falta de tecnología adecuada para su aprovechamiento en el poco mercado demandante. Por ello en muchas partes de México se han convertido en un verdadero problema ambiental.

Los residuos sólidos urbanos son los que se generan en las casas habitación como resultado de la eliminación de los materiales que se utilizan en las actividades domésticas o los que provienen de cualquier otra actividad que se desarrolla dentro de los establecimientos o en la vía pública, con características domiciliarias, siempre que no sean considerados de otra índole (L. G., 2003).

Las consecuencias ambientales de la inadecuada disposición de los residuos son negativas para la salud de las personas y de los ecosistemas al generar contaminantes y Gases de Efecto Invernadero. Por la descomposición de residuos orgánicos generan gases como bióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), ácido sulfhídrico (HS) y compuestos orgánicos volátiles (COVs), lixiviados que contienen en forma disuelta o en suspensión, así como sustancias que se infiltran en los suelos o escurren fuera de los depósitos o rellenos sanitarios.

Según Green Peace-México, en nuestro país se producen casi 57 millones de toneladas anuales de residuos sólidos urbanos, vertidos cada año en rellenos sanitarios, en basureros, en tiraderos sin control.

Partiendo de que se producen anualmente 57 millones de toneladas de basuras urbanas y que de éstas aproximadamente 50% son orgánicas y si todo se composteara, entonces sería posible producir alrededor de 5.7 millones de toneladas de composta por año; visto así, la vida de los rellenos sanitarios se prolongaría significativamente.

Hay que señalar que actualmente son muchas las alternativas que se buscan para resolver de la mejor manera el problema de los residuos orgánicos, que se aprovechan como fuente de alimentos para animales, como energéticos y para la producción de abonos orgánicos por la vía seca, la biodigestión anaerobia y la biodegradación a través del compostaje. Nuestro punto de vista es insistir en la pertinencia de regresar la materia orgánica a las tierras agrícolas, sea cual sea la forma de hacerlo: así se contribuye también con la gestión integral de los residuos sólidos. Siendo congruentes con los objetivos de este trabajo, sólo nos ocuparemos de algunos residuos orgánicos susceptibles de compostear.

1.2 Residuos posibles de composta

La actividad agroindustrial genera residuos que pueden ser transformados en abono para mejorar los suelos agrícolas dentro de un marco económico viable. Como ejemplo tenemos la cachaza y bagazo de caña, bagazo de limón, de naranja, pulpa de café, desecho de productos agroindustriales como lo son las queserías, cremas, yogurt, etcétera.

Basura orgánica de mercados



Pulpa de café capulín



En los rastros se sacrifican bovinos, ovinos, cerdos y aves de corral, lo que genera grandes volúmenes de residuos, destacando excretas, pelo, pieles, vísceras, estiércol, pluma, sangre, pezuñas, orejas y huesos cuya degradación es difícil, por lo que el proceso se realiza de manera cuidadosa, procurando evitar depositarlos en rellenos sanitarios o a cielo abierto, sobre todo cuando los rastros se ubican cerca o dentro de áreas urbanas.

Figura 1. Residuos cárnicos de rastros



La industria pesquera es otra actividad que también genera importantes volúmenes de residuos que se utilizan para producir harina, que se usan en la industria de alimentos pero también es susceptible de compostear. Hoy en día los desechos del camarón se utilizan para enriquecer fertilizantes por su alto nivel nutricional; no obstante, también se desechan volúmenes muy importantes que terminan en los basureros.

Figura 2. Centro de compostaje de biosólidos, ECCACIV-Jiutepec, Morelos



La industria forestal desecha altos volúmenes de residuos como cortezas, aserrín, aglomerados y muchos productos más derivados de la madera que, por su alto contenido de celulosa, también son difíciles de degradar; sin embargo, si se realiza una mezcla con composta o inocular el proceso de degradación se eficientiza cuando hay una fuente que contenga nitrógeno. Lo que se busca es propiciar condiciones adecuadas de humedad y relación carbono-nitrógeno para que los materiales aceleren su degradación. Es importante no pretender acelerar el proceso, más bien hay que darle el tiempo adecuado para vigilar la humedad y temperatura.

Los estiércoles, biosólidos o lodos residuales tienen la particularidad de ser compuestos de partículas muy finas. Este tipo de materiales dificultan introducir oxígeno y humedad a las pilas, aspecto que se resuelve haciendo una mezcla de material vegetal, volteos oportunos y riego por microaspersión para las pilas y teniendo muy en cuenta las condiciones climáticas locales.

Figura 3. Proceso de compostaje de peces en la Universidad Autónoma Chapingo



CAPÍTULO 2

2.1 Abonos orgánicos

Se denomina así a todo tipo de residuo de plantas o animales que, después de degradarse e incorporarse al suelo, mejoran sus características fisicoquímicas y de humedad, aunque en la mayoría de los casos son incorporados directamente al suelo sin tratamientos previos, como es la aplicación de estiércoles, purines, basuras y esquilmos, lo que constituye una práctica tradicional de abonado orgánico.

Incorporar al suelo residuos orgánicos frescos, o en proceso incipiente de biodegradación, conduce a un proceso de degradación lenta y demanda un alto consumo de oxígeno.

Si los materiales aportados no tienen una adecuada relación carbono/nitrógeno se corre el riesgo de agotar las reservas de nitrógeno del suelo y en algunos casos se favorece el proceso anaerobio con la consiguiente acidificación, movilización y pérdida de nutrientes; los procesos de estas prácticas son controlados por lo que los resultados en muchos casos son contraproducentes.

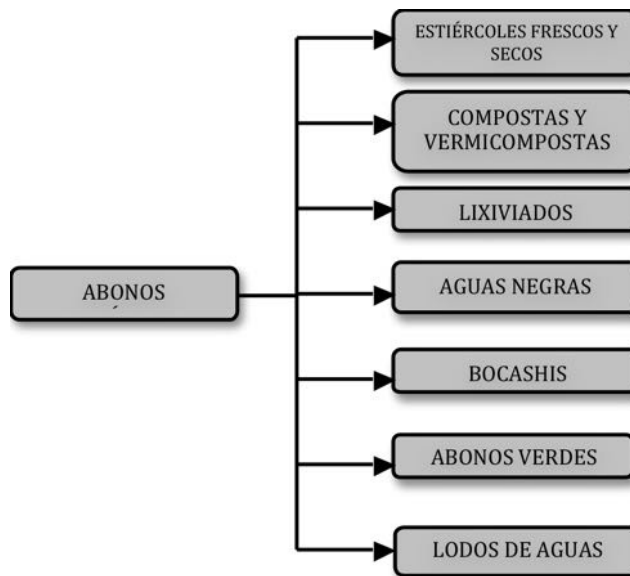
Para aprovechar el beneficio de los desechos orgánicos, como abonos, deben pasar por un proceso de transformación previo a su incorporación al suelo, de tal forma que el material que se aporte haya sido sometido a procesos más enérgicos de mineralización.

Una de las técnicas que permite la biodegradación controlada de la materia orgánica, previa a su integración al suelo, es el compostaje y el producto final es conocido como *composta* (FAO, 2010).

Los abonos orgánicos han sido utilizados por el hombre desde tiempos muy remotos y en diferentes partes del mundo (como en gran parte de Asia, en los pueblos prehispánicos de Mesoamérica y por los incas de Perú) para obtener mejores cosechas.

Los materiales más utilizados como base han sido estiércoles, esquilmos, guanos, abonos verdes y más recientemente las compostas, donde se incorporan lodos residuales, biosólidos derivados de plantas de tratamientos de aguas negras, biofertilizantes (como *micorriza*, *Rhizobium*, *Azospirillum* y *azotobacter*), efluentes de biodigestores y fermentados anaeróbicos.

Esquema 1. Materiales para elaborar abonos orgánicos



2.2 Panorama mundial de los abonos orgánicos

Como se ha mencionado los abonos orgánicos son de gran importancia económica, social y ambiental, ya que reducen los costos de producción en los diferentes rubros con los que se trabaja, garantizan una producción de buena calidad para la población y disminuyen el grado de contaminación tanto en la salud humana como en el medio ambiente; además, coadyuvan a que el recurso suelo produzca más y se recupere paulatinamente.

La producción e incorporación de abonos orgánicos al suelo es practicada en más de 120 países. Se ha calculado que a nivel mundial 17 millones de hectáreas son manejadas orgánicamente y con microorganismos. De acuerdo con la información de IFOAM (2008) México es el país con mayor número de productores orgánicos, cuya cifra asciende a 83 mil 174, seguido de Italia con 44 mil 733 y Uganda con 40 mil. Canadá es otro caso digno de mencionar, pues la utilización de abonos orgánicos pasó de un millón de toneladas en 1960 a cerca de cuatro millones en 1985, mientras que el porcentaje de tierras que han recibido abonos ha pasado de 16% en 1970 a 50.5% en 1985.

El consumo mundial de abonos se ha elevado a 141.4 millones de toneladas en 1999; hasta hoy en día seguramente esta cantidad ha aumentado. Los principales países consumidores son los siguientes (en millones de toneladas).

Tabla 1. Consumo mundial de abonos orgánicos

País	Millones de toneladas
China	55.69
Estados Unidos de América	19.9
India	18.4
Brasil	5.9
Francia	4.8
Alemania	3.0
Pakistan	2.8
Indonesia	2.7
Canadá	2
España	2.3
Australia	2.3
Turquia	2.2
Reino Unido	2.0
Vietnám	1.9
México	1.8

2.3. Importancia de los abonos orgánicos

El uso del abono orgánico constituye una alternativa que beneficia tanto a productores como a consumidores y al medio ambiente, ya que reduce la contaminación, alarga considerablemente la vida económica y la rentabilidad del suelo. Por otra parte, el abono orgánico posee un mercado cada vez más creciente, pero debe ajustarse a las normas establecidas respecto a la producción orgánica de cultivos. Así, los productores acceden a mercados de mejores precios, lo que justifica la inversión del cultivo orgánico.

En concreto, el interés por disminuir el uso de productos de síntesis químicas en los distintos cultivos está obligando a la búsqueda de alternativas viables y sustentables como son los abonos orgánicos. La agricultura orgánica se caracteriza por la aplicación de abonos orgánicos, sobre todo en cultivos intensivos, ya que el interés radica en que se contribuye a mejorar la producción y las condiciones del suelo, a la mayor tolerancia de los cultivos a plagas y enfermedades y también contribuye a disminuir costos de producción.

2.4 La agricultura orgánica en México

Los sistemas de producción orgánica tienen raíces ancestrales; sin embargo, sus orígenes se remontan a las décadas de los 30-40 del siglo XX, sobresaliendo los trabajos impulsados por el agrónomo sir Albert Howard (1889-1940; Soto y Muschelr, 2001), mismo que es considerado por algunos autores como *Padre de la agricultura orgánica*, que publicó su libro *Un testamento agrícola* en 1940. Howard menciona que es indispensable observar los procesos productivos de la naturaleza para favorecer la producción de alimentos. Recopila sus observaciones estableciendo conceptos fundamentales para la agricultura orgánica como son la protección del suelo, uso de coberturas y producción de composta entre otros.

La agricultura orgánica en México ha tenido un gran impulso a partir de los años 80 y cobra más importancia en la década de los 90; se fundamenta en una concepción de manejo integral de los recursos naturales por parte del hombre, donde se involucran los aspectos técnicos ambientales sociales económicos y culturales.

La agricultura orgánica, entre otros aspectos, trata de reducir la dependencia de insumos externos, disminuir los impactos ambientales y proveer de alimentos sanos a todos los mercados posibles, teniendo como base los desechos orgánicos y microbiológicos a través de la incorporación del uso de abonos orgánicos, plantas y microorganismos benéficos, conocimientos que en los últimos años han tenido un interesante desarrollo tecnológico que se materializa en el cuidado de los agroecosistemas.

En México el sector más dinámico ha sido precisamente el de la agricultura orgánica, ya que agrupa a más de 83 mil productores, abarcando una superficie superior a las 300 mil hectáreas, colocando así al país con el mayor número de productores orgánicos a nivel mundial. Cabe destacar que de éstos, 98% son productores de pequeña escala con un promedio de 3 ha y más de 50% son indígenas (Nelson *et al.*, 2008); 86.5% de la producción orgánica es para exportación y el resto se expende principalmente en la red nacional de mercados orgánicos, en diferentes estados de nuestro país.

No podemos olvidar la importancia que tiene mejorar las características físicas, químicas y biológicas del suelo. En este sentido se insiste en que los abonos orgánicos juegan un papel muy importante, ya que aumenta la capacidad del suelo para absorber los distintos nutrimentos. Si pretendemos mantener un suelo sano, la

materia orgánica es esencialmente importante por su composición físico-química. Los abonos orgánicos se han usado desde tiempos remotos y su influencia sobre la fertilidad de los suelos se ha demostrado, aunque su composición química, el aporte de nutrientes a los cultivos y su efecto en el suelo varían según su procedencia, edad, manejo y contenido de humedad (Romero *et al.*, 2000).

Según Salgado y Núñez (2010) México cuenta con 31 millones de cabezas de ganado vacuno, que en promedio producen 256 millones 680 mil toneladas de estiércol con los cuales se obtendrían un millón 283 mil toneladas de nitrógeno, 821 mil 376 toneladas P_2O_5 y un millón 873 mil 774 toneladas de K_2O . Lo anterior da una idea de lo que se puede obtener si los estiércoles se aprovechan y procesan adecuadamente.

2.5. La materia orgánica

Es el producto que se obtiene de la transformación de vegetales, animales y basura biodegradable. Un nivel adecuado de materia orgánica será de gran beneficio para los suelos agrícolas. No obstante, en México, a raíz del impulso a la agricultura convencional, prácticamente se olvidó la incorporación de materiales orgánicos y se privilegió el uso de fertilizantes de síntesis química, circunstancia que poco a poco se va corrigiendo.

Figura 4. Fuentes de materia orgánica



Además, el valor de la materia orgánica radica en que ofrece grandes ventajas que difícilmente pueden lograrse con los fertilizantes químicos. Castellanos (1980) menciona que la materia orgánica derivada de estiércoles, compostas y residuos de cosecha se recomienda en aquellas tierras sometidas a cultivos intensivos, con la finalidad de mejorar su estructura y fertilidad; además, aumenta la capacidad de retención de humedad y facilita la disponibilidad de nutrimentos para las plantas.

2.6 Propiedades de la materia orgánica

Como ya se ha mencionado los abonos orgánicos, debido a sus propiedades, tienen efectos sobre el suelo, incrementan la fertilidad y condiciones físicas y biológicas como las siguientes:

1. Por su color oscuro, permiten que los suelos absorban más radiación solar, lo cual aumenta su temperatura, por lo que las plantas absorben mejor los nutrimentos.
2. Mejoran la estructura y textura del suelo, haciendo más ligeros a los suelos arcillosos y menos permeables a los arenosos.
3. Favorecen el desarrollo de las raíces y con ello el vigor de las plantas.
4. Mejoran la permeabilidad del suelo, ya que influyen en el drenaje y aereación de éste.
5. Disminuyen la erosión del suelo por efecto del agua y el viento.
6. Aumentan la retención y conservación del agua.
7. Mejoran el pH, sobre todo de los suelos salinos y ácidos evitando daños en las plantas.
8. Reducen los daños por contaminantes.
9. Los abonos orgánicos favorecen la aereación del suelo, por lo que hay mayor actividad radicular y constituyen una fuente de energía para los microorganismos, lo que permite que se multipliquen rápidamente. Además:
10. Aumentan la capacidad de intercambio catiónico.
11. Aumentan el CO_2 en el suelo y la capacidad de acidificar los nutrimentos alcalinos.
12. Favorecen la fotosíntesis al aumentar el CO_2 en la parte aérea de la planta.
13. Son fuente de micronutrientes.

CAPÍTULO 3

3.1 El compostaje

Como se mencionó, el objetivo principal de este documento es abordar con mayor énfasis la producción de composta a partir de la técnica del compostaje, la cual consiste en un proceso biológico por medio del cual se degradan los residuos orgánicos vegetales y animales. Este proceso de transformación se lleva a cabo a través de la acción de microorganismos en un ambiente cálido, húmedo y con suficiente oxígeno, cuyo producto final es la composta (humus), excelente para el mejoramiento de los suelos agrícolas.

Para Roca (2014), el compostaje es un proceso biooxidativo en el que intervienen numerosos microorganismos que requieren humedad adecuada y sustratos orgánicos heterogéneos en estado sólido. La actividad de los microorganismos se desarrolla a su máxima capacidad a consecuencia de tener compuestos biodegradables procedentes de los materiales iniciales.

En el proceso de compostaje se identifican dos etapas o fases principales:

- La primera fase se considera como la principal, también llamada termófila; en esta se produce la mineralización de la fracción orgánica.
- La segunda fase es de maduración o de estabilización de los materiales; la actividad de los microorganismos disminuye y se produce un repoblamiento de organismos benéficos que propician la humificación de los compuestos orgánicos, dando lugar al producto final, semejante al humus, conocido como composta.

El compostaje es una técnica ecológica aerobia de fácil manejo que contribuye de forma eficaz a la producción de insumos de calidad; es una estrategia para transitar a la agricultura sustentable y contribuye a las medidas de adaptación al cambio climático global.

No obstante la antigüedad del compostaje y la experiencia desarrollada, aún falta conocer más del proceso dadas las características específicas de los materiales a compostear. El poco interés mostrado en México ha impedido profundizar más en el conocimiento del tema, a pesar de tener claro que lo más pertinente es regresar a la tierra lo que nos dio, vía producción de biomasa de forma natural o inducida.

Comentan Moreno y Moral (2008), que existen evidencias de que los romanos, griegos y tribus de Israel conocían la composta; la Biblia y el Talmud (libro religioso de los judíos) decían: “No deben utilizarse los excrementos animales antes de haber sido manejados por los parias”.

Mahatma Gandhi (1869), mencionó que “si olvidamos como cuidar el suelo, nos olvidamos a nosotros mismos”. Un campesino mixteco decía: “No hay que levantar todo el rastrojo, ni la paja, para que la tierra no tenga hambre: ella también come”. También se menciona que durante la Segunda Guerra Mundial, debido a las penurias, la composta y los abonos orgánicos en general tuvieron un gran auge en frutales y cultivos hortícolas.

El compostaje es un proceso dinámico, biológico, aeróbico y, en consecuencia, termófilo que, para llevarse a cabo, necesita materia orgánica, población microbiana inicial y las condiciones óptimas para que este proceso se desarrolle con multiplicidad de funciones y actividades energéticas. De ahí que la población microbiana debe mantener una serie de equilibrios relacionados con el aire, agua, biopolímeros y nutrientes. En caso de aplicarse elevadas cantidades de polímeros, se requiere un control muy estricto para conseguir:

- A) Eficiencia en el proceso, reducir el número de emisiones de gases y de pérdidas de nutrientes.
- B) Un producto final de características acordes a su destino final.

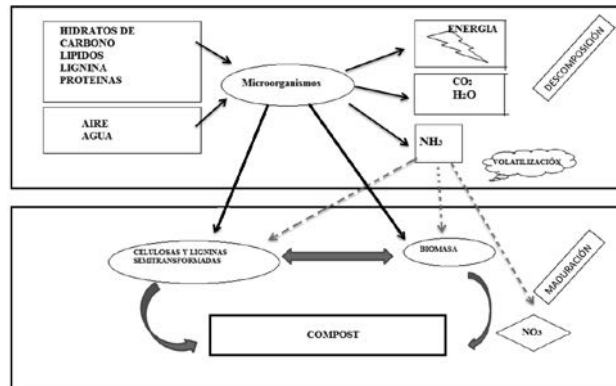
Hoy existen más de 20 definiciones de compostaje y sin embargo se coincide en que este proceso tendrá sus particularidades de acuerdo con los materiales a compostear: peces, residuos de rastro, bovinos, pelo, viseras, biosólidos etcétera. Por tanto, el éxito del compostaje depende del control estricto del proceso.

Mantener sin tratamiento los residuos sólidos genera un alto riesgo sanitario y ambiental, cuyos receptores potenciales son el suelo, vegetales, animales, el hombre, el agua y el aire, toda vez que la falta de tratamiento propicia contaminación que impacta en la salud pública, ya sea por bacterias, virus, hongos, nemátodos, insectos y/o roedores, entre otros.

3.2 Dimensiones del compostaje

La producción de composta tiene diversas dimensiones, es decir, desde la composta casera hasta niveles industriales; ambas son muy importantes, ya que responden a necesidades muy específicas. En el primer caso los materiales se disponen sin mucho rigor técnico, en tanto que al compostear volúmenes industriales habrá que considerar maquinaria, equipo e instalaciones adecuadas y observar los distintos factores que intervienen en el proceso como tal.

Esquema 2. Proceso de compostaje, tomado de Joaquín Moreno y Raúl Moral Herrero, 2008



Aparentemente, compostear es muy fácil, pero llevar bien el proceso es difícil, y aún más cuando se requiere obtener composta de calidad; entonces, todos los factores del proceso se deben observar escrupulosamente para obtener un producto de calidad. En el mercado es común encontrar productos que se venden como composta sin serlo.

3.3 Pilas simples de compostaje

La tecnología para el compostaje en pilas simples es relativamente sencilla; es el sistema más económico y más utilizado; evidentemente, tiene bases científicas bien fundamentadas que no deben descuidarse, toda vez que es un proceso donde participan organismos que requieren de un ambiente adecuado, que puede durar desde varios días hasta meses, dependiendo del tipo de materiales a degradar.

Figura 6. Pilas de composta



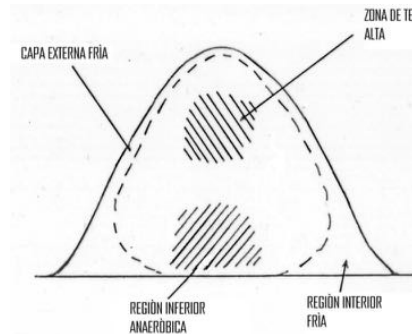
Los materiales se amontonan sobre el suelo o pavimento, sin compactarlos, siendo muy importante la forma y medida de la pila.

Las medidas óptimas oscilan entre 1.20 y 2 metros de altura, por 2 a 4 metros de ancho. Estas medidas pueden variar dependiendo del volumen que se maneje y el tipo de maquinaria utilizada para dar los volteos requeridos. La construcción tiende a ser trapezoidal, aunque en zonas muy lluviosas es semicircular para favorecer el drenaje.

Las pilas son ventiladas interiormente por convección natural; el aire caliente que sube desde el centro de la pila crea un vacío parcial que aspira el aire de los lados; la forma y tamaño óptimo de la pila depende del tamaño de las partículas, del contenido de humedad, de la porosidad y del nivel de descomposición; todo lo anterior afecta el movimiento del aire hacia el centro de la pila.

Los volteos favorecen el desarrollo de los microorganismos, por lo cual hay que procurar que el proceso se cumpla homogéneamente en toda la pila. Esta operación se puede hacer de manera manual o en forma mecánica. En los movimientos de las pilas el material perteneciente a la zona de temperatura alta debe pasar a formar parte de la capa externa fría y la del exterior al núcleo; es muy importante no hacer los volteos frecuentes, sólo cuando se requieran.

Figura 7. Diagrama de una pila de composta



3.4 Condicionantes o factores del compostaje

Relación carbono-nitrógeno (C/N)

Los sustratos orgánicos utilizados en la producción de composta tienen características físico-químicas muy particulares que inciden de forma directa en el proceso de degradación y en la calidad de la composta o producto final. Una característica es la relación carbono/nitrógeno, la cual expresa las unidades de carbono por unidades de nitrógeno que contiene un material. El carbono es una fuente de energía para los microorganismos y el nitrógeno es un elemento necesario para la síntesis proteica. Una relación adecuada entre estos dos nutrientes favorecerá su crecimiento y reproducción.

La relación C/N óptima del material “crudo o fresco” a compostear es de 25 unidades de carbono por una unidad de nitrógeno. En términos generales, una relación C/N inicial de 20 a 30 se considera adecuada en el proceso. Si la relación C/N está en el orden de 10 nos indica que el material tiene más nitrógeno; cuando la relación es de 40, manifiesta que el material tiene más carbono (FAO, *Op. cit.*). Para Kiehl (1985) una relación C/N de 30 debe considerarse óptima. Otros mencionan que una relación de 26-35 es la más recomendable para compostaje eficiente.

Una relación C/N superior a 30 requerirá para su biodegradación una mayor cantidad de microorganismos y el tiempo necesario para alcanzar un valor final entre 12-15. Si el cociente entre estos dos elementos es inferior a 20 se producirán pérdidas importantes de nitrógeno. Cabe mencionar que los residuos de origen vegetal presentan por lo general una relación C/N elevada. Las plantas contienen más nitrógeno cuando son jóvenes y menor cantidad en su madurez; por el contrario, los residuos de origen animal contienen, por lo general, una relación C/N baja.

Tabla 2. Relación C/N de materiales de origen vegetal

Base seca Materiales	% C	% N	C/N
Aserrines	40	0.1	400
Podas, tallos, maíz	45	0.3	150
Paja de caña	40	0.5	80
Hojas de árboles	40	1	40
Estiércol equino	15	0.5	30
Estiércol ovino	16	0.8	20
Estiércol bovino	7	0.5	15
Estiércol suino	8	0.7	12
Estiércol de gallina	15	1.5	10

Fuente: Sztern. D. y Miguel A.Pravia. 2010

Es frecuente que el material disponible no presente una relación C/N inicial apropiada; en este caso debemos proceder a realizar una mezcla con materiales que den la relación apropiada, o balance de nutrientes. Supongamos que disponemos de aserrín y excreta de bovino: un balance adecuado se lograría mezclando tres partes de excretas por una parte de aserrín; de esta manera se obtiene una relación C/N, de entrada, aproximadamente de 20.

3.5 Estructura y tamaño de los residuos orgánicos

Numerosos materiales pierden rápidamente su estructura física cuando ingresan al proceso de compostaje (por ejemplo: excretas, cáscaras de frutas, etcétera); otros son muy resistentes a los cambios, tal es el caso de materiales leñosos y fibras vegetales en general; en este caso la superficie de contacto entre el microorganismo y los desechos es pobre y no hay que olvidar el carácter osmótrofo de la mayoría de las bacterias. Al presentarse esta condición se debe disponer de restos de podas de diámetro pequeño y mezclar estos con residuos de diferente estabilidad estructural de forma tal, que aumente la superficie de contacto. Una opción es la mezcla de poda con estiércoles, composta, mantillo o simplemente con suelo.

La alternativa para los materiales leñosos de gran tamaño es la utilización de trituradoras; así se obtiene un diámetro promedio de partículas de 20 mm máximo y se logra un incremento significativo de la biodisponibilidad y del tiempo de compostaje. No obstante, se recomienda que el tamaño de partículas sea entre 10.0 y 50 mm.

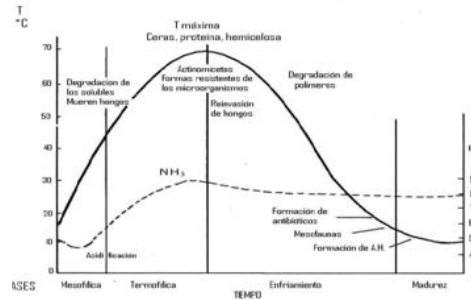
Moler los materiales para obtener diámetros muy pequeños no es muy aconsejable, ya que la acumulación de materiales con estos diámetros tienden a compactarse en las pilas y disminuye en forma importante la capacidad de intercambio gaseoso. Si existe la posibilidad de remover las pilas con maquinaria o composteadora, la degradación es más rápida y eficiente.

Temperatura

La temperatura es un factor donde se expresa la acción de los microorganismos, principalmente mesófilos, que utilizan los carbohidratos y proteínas al descomponer los residuos vegetales o animales. La temperatura debe mantenerse entre 35 y 65°C para eliminar elementos patógenos, parásitos y semillas de plantas no deseables. Es recomendable que la temperatura no supere los 65°C, pues propicia la pérdida de nitrógeno.

Cada grupo de microorganismos tiene una temperatura óptima para realizar su actividad: criófilos de 5 a 15°C; mesófilos de 15 a 45°C y termófilos de 45 a 60°C. Si la pila llegase a 70°C o más, hay que mojarla rápidamente para disminuir este rango y ubicarla alrededor de los 65°C; de lo contrario se corre el riesgo de perder nutrientes, sobre todo nitrógeno debido a su volatilidad.

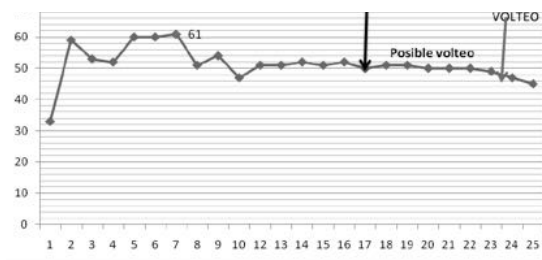
Figura 8. Fases del proceso de composta



Con temperaturas elevadas mueren algunas especies benéficas para el compostaje, mientras que otras no actúan por estar en forma de espora. Cuanto más caliente es la pila más rápido es el proceso de degradación de los materiales utilizados. La clave es controlar la temperatura.

La figura *Fases del proceso de compostaje* muestra el alargamiento según se van presentando las fases hasta producir composta. La primera fase es la mesófila, seguida por la termófila y finalmente el enfriamiento y la maduración de la composta. Al descender la temperatura en su fase de madurez, la composta se repoplará de microorganismos benéficos cuando se logre una temperatura igual a la del ambiente.

Figura 9. Temperatura de una pila de compostaje



Aeración y riego

Como se aprecia en la gráfica anterior, se recomienda realizar el primer volteo a los 23-24 días, momento en que comienza a decrecer y estabilizarse la temperatura; puede hacerse un poco antes si ésta se estabiliza aproximadamente a los 17-18 días, tal como lo señala la primera flecha de la gráfica; pero lo más indicado es donde se encuentra la segunda flecha, o sea, después de haber alcanzado su estabilidad e iniciar un decremento, posterior a la etapa termofílica.

En la fase termofílica hay liberación de energía y consumo de oxígeno. Es la etapa biológicamente más activa, por lo que se deben controlar cuidadosamente las condiciones de humedad para evitar problemas con temperaturas excesivas. La energía generada puede elevar excesivamente la temperatura hasta inhibir o hacer más lenta la actividad microbiana. El calor intenso puede reseca el material y traer consecuencias letales para los organismos y los nutrimentos, como el nitrógeno.

Para evitar riesgos, se insiste, es necesario voltear y regar las pilas de forma uniforme para inducir la estabilización y su consecuente maduración. Inmediatamente a la aereación del material, la temperatura manifiesta un descenso y paulatinamente vuelve a subir hasta completar una nueva etapa termogénica. El oxígeno es indispensable para el proceso de compostaje y en la mayoría de los casos se hace a través de remover la pila por medio de volteos.

Rangos de temperatura (°C)	Condición del proceso
40 a 45 °C	El intervalo de temperatura más adecuado para la participación de mayor número de microorganismos.
60 a 65 °C	Para que se higienice y muera la mayor parte de los organismos patógenos, y quitar viabilidad a las semillas indeseables.

Rangos de temperatura (°C)	Condición del proceso
Por encima de los 70 °C	La composta se quema y amenaza la supervivencia de los microorganismos termófilos y pérdida de nutrimentos. Entonces es necesario airear y regar las pilas para disminuir la temperatura.

Cuando se trabaja con materiales como estiércoles, biosólidos o lodos residuales, la aireación se dificulta debido a que la masa se compacta; entonces lo que hay que propiciar es el desagregado de partículas. En este caso hay que inducir oxígeno al interior de la pila para propiciar mayor actividad microbológica; es recomendable mezclar materiales que tengan partículas mayores a 5 mm y hasta una pulgada. No olvidar que el compostaje es aeróbico, por tanto, los microorganismos requieren oxígeno suficiente.

La *figura 4. Fases del proceso de compostaje*, muestra que se puede desarrollar una zona anaeróbica y el consecuente retardo del proceso de compostaje puesto que se tendrán dos procesos de rutas metabólicas diferentes, ya que los organismos anaerobios no requieren oxígeno. De ahí que voltear las pilas adecuadamente evita un ambiente anaeróbico. Al hacer esto con mucha frecuencia se propicia el enfriamiento de la pila y la reducción de la actividad microbiana y lo más seguro es que el producto final no sea composta.

No olvidemos que el proceso de compostaje requiere de un ambiente húmedo, cálido y aireado. Si no se introduce el suficiente oxígeno, gradualmente se incrementa el dióxido de carbono y la actividad microbiana disminuye; por tanto, se debe cuidar para mantener el equilibrio entre ambos gases.

A nivel de pequeños agricultores la composta es muy útil. En su elaboración se sugieren los materiales locales disponibles, como pulpa de café, mezclados con estiércoles y material vegetal verde. Si el volumen es pequeño se sugiere la digestión anaeróbica tipo bocashi; en este caso es conveniente emplear materiales precompostados para que el proceso sea exitoso, práctico y rápido.

No confundir el proceso de compostaje con la elaboración de fermentados anaeróbicos tipo bocashi. En el campo siempre habrá opción: lo importante es utilizar lo que se tiene al alcance para incorporar materia orgánica a los suelos.

Humedad

Es indispensable contar con cantidad suficiente para humedecer la composta. En teoría, los valores de humedad para que pueda darse una fermentación aeróbica están entre 30 y 70%, siempre que se garantice una buena aireación. En la práctica se deben evitar valores altos, pues se desplazaría el aire de los espacios entre partículas del residuo y el proceso pasaría a ser anaerobio; si la humedad es baja, disminuirá los microorganismos.

Los valores óptimos están entre 40 y 60%, dependiendo de la textura del material de la etapa del proceso y condiciones ambientales. Para el caso de biosólidos y lodos residuales lo más difícil es transferir la humedad que contienen a su ambiente adyacente. En tal caso el proceso requiere de agregados menos finos y con contenido de humedad bajos y poco a poco la masa que constituye la pila comenzará a homogeneizarse.

La demanda de humedad de la masa en la etapa de descomposición es alta. Si ésta desciende más de 40% el trabajo de los microorganismos decae. Por tanto, se sugiere tener especial cuidado con este parámetro. El exceso de humedad desplaza al oxígeno. El proceso anaerobio y los malos olores empezarán a presentarse.

Para el control de la humedad se sugiere aplicar el siguiente procedimiento empírico:

1. Tome con la mano una muestra de composta.
2. Cierre la mano y apriete fuertemente la misma.
3. Con esta operación verifique que escurre agua de la composta; entonces podemos establecer que hay más de 40% de humedad. Cuide que la humedad en la composta sea uniforme.
4. Si el material no gotea y cuando abrimos el puño de la mano permanece moldeado, estimamos que quiere decir que la humedad se encuentra entre 20-30% y se debe suministrar más; si es necesario, cuando la pila está madurando manténgase en 40 por ciento.
5. Finalmente, si abrimos el puño y el material se disgrega asumimos que la composta contiene una humedad inferior a 20%. Se insiste: la composta no debe aplicarse al suelo; si hay cultivos o árboles con humedad inferior a 20% la composta seca tendrá un efecto contraproducente en las plantas.

Oxígeno

Ya se ha mencionado que el oxígeno es indispensable para que los microorganismos puedan descomponer eficazmente la materia orgánica.

Un buen proceso de compostaje requiere la aportación de aire y el mantenimiento de una porosidad adecuada en la masa.

Figura 10. Humificación de composta en Chapingo y Morelos



La base principal del proceso de fabricación de la composta es una buena aireación; la demanda de aire está calculada en torno a 15-20 m³/ton/día (15-20 metros cúbicos de aire por tonelada por día) y depende de muchos factores, como el material, la textura, la humedad o la manera de voltear la pila.

Los volteos sirven para homogeneizar la mezcla y su temperatura; después de cada volteo la temperatura disminuye de 5 a 10°C, subiendo de nuevo si el proceso no ha concluido.

Se puede forzar la aireación por métodos de succión, de presión o mecánicos; evidentemente un proceso mecánico eleva costos de producción.

Uno de los aspectos importantes en la composta es la cantidad de nitrógeno aprovechable que contenga, ya que éste será el nutrimento para las plantas. De acuerdo con Salgado (*Op. cit.*) la liberación de este nutrimento ocurrirá cuando la relación carbono nitrógeno (C/N) es estrecha, es decir, menor de 20, y cuando la temperatura es mayor a los 70°C. Algo similar sucede con el fósforo: si la relación C/P es igual o menor a 200 ocurre la mineralización del fósforo orgánico durante la descomposición de los materiales orgánicos.

El pH




El rango de pH cercano al neutro (6.5-7.5), ligeramente ácido o ligeramente alcalino, nos asegura el desarrollo favorable de la gran mayoría de los grupos fisiológicos. Valores de pH inferiores a 5.5 (ácidos) inhiben el crecimiento de la gran mayoría de los grupos fisiológicos. Valores superiores a 8 (alcalinos) también son agentes inhibidores del crecimiento, haciendo precipitar nutrientes esenciales, de tal forma que no son accesibles para los microorganismos.




Durante el proceso de compostaje se produce una sucesión natural del pH necesario, acompañado de una sucesión de grupos fisiológicos.

No es habitual que nos enfrentemos a desechos orgánicos agrícolas que presenten un pH muy desplazado del neutro (7.0). Es el caso de algunos residuos provenientes de actividades agroindustriales. Este tipo de residuos se caracteriza por su estabilidad (resistencia a la biodegradación); en general se trata de desechos con pH marcadamente ácido. De presentarse una situación de este tipo debemos proceder a determinar el valor del pH y posteriormente realizar una neutralización mediante la incorporación de materiales calizos.

PASOS SUGERIDOS PARA ELABORAR UNA PILA DE COMPOSTAJE EN PEQUEÑA ESCALA

	<p>En primer lugar hay que determinar el área sobre la cual se va a elaborar la pila de composta, de preferencia un lugar con poca pendiente. Delimitar el ancho (2 a 4 m); el largo depende del material disponible. Con una cuerda formar un rectángulo y dar uniformidad a la pila.</p>
	<p>Primera capa</p> <p>La base debe estar compuesta por ramas delgadas o rastrojos, que propician una buena aireación y la actividad de los microorganismos, siendo de 15 a 20 cm de espesor o grosor. Si se dispone de composta o mantillo hay que incorporarlo en la parte superior. Aplicar riego fino.</p>

	<p>Segunda capa</p> <p>Utilizar pulpa de café seco o fresco aproximadamente de 10 centímetros de espesor. Puede ser estiércol o material verde, frutos o verduras bien picados. Utilice material disponible en su localidad o parcela.</p> <p>Aplicar riego fino.</p>
	<p>Tercera capa</p> <p>Esta debe ser de preferencia de estiércol, con un grosor de 10 y hasta 15 centímetros como máximo.</p> <p>Suministrar un riego de gota fina.</p>
	<p>Cuarta capa</p> <p>Incorporar materia vegetal verde, podas de café, hojas de plátano, hoja de encino, cacahuananche, frutas y agua. El espesor debe ser nuevamente de 15 cm aproximadamente.</p> <p>Aplicar riego fino.</p>

	<p>Quinta capa</p> <p>Agregar materiales como los que se utilizaron en la segunda capa (es deseable contar con los mismos materiales y en la misma cantidad).</p> <p>No olvide que si tiene composta, mantillo o estiércol de varios años agréguelo en poca cantidad para que la composta absorba mejor la humedad y le sirva como inoculante indirecto. Aplicar riego fino.</p>
	<p>Sexta capa</p> <p>Esta puede formarse de hojas secas de árbol, hierbas, pasto, aserrín, madera triturada, etcétera.</p> <p>Así se van formando una serie de capas hasta que la pila alcance una altura de 1.20 a 1.5 metros, por 2-4 metros de base. La longitud es variable: puede llegar a 80 metros si se cuenta con suficiente material y espacio.</p> <p>Para que la humedad sea uniforme se recomienda que la pila tenga forma de trapecio.</p> <p>Aplicar riego fino.</p>
	<p>Al final cubra la pila de composta con hierba, paja o rastrojo; esto ayudará para conservar la humedad y el oxígeno del interior de la pila; por ninguna razón utilice plástico para cubrirla, a menos que sea en la época de lluvias.</p>

Es importante reiterar que uno de los objetivos es someter a compostaje los residuos sólidos disponibles localmente: esto conduce a fomentar la cultura de la reutilización de los diferentes materiales e incorporar con frecuencia materia orgánica.

Microbiología de la composta

El proceso de compostaje implica una compleja destrucción de la materia orgánica, que dará origen a un producto final estable. Los microorganismos que participan en el proceso de compostaje pertenecen a diversas categorías, las más importantes son bacterias, actinomicetos y hongos.

Los criófilos son los primeros que empiezan a trabajar en el proceso. Pueden estar a temperaturas debajo de 0°C (tan bajo como -18°C), pero son muy activos alrededor de 13°C. Estos generan calor suficiente para crear condiciones óptimas para el próximo grupo de bacterias llamado mesófilos. Los mesófilos son bacterias que operan con temperaturas entre 15 y 40°C.

El calor generado es un subproducto del trabajo de los mesófilos, por lo tanto, se manifiesta el incremento de la temperatura en la pila creando condiciones apropiadas para los microorganismos termófilos, que comienzan a elevar la temperatura en la pila generando circunstancias apropiadas para su propio desarrollo. Así comienzan a asumir la dirección cuando las temperaturas oscilan entre los 40 a 45°C y pueden continuar trabajando hasta los 60°C; a mayores rangos, comienzan a declinar.

Los termófilos que trabajan a temperaturas mayores a 60°C no viven mucho tiempo; la mayoría vive aproximadamente una semana, de acuerdo con la opinión de microbiólogos. La remoción de la pila provee oxígeno y permite a las bacterias termófilas continuar su actividad.

Los actinomicetos tienen forma parecida a hongos, siguen en número a las bacterias y asumen la dirección durante las etapas finales de la descomposición; son frecuentemente productores de antibióticos que inhiben el crecimiento bacteriológico, además de resultar especialmente importantes para la formación de humus y liberación de carbón, nitrógeno y amonio como alimentos disponibles para las plantas.

Los hongos son menores en número que las bacterias o actinomicetos, pero con mayor masa, y se distinguen por ser organismos simples que carecen de pigmento fotosintético (clorofila). Viven sobre material muerto y obtienen energía degradando la materia orgánica.

Los organismos que están más arriba en la cadena alimenticia descomponen la materia orgánica excavando, moliendo, masticando, digiriendo, chupando y batiendo, a diferencia de microorganismos que la descomponen químicamente. Entre estos están las hormigas, que se alimentan de una variedad de materiales de composta; otros son los cienpiés, que comen vegetales en descomposición; los caracoles y los limacos (moluscos que viven de vegetales vivos, pero se les encuentra con frecuencia en la composta). Los nemátodos, grupo de invertebrados más abundantes en el suelo

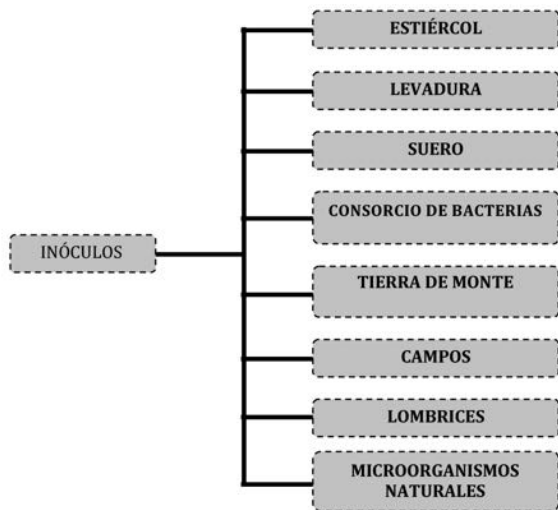
e indeseables, viven en la materia orgánica en descomposición. Una composta puede llevar nemátodos si se descuida su saneamiento.

En fin, son muchos los organismos que participan en la descomposición de la materia orgánica. En total 15 o más especies son consumidores terciarios, alimentándose de invertebrados de su tamaño o mayores. Las lombrices de tierra son otro grupo de macroorganismos importantes y los mayores composteadores: consumen bacterias, hongos, protozoos y materia orgánica, la cual digieren y transforman en vermicomposta o lombricomposta.

Una composta bien procesada produce una esterilización de todo el residuo, tanto por la elevada temperatura como por la propia producción de fermentos (antibióticos) y la competencia por los nutrientes. De esta forma se eliminan los microorganismos patógenos.

Inóculos

En la elaboración de pilas de compostaje se pueden utilizar algunos productos llamados inóculos. Entre éstos encontramos gran diversidad de productos, como los que aquí se mencionan.



CAPÍTULO 4

4.1 Composta

La composta es el producto sólido maduro y estable, con olor y apariencia a tierra; es el resultado del proceso de compostaje, derivado exclusivamente de materia orgánica, misma que posee las propiedades y estructura del humus.

Por lo tanto, la composta es el material orgánico que resulta de la descomposición o degradación aeróbica de restos vegetales y animales. De manera genérica se le conoce como abono o sustrato. Lo cierto es que al incorporarse al suelo aporta nutrientes, materia orgánica y microorganismos en cantidades muy importantes. Obviamente, el contenido nutricional de la composta depende de los materiales utilizados y de cómo se realiza el proceso de elaboración.

La composta se destina para diversos usos, principalmente en horticultura, jardinería, lombricultura y viveros; en la producción de granos y frutas, con la tendencia de generalizarse en todos los ámbitos de la agricultura.

En la etapa final del compostaje la temperatura ambiente oscurece el material y tiene un olor agradable debido a las transformaciones que ha sufrido el material original; además, se identifica porque aparecen lombrices, larvas y diversos organismos. La composta madura es útil para las plantas que no toleran la materia orgánica en descomposición, como las zanahorias, papas, etcétera.

La composta es un producto que hay que usar con cuidado y, de ser posible, incorporarle microorganismos como *micorriza*, *azospirillum*, *rizhobium*, etcétera, para que los resultados en los cultivos sean más exitosos.

Desde el punto de vista sensorial es muy importante el color, el cual debe estar entre negro y café oscuro; el olor de la composta es semejante a tierra húmeda y ausente de olores pestilentes.

Otro aspecto importante es el tamaño de las partículas, es decir, la granulometría, cuyas partículas no deben ser menores a un centímetro.

Al comparar las propuestas de varios autores, entre ellos a Joaquín Moreno Casco y Raúl Moral Herrero (2008), se sugiere que la composta debe tener los siguientes rangos:

- pH: entre 5.6-8.0.
- CE: menor a 4 ds/m
- Materia orgánica mayor de 30%
- Nitrógeno mayor a 1%
- Fósforo mayor a 0.5%
- Potasio mayor a 1%
- Relación C/N: 15-20
- CIC: mayor de 100 (meq/100g)
- Humedad entre 20 y 40
- DAP 0.4-0.9 g/ml.

En relación a metales pesados:

- Plomo: menor a 840 mg/kg
- Cadmio: menor de 85 mg/kg
- Arsénico: menor a 75 mg/kg
- Mercurio: menor 57 mg/kg
- Cromo: menor de 3000 mg/kg
- Cobre: menor a 4300 mg/kg
- Níquel: menor a 420 mg/kg
- Zinc: menor a 7500 mg/kg

Los valores anteriores están basados a la NOM-004 SEMARNAT-2002.

Tabla 3. Propiedades de la composta, según M.C. Francisco Rodríguez Neave, 2013

Propiedad	Intervalo óptimo	Nutrientos	Intervalo óptimo
Ph	6.5-8.0	N	%>15
CE (ds/m)	<10	P	0.6-1.2
CIC (meq/100g)	167	K	0.8-1.4
MATERIA ORGÁNICA (%)	>25	Ca	1-2.5
DENSIDAD APARENTE (t/m ³)	0.5-0.8	Mg	0.3-0.7
C/N	3-20	Fe	Mg kg ⁻¹
C/P	<200	Zn	2,000-6000
AF/AH	1-2	Mn	80-200
HUMEDAD (%)	10-30	Cu	100-400
		B	15-50
			5-30

BENEFICIOS DE LA COMPOSTA

<p>EN EL SUELO</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Incorpora materia orgánica al suelo. • Incrementa su fertilidad y productividad. • Mejora la retención de agua. • Reduce la necesidad de fertilizantes de síntesis química. • Modera la temperatura del sólido. • Es la fuente primaria de nutrientes en las plantas. • Es la fuente primaria de nutrientes para micro y macro organismos del suelo. • Contribuye a prevenir la erosión.
<p>EN PRODUCCIÓN</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Reduce la necesidad de agua, fertilizante y plaguicida. • En la agricultura orgánica es producto básico • Prolonga la vida de los rellenos sanitarios. • Se puede utilizar para la restauración de suelos agrícolas y de jardinería. • Mejora la calidad de los productos hortícolas y el periodo de cosecha.
<p>AMBIENTALES</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Degrada las sustancias tóxicas en el suelo. • Modifica la concentración de metales pesados. • Contribuye a mejorar el aire contaminado. • Reduce la producción de metano de los vertederos. • Transforma la materia orgánica para evitar la proliferación de insectos y malos olores. • Contribuye a transformar los biosólidos o lodos depauperados. • Contribuye a la adaptación al cambio ambiental global.
<p>RESTAURACIÓN</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Excelente para la reforestación. • Ayuda a restaurar hábitat naturales. • Muy útil para recuperar espacios mineros y canteras. • Ayuda a recuperar zonas húmedas dañadas por sales.

<p>ELIMINACIÓN DE PATÓGENOS</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Inviabiliza las semillas de hierbas no deseables. • Elimina los patógenos y parásitos de los cultivos presentes en los restos vegetales. • Contribuye a sanear el ambiente en los vertederos de plantas hortícolas.
---------------------------------	---

4.2 Cribado de la composta

No todo el material que entra al sistema de compostaje se biodegrada con la misma eficiencia: muchos requieren, por su estructura física y composición química, mayores tiempos para modificar su morfología. Por esta razón es muy frecuente que, conjuntamente con la composta, se presenten restos de materiales en distintas etapas de biodegradación o bien que el residuo original contenga aún componentes inorgánicos.

Para lograr que la composta esté apta para su aplicación agronómica, en forma manual o mecánica, debe presentar una granulometría adecuada y homogénea y estar libre de partículas inorgánicas que dificulten su aplicación. Hay muchas alternativas técnicas para el refinado de la composta: separación balística, centrífuga o cribado con malla de 4x4. La experiencia indica que la separación granulométrica por cribado es sin duda la menos costosa de instrumentar y la que ha dado mejores resultados a pequeños productores.

El tamaño de malla de la criba dependerá de la granulometría que se desea obtener. Para que este proceso se realice sin inconvenientes es fundamental que la composta presente un contenido de humedad entre 20 y 30%. El proceso de cribado se realiza, por razones obvias, bajo techo; para volúmenes considerables es indispensable el cribado automatizado.

4.3 Rendimientos

Durante el proceso de compostaje se producen pérdidas que pueden ser muy altas. Esto dependerá del tipo de material utilizado para compostear por los procesos bioquímicos y por la manipulación del material. A esta merma se le debe adicionar la producida por el proceso de cribado, de donde saldrá el material de rechazo que puede incorporarse a las pilas. Se calcula que dos kilogramos de composta son el resultado de 8-10 kilogramos de basuras de mercado.

4.4 Empaque y almacenamiento

Finalizado el proceso de compostaje y el cribado del mismo, es conveniente empaquetarla o encostalarla y mantenerla en la sombra. Si no se dispone de una bodega, una alternativa es cubrir el material con lo que se tenga al alcance. La composta expuesta directamente al sol y a la intemperie pierde rápidamente sus nutrientes esenciales y su riqueza microbiológica, es decir, la calidad del producto. Respecto del envasado, existen

varias alternativas disponibles que garantizan el mantenimiento de la calidad del producto. Se debe evitar cualquier tipo de costales o bolsas que hayan contenido agrotóxicos. También es muy importante no aplicar la composta a los cultivos cuando esté seca.

CAPÍTULO 5

5.1 Agricultura urbana y suburbana

La agricultura urbana en el mundo ha sido desarrollada bajo diversas modalidades, todas con un alto grado de heterogeneidad. Los agricultores son gente que ha instalado en el traspatio o en cualquier lugar de su casa un cultivo, practica agricultura vertical, cría animales o jardines con gran diversidad de especies.

Se denomina agricultura urbana a la práctica agrícola y pecuaria que se desarrolla en las ciudades y sus suburbios utilizando recursos locales como mano de obra, espacios, agua y desechos orgánicos diversos con el fin de producir cultivos para el autoconsumo y eventualmente para la venta en los mercados locales.

Los sistemas de producción agropecuaria en áreas urbanas son producto de la evolución de la agricultura, sobre todo en la Cuenca de México, cuyas bases tienen raíces prehispánicas. La relación entre las áreas urbanas y las suburbanas históricamente ha sido muy dinámica en virtud de que los productos demandantes de la ciudad son aquellos que consumen la mayor parte de la población, como leche, hortalizas, huevo y carne de especies menores, etcétera. La demanda de alimentos se ha extendido inclusive a las áreas rurales vecinas y a las grandes urbes.

Es importante señalar que hasta ahora, equivocadamente, se caracteriza a lo rural como el ámbito de atraso, marginación, pobreza y pobreza extrema y a lo urbano como aquello donde predominan la modernidad, alta tecnología y acceso a la información; sin embargo, ahora la pobreza se ha trasladado a las ciudades, constituyendo los suburbios.

El vínculo entre agricultura urbana y la ciudad también se caracteriza por su dinamismo en la circulación de insumos, lo que favorece su producción intensiva, es decir, en pequeña escala. Algo que llama la atención es la transformación de residuos orgánicos en composta o abonos de lombriz, cuyo uso se concreta en la producción orgánica de cultivos, sobre todo en los últimos años. Es interesante ver cómo quienes practican la agricultura y la explotación pecuaria son personas que emigraron del medio rural y que, por tanto, traen la cultura de producir alimentos en casa.

Las características mencionadas en el párrafo anterior sobre la agricultura urbana permiten destacar la calidad de los productos, ya que se observa que los productores tienen especial cuidado para que sean de alta confiabilidad, pues se tiene como referente que los alimentos producidos de forma convencional son productos contaminados y es posible que desarrollen enfermedades debido a la prevalencia de residuos de pesticidas, hormonas, reguladores de crecimiento, etcétera.

Otra característica sobresaliente de los productores agropecuarios urbanos es que se han podido adaptar a la poca disponibilidad de agua y espacios pequeños, por lo que son más eficientes en los procesos de producción, tanto de plantas ornamentales, especias, hortalizas, etcétera, como de especies animales menores como conejos, codornices, peridices, gallinas, pollos y pavos, entre otras especies.

Hoy en día destaca la producción orgánica de alimentos debido a la utilización de los estiércoles y basuras urbanas orgánicas con la finalidad de obtener producción de calidad, sobresaliendo el uso de composta y humus de lombriz.

En la producción intensiva de humus de lombriz y composta se pueden observar diferentes modalidades que se pueden adaptar a espacios muy pequeños, por lo que se demuestra que no existen limitantes si se tiene interés en la producción sana de alimentos. Las formas de producción de humus de lombriz y composta adaptadas para las áreas urbanas y suburbanas se muestran a continuación.



BIBLIOGRAFÍA

- Burés S., 1997. *Sustratos*. Ed. Agrotecnicas Madrid. Hortícolas. Ed. Mundi-Prensa Madrid España.
- Calivá, J., 2003. *Currículum y sociedad*. Instituto Interamericano de Cooperación para la agricultura, IICA. Costa Rica, C.A.
- De la Isla de Bauer. M de L., 2009. *Qué hacer con la basura*. Comité de acción para el saneamiento ambiental A. C. México.
- El-Hage, S. N. y Hattam, 2003. *Agricultura orgánica, ambiente y seguridad alimentaria*. FAO.
- Ferrera-Cerrato, R. y Pérez, M. L., 1995. *Elementos útiles en la agricultura sustentable*. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Estado de México.
- Danzell, H. W., 1991. *Manejo del suelo: producción y uso del composte en ambientes tropicales y subtropicales*. FAO.

- IFOAM. 2008-2013. *Plan estratégico para el apoyo y fomento de los productores orgánicos en extremadura.*
- INPOFOS, 1997. *Manual internacional de fertilidad de suelos.* Quito, Ecuador.
- Labrador, M.J., 1996. *La materia orgánica en los agroecosistemas.* Ed. Mundi-Prensa.
- Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos. 2003. México.
- Montagnini F., 1992. *Sistemas agroforestales.* Organización para estudios tropicales (O. E. T).
- Moreno, C. J. y Moral, H. R., 2008. *Compostaje.* Ed. Mundi-Prensa. España.
- Nelson E., Schwentesius R. R., Gomez T. L., Gomez C. M., 2008. *La red mexicana de mercados orgánicos.* LEISA. *Revista de Agroecología.* 2008.
- Peter, J. Stoffella y Brian A. Kahn, 2005. *Utilización de composta en los sistemas de cultivos agrícolas.* Ed. Mundi-Prensa.
- Quintero L. R., 2005. *Manual para la medición de actividades enzimáticas en composta y vermicomposta.* C. P. México.
- Rudolf, Steiner, 1924. *Agricultura biodinámica.*
- Salgado, G. S. y Núñez, E. R., 2010. *Manejo de fertilizantes químicos y orgánicos.* Colegio de Posgraduados. Mundi- Prensa, México.
- Semarnat. Bases para legislar la prevención y gestión integral de residuos. México. 2006.
- Semarnat. Indicadores básicos del desempeño ambiental de México, 2005. México. 2006.
- Soto. G. Méndez G., 2004. *Cómo medir la calidad de los fertilizantes orgánicos.* Hoja técnica 48. Costa Rica. 72 p.91-98.
- Soto G., Muschler R., 2001. *Génesis, fundamentos y situación de la agricultura orgánica.* Manejo Integrado de Plagas. Costa Rica. No. 6 p.101-105, 2001.
- Schifter, I. y González-García, C., 2005. *La tierra tiene fiebre.* La ciencia para todos 211. Fondo de Cultura Económica. México.
- Stoffella P. J ; Kahn B. A., 2005. *Utilización de composta en los sistemas de cultivo.*
- Sztern, D. y Pravia, M. A., 2007. *Manual para la elaboración de composta.* Organización Mundial de la Salud.
- Trejo T. L., 2009. *Nutrición de cultivos.* C. P. Mundi-Prensa. México.
- Visto en www.greenpeace.org/mexico.basuracero. Consultado el día 16 de octubre de 2013.



PROCURADURÍA
AGRARIA

V. NUTRICIÓN DE CULTIVOS SIN SUELO

RANFERI MALDONADO TORRES MARÍA EDNA ÁLVAREZ SÁNCHEZ

1. INTRODUCCIÓN

El aumento en la superficie ocupada por cultivos intensivos bajo invernadero se ha dado debido a los altos rendimientos y la gran calidad de las cosechas. Los aspectos estructurales de los invernaderos deben garantizar al cultivo condiciones de funcionalidad y aprovechamiento adecuado de los factores ambientales, que permitan el crecimiento y desarrollo de las especies.

Para ello es necesario controlar y mantener en niveles óptimos los siguientes factores: el suministro de la solución nutritiva (dosis y frecuencia), con base en la demanda evapotranspirativa del ambiente; el porcentaje de lixiviación necesario para evitar la acumulación en el medio radical de iones no absorbidos; las diferencias de transpiración entre plantas y la uniformidad del sistema de distribución del riego, para evitar cambios bruscos del potencial hídrico en la rizósfera.

El clima es responsable de regular en la planta la absorción de agua, actuando sobre los factores que inciden en la evapotranspiración: radiación, déficit de presión de vapor, tasa de renovación del aire, concentración de dióxido de carbono. Por ello a continuación se analizan algunos factores climáticos importantes en la producción de cultivos bajo condiciones de invernadero.

2. FACTORES AMBIENTALES EN EL MANEJO DE CULTIVOS SIN SUELO

2.1 Radiación

La productividad de cultivos bajo invernaderos se ve disminuida de manera proporcional al descenso de la radiación. En cultivos como tomate y pepino se ha determinado que una reducción de 1% en la iluminación puede originar disminuciones de 1% en la producción. En algunas regiones durante el invierno la radiación limita la producción y para disminuir su efecto negativo es necesario orientar adecuadamente los invernaderos, seleccionar cubiertas con máxima transmisión y optimizar el ángulo de incidencia de la radiación solar sobre éstas.

- a. La transmisividad de la radiación en la cubierta plástica puede cambiar debido a:
 - Variaciones de la posición solar a lo largo del día y del año que cambian el ángulo de incidencia de la radiación sobre la cubierta.

- Acumulación de polvo, suciedad o cal en la cubierta.
 - Deterioro natural del plástico por influencia en las condiciones climáticas.
 - Posible condensación del vapor de agua bajo la cubierta plástica.
- b. La presencia de elementos estructurales opacos y mallas antiáfidos que protegen las ventanas cenitales pueden disminuir la radiación que incide sobre el cultivo.
- c. El uso de doble cubierta plástica puede reducir la incidencia de luz, aumentar la humedad relativa y provocar menor radiación interceptada por el cultivo, como consecuencia del descenso de su transmisión a través de la cubierta. Esto puede incidir negativamente sobre la calidad de pepino y disminuir la producción.
- d. La costumbre de blanquear la cubierta plástica para disminuir las temperaturas excesivas dentro del invernadero cuando la renovación de aire es escasa, merma la radiación y limita la producción.

Por ejemplo, durante un día despejado en el exterior de un invernadero, la intensidad de radiación puede ser de $2000 \text{ mmol q m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, mientras que en el interior de un invernadero blanqueado la radiación puede ser inferior a $400 \text{ mmol q m}^{-2} \text{ s}^{-1}$.

- e. El sombreado fijo disminuye el tiempo de crecimiento bajo condiciones óptimas de luz, y bajo un sombreado excesivo pueden producirse efectos negativos, como la etiolación y menor amarre de frutos.

2.2 Temperatura

La temperatura del aire y del medio radical, son importantes para el crecimiento y productividad de los cultivos. Este factor regula la longitud del periodo de crecimiento y la intensidad de la respiración y fotosíntesis. En el caso del tomate la temperatura ($>30^{\circ}\text{C}$) influye sobre la elongación de los tallos, el inicio de la floración, el grado de azúcar, coloración del fruto (licopeno), síntesis de provitamina A, etcétera, y merma significativamente el valor nutritivo del fruto. También bajas temperaturas aunadas a bajas intensidades luminosas disminuyen la absorción de agua, nitrógeno, fósforo y potasio en cultivos de tomate y pepino.

Cuando la temperatura desciende por debajo de los $10\text{-}12^{\circ}\text{C}$ en algunas especies se disminuye significativamente el crecimiento y desarrollo debido a lo siguiente:

- Se reduce la absorción de agua y nutrientes, así como su transporte en la raíz debido a un incremento en la viscosidad del agua, una mayor resistencia del tejido de la planta por disminución de la permeabilidad del plasmalema, reducción de la absorción y acumulación activa de iones y disminución del crecimiento de la raíz.

- Disminución de la tasa de asimilación neta de nutrimentos.
- Bajo transporte y distribución de asimilados dentro de la planta.
- Disminución de la expansión foliar y su efecto en la absorción de la radiación.
- Cambios anatómicos y morfológicos que se observan como hojas anchas y cortas, menor tamaño de peciolo y aumento en el grosor de la hoja y del peso específico por acumulación de carbohidratos.

En épocas de frío el impacto de la temperatura sobre la producción es tan importante, que el rendimiento de frijol sin calefacción ha sido de 1.47 kg frente a 6.14 kg por m² cuando se reguló y mantuvo la temperatura en un nivel óptimo. En épocas de alta radiación los cultivos deben soportar excesos térmicos. Es frecuente registrar temperaturas que obligan a restablecer la composición del aire.

2.3. Déficit de presión de vapor (humedad relativa)

El clima exterior y dentro del invernadero presenta grandes variaciones diarias, especialmente de humedad relativa. Es posible en un mismo día percibir cambios desde el punto de rocío a una humedad relativa de 30% o de un déficit de presión de vapor (DPV) de 0.2 kPa durante la noche a valores superiores a 3 kPa al mediodía. Estas situaciones extremas, que originan elevado déficit de presión de vapor entre las hojas y el aire, suelen presentarse en los días de alta insolación, especialmente al inicio del cultivo, y pueden alcanzarse DPV próximos a 5 kPa.

Cultivos con bajo índice de área foliar presentan baja capacidad de disipar energía a través de la transpiración. A medida que aumenta el LAI, el DPV del ambiente se sitúa dentro de unos valores más bajos y menos estresantes. Estas condiciones pueden propiciar desequilibrio hídrico en las plantas cuando la demanda hídrica del ambiente supera la absorción de agua por el sistema radical, si éste es incapaz de abastecer las exigencias ambientales. Este efecto se agudiza y puede ser drástico cuando el sistema radical está mermado por variaciones en la distribución de asimilados, especialmente durante la fructificación.

En ocasiones, después de noches frías seguidas de días despejados se puede observar un marchitamiento foliar como respuesta de un severo déficit hídrico; en estas situaciones se aconseja disminuir la radiación incidente. En condiciones de fuerte demanda evaporativa las altas tasas de transpiración por área foliar o el efecto directo del DPV pueden reducir la conductancia estomática y la fotosíntesis neta.

Esta respuesta representa un comportamiento conservador propio de numerosas especies con el fin de evitar la deshidratación irreversible de la planta. Sin embargo, resultados obtenidos de experiencias desarrolladas en cultivo de pepino indican que estas plantas mantienen altas tasas de transpiración, aun a DPVs elevados, en torno a 3 kPa, probablemente debido a procesos de aclimatación a estos regímenes hídricos rigu-

rosos desde estadios iniciales de su desarrollo. Sin duda debe promoverse un manejo del cultivo que favorezca la formación de plantas equilibradas con un sistema radical bien desarrollado.

Los ambientes con alta demanda hídrica se han asociado a la aparición de desórdenes fisiológicos, como la necrosis apical en tomate y pimiento. Esta fisiopatía, que tiene una considerable repercusión económica, está relacionada con una restricción del transporte de calcio hacia el fruto. En atmósferas de baja demanda evaporativa se genera como resultado de la reducida transpiración.

En el área mediterránea esta sintomatología se desencadena más frecuentemente por otras razones, tal como una conductividad eléctrica alta a disposición del sistema radicular; ya sea por un mal manejo del riego o por la necesidad de utilizar agua de riego de moderada o baja calidad coincidiendo con regímenes de alta demanda hídrica ambiental.

El control de una higrometría excesiva en el interior de las estructuras de cultivo es un método para la prevención de enfermedades criptogámicas, a la vez que tiende a evitar desórdenes fisiológicos, como la deficiencia de calcio inducida en hojas jóvenes en expansión, que puede producirse cuando se desarrollan a bajos déficit de presión de vapor, inferiores a 0.1 kPa.

Para mejorar la ventilación pasiva en el área mediterránea se han sugerido superficies de ventana entre 18-25% respecto de la superficie cultivada. Concluyen estudios sobre la aireación estática de un invernadero que la altura del cultivo tiene un gran efecto en la tasa de ventilación natural y que el mejor sistema de ventilación debería disponer de apertura lateral de 17% y cenital de 15%, con una superficie de apertura total óptima de 32% de la superficie cultivada.

El efecto chimenea que se establece entre la ventilación lateral y cenital es especialmente significativo cuando la velocidad del viento es inferior a 1 m t⁻¹. Se obtienen los mejores resultados en los sistemas de ventilación estática cuando la superficie de apertura es aproximadamente de 30% de la superficie cultivada.

2.4 Concentración de dióxido de carbono (CO₂)

El nivel de CO₂ en el ambiente es determinante en la producción de los cultivos y la actual concentración atmosférica es insuficiente para el crecimiento y desarrollo. Algunos estudios han indicado que la concentración atmosférica de CO₂ se sitúa en la zona no saturante de la relación fotosíntesis/concentración de CO₂, lo que explica la respuesta positiva en incremento de biomasa en plantas C₃ al incrementar la concentración del mismo.

Esta respuesta puede variar en función de las condiciones en que desarrolla el cultivo, la forma de incorporación del CO₂, técnica de abonado carbónico utilizada

(fuente, concentración y dosis, la especie y la relación fuente-demanda), lo que puede incrementar la producción entre 14 y 61 por ciento.

También es importante considerar que la producción de fruto es el resultado de la integración de procesos como la fotosíntesis neta, floración, cuajado de fruto, distribución de materia seca, adecuado aporte de agua y nutrimentos, incidencia de plagas y enfermedades, y desórdenes fisiológicos.

El cultivo en invernadero se desarrolla en un ambiente semicerrado que está sujeto a una concentración de CO₂ variable y durante más de un tercio del periodo de iluminación mantiene un nivel de CO₂ por debajo del atmosférico externo. Lo recomendable es mantener un nivel de CO₂ en el interior al menos similar a la concentración externa.

La introducción de CO₂ en cultivos de invernadero regula procesos bioquímicos, cierre de estomas, menor conductancia estomática y transpiración, y mejora del potencial hídrico de la hoja y la expansión foliar. Algunos estudios han indicado que la asociación de enriquecimiento carbónico y el control térmico en un nivel óptimo del cultivo de pepino en un sistema sin suelo propició aumentos en la producción de 48% respecto al testigo.

3. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL CULTIVO SIN SUELO, HIDROPÓNICO Y EN SUELO

3.1 Ventajas y desventajas

La técnica de cultivo sin suelo fue desarrollada y promovida como un complemento en la producción en invernadero, ya que la mejora significativa de las condiciones medioambientales e instalaciones caras debía garantizar la más alta producción, sin verse comprometidas por los imprevisibles parámetros del suelo. Para ello era necesario tener un sistema de cultivo seguro, uniforme y de fácil manejo. Actualmente varios sistemas de cultivo sin suelo se han desarrollado, solucionando satisfactoriamente este problema.

Las principales ventajas de los sistemas de cultivo sin suelo son:

- Medio radical y cultivo homogéneos.
- Se excluyen infecciones provenientes del suelo y por lo tanto uso de peligrosos desinfectantes.
- Reducción significativa de la energía utilizada al acondicionamiento del ambiente radical.
- Gran disminución del consumo de agua.
- Utilización eficiente de los nutrimentos por el cultivo.

- Mejor control del desarrollo vegetativo y productivo de la planta.
- Mayor y más temprana producción del cultivo.
- Producción de mayor calidad.
- Racionalización del trabajo (Ergonomía).
- Mayores posibilidades de mecanización y robotización.

Como se indicó, los sistemas de cultivo sin suelo presentan grandes ventajas, pero también tienen inconvenientes que es necesario corregir, tales como acumulación de residuos sólidos, contaminación de drenajes, etcétera.

El crecimiento y desarrollo de las plantas depende del conjunto de variables que integran las condiciones del microclima y ambiente de la rizósfera donde se encuentra. El estado óptimo de cada uno de estos factores sobre el potencial genético de la planta, permite alcanzar la máxima respuesta vegetativa y productiva. A medida que el valor de cada variable se aleja del óptimo, la planta manifestará un estrés que promoverá una respuesta negativa del cultivo respecto al máximo alcanzable posible.

Factores ambientales como la radiación, temperatura, humedad relativa, concentración de CO₂, O₂, etcétera, se encuentran muy interrelacionados, de manera que provocan estrés individualmente e inducen otros, generando diversas condiciones adversas en los cultivos.

Por su parte, la raíz absorbe agua y nutrimentos necesarios para la síntesis de diversas sustancias involucradas en el crecimiento y desarrollo. En la parte aérea se forman los carbohidratos, que mediante la respiración proporcionan la energía requerida para las funciones metabólicas, siendo necesario el oxígeno para la oxidación de estos compuestos. Por ello en cualquier medio de crecimiento se debe garantizar la cantidad suficiente de oxígeno para generar la energía para mantener el funcionamiento de la planta.

Los procesos bioquímicos de la planta están fuertemente condicionados por la temperatura, existiendo un óptimo para lograr la mayor actividad en la raíz o en cualquier órgano de la planta. Por ello si la temperatura está por debajo o por encima del óptimo no se logrará el nivel adecuado de energía para el funcionamiento de la planta. También es importante liberar a la raíz de las químicas o bióticas (toxicidades o patologías) que disminuyan o anulen su funcionamiento. Aunque libre de toxicidades o infecciones la raíz puede presentar algunos tipos de estrés: hídrico, nutrimental, de temperatura y de oxígeno. Para garantizar que se evite o controle el estrés es necesario evaluar correctamente los sistemas de cultivo.

Analicemos el comportamiento de cada uno de estos factores estresantes en los tres grupos principales de sistemas de cultivo: suelo, sustrato e hidropónico puro.

3.2 Estrés hídrico

La absorción de agua por la raíz se ve dificultada principalmente por dos fuerzas contrarias: el potencial mátrico y la presión osmótica. La primera es la fuerza con que es retenida el agua por el sistema y la segunda es la fuerza originada por los iones disueltos en el agua (solución nutritiva). En el suelo el equilibrio hídrico a capacidad de campo presenta una fuerza de retención del agua muy superior a la encontrada en un sustrato. La mayor profundidad del suelo ocasiona fuerzas gravitacionales grandes, originando que el agua sea retenida en los poros pequeños debido a la tensión superficial, mientras que los macroporos quedan llenos de aire.

Debido al pequeño volumen y escasa altura empleados en el sustrato, prevalece la porosidad gruesa que favorece el suministro de oxígeno a la raíz y origina un potencial mátrico muy elevado, mientras que en sistemas hidropónicos puros la raíz se desarrolla en medio acuoso y la fuerza matricial no existe. Considerando los valores más favorables en cada sistema las fuerzas de retención del agua estarían entre 5-30 kPa en el suelo, 1-5 kPa en un sustrato y 0.0 kPa en un hidropónico puro.

Otro factor que induce estrés hídrico al sistema radical es la presión osmótica del agua que rodea la raíz. El agua es absorbida a favor del diferencial osmótico interior/ exterior a la raíz y al aumentar la concentración iónica del agua exterior el diferencial disminuye y la toma de agua se dificulta. Los iones presentes en la solución nutritiva pueden provenir del agua de riego, de los fertilizantes y en ocasiones del o los sustratos utilizados.

Midiendo la concentración salina como es usual en $\mu\text{S cm}^{-1}$ podremos calcular la presión osmótica (P.O.) aproximada.

$$P. O. = - 0036 \mu\text{S cm}^{-1} \times k (M Pa)$$

Donde k es un coeficiente que depende de la temperatura: $k \rightarrow [1 - 0.02(T-298)]$.

A las temperaturas usuales de la solución $K \rightarrow 1$, ello nos da alrededor de 36 kPa por cada $\mu\text{S cm}^{-1}$ de conductividad en la solución. Comparando los valores encontrados en el potencial mátrico respecto al potencial osmótico los segundos son de un valor relativo más elevado, por lo que se debe hacer un buen manejo de riego para evitar la acumulación de sales.

Suponiendo un manejo correcto en cada caso, en cuanto al potencial osmótico, el sistema más favorable es el hidropónico puro, ya que permite un nivel estable de P.O. en la solución. En sistemas con sustratos la conductividad eléctrica en el medio radical suele ser más elevada que en la solución entrante debido a la acumulación de ciertos iones a pesar de un correcto drenaje.

En el suelo se presenta un proceso similar, aunque más acentuado debido a sus características y al manejo del riego necesariamente diferente. Cuando se alcanza en el suelo la capacidad de campo su conductividad dobla prácticamente los valores en saturación.

Los efectos de la salinidad son suficientemente conocidos: disminución del crecimiento vegetativo, menor relación parte aérea/raíz, color de las hojas y, sobre todo, una menor producción a medida que se incrementa la conductividad.

La relación entre P.O. y comportamiento de la planta no es directa e inflexible, ya que los cambios morfológicos (reducción foliar, densidad estomática, adaptación de la raíz, etcétera) y las características ambientales (temperatura, humedad relativa y radiación) influyen directamente la absorción de agua y la tasa de transpiración.

Así, se observa que una planta en suelo desarrolla una raíz mucho más larga y fina que le permite resistir mejor el estrés hídrico, mientras que en un sistema hidropónico son menos numerosas y más gruesas, adaptadas a una fácil absorción de agua, originando una menor resistencia al estrés, aunque se adapta a él emitiendo raíces nuevas, numerosas y más permeables que aumentan la superficie radical.

Las condiciones ambientales prevalecientes son importantes, ya que la planta soporta un mayor estrés hídrico cuando la tasa de transpiración es baja, lo que sucede con alta humedad relativa, baja temperatura y radiación. Por ello los cultivos en suelo se comportan mejor ante la aparición súbita de un estrés hídrico o cuando este alcanza niveles muy altos, debido a que la raíz se encuentra en condiciones menos favorables, bajo el efecto de estrés de poca intensidad, lo que ocasiona un cierto proceso de adaptación que le hace soportar condiciones estresantes más intensas, mucho mejor que las plantas cultivadas en hidroponía que no habían soportado el más mínimo estrés.

3.3 Estrés por temperatura

La temperatura en la parte aérea y en la raíz controla funciones fisiológicas y bioquímicas importantes para el desarrollo de las plantas. La raíz es altamente dependiente de las temperaturas, tanto en su actividad biológica, desarrollo y crecimiento, como en su actividad funcional, principalmente absorción de agua y nutrientes.

En zonas templadas la mayoría de las plantas pueden soportar un amplio margen de temperaturas en la raíz, que va desde los 5 °C a los 40 °C. Hay plantas que soportan mejor el frío, como la lechuga, cuya actividad de raíz cero se establece en los 4 °C y 35 °C, mientras otras, como el melón, se adaptan mejor a temperaturas calientes entre 10 °C y 42 °C.

A partir de la temperatura mínima la actividad de la raíz crece de forma prácticamente lineal hasta alcanzar su máximo alrededor de los 25 °C (20–30 °C para especies extremas) y a partir de ahí la actividad radical cae drásticamente, ya que la mayoría de las reacciones bioquímicas se paralizan a las temperaturas máximas.

La influencia de la temperatura sobre la raíz se manifiesta principalmente sobre el desarrollo de la misma, más rápido en longitud y ramificaciones debido a una mayor

división y crecimiento celular. La producción de fitorreguladores radicales se incrementa influyendo directamente en la parte aérea.

La tasa respiratoria se incrementa rápidamente alcanzando el valor dos para el Q_{10} y también la absorción de agua, debido no sólo a la mayor energía disponible, sino también a la mayor permeabilidad de la membrana radical y a la menor viscosidad del agua. Estas mismas razones justifican la mayor facilidad para la toma de nutrimentos, principalmente para los de más difícil absorción, como el calcio.

Generalmente la temperatura óptima de la raíz debe ser unos cinco grados inferior a la parte aérea, siendo más importante que la diferencia no aumente bruscamente, ya que la raíz no podría abastecer el agua perdida por el aumento de la transpiración y la planta sufriría un estrés por déficit hídrico. Los cambios bruscos de temperatura son menores en el suelo o rara vez se presentan, por lo que el suelo es un medio más favorable para el desarrollo de las plantas.

En cambio, en sustratos se presentan alteraciones de temperatura más bruscas debido a su poco volumen, alto índice de transmisión térmica y la inexistencia de material aislante separador del ambiente (en general una fina lámina de plástico). Por lo general la temperatura del sustrato sigue las oscilaciones de la temperatura ambiente, con un diferencial en el día de 7- 8 °C y de 4-5 °C respecto a la noche.

3.4 Estrés por falta de oxígeno

El nivel de O_2 es importante en la respiración radical para generar la energía utilizada en la absorción de agua, nutrimentos y otras actividades metabólicas. En el suelo, el aire se encuentra en los macroporos y el agua ocupa los microporos. El O_2 debe difundir en el suelo en una concentración mínima de $0.20 \text{ mg.cm}^2.\text{min}^{-1}$ para garantizar las necesidades del cultivo.

Después de un riego los macroporos son ocupados por el agua y la raíz sufre un periodo de hipoxia que desaparece cuando el agua desocupa los macroporos y se restablece el equilibrio de capacidad de campo. En sustratos donde la porosidad es lo suficientemente alta y gruesa para que el aire ocupe un mínimo de 25-30% del volumen total, después de un riego se asegura el oxígeno que necesita la raíz sin que tenga que soportar periodos de hipoxia, como en el suelo. Debido a esto es necesario dar a los sistemas un gran número de riegos que compensen su poca capacidad de retención de agua, por su pequeño volumen y alta macroporosidad.

En sistemas hidropónicos puros la raíz se encuentra en el agua y el suministro de oxígeno en la misma se presenta como uno de los problemas más graves a resolver. En el agua la tasa de difusión del oxígeno es muy pequeña (alrededor de 10^{-4}) respecto al aire, por lo que el suministro de oxígeno a la solución nutritiva es complicado y se resuelve por diferentes mecanismos según las características de cada sistema.

Desde el punto de vista del oxígeno, los sistemas de cultivo en sustrato son mejores (si exceptuamos la turba o algún otro material de porosidad muy fina) que el suelo con buen drenaje y —como más problemático— el sistema hidropónico puro, con excepción de los aeropónicos o los de columna vertical, en los que al estar la raíz en el aire su situación es la más favorable ante este problema.

3.5 Estrés nutrimental

Los desbalances, deficiencias o toxicidades nutrimentales no deberían presentarse en cultivos bien manejados. Sin embargo, pueden registrarse deficiencias en momentos puntuales, favorecidas por condiciones intrínsecas de un determinado sistema.

En cultivos en suelo o medios sólidos (suelo o sustratos) donde la solución está inmóvil se puede ocasionar déficit de algún nutriente de manera localizada, contrariamente a lo que sucede en sistemas hidropónicos puros donde las concentraciones iónicas son homogéneas. Estas características hacen que sea mucho más fácil controlar los equilibrios iónicos en los sistemas hidropónicos puros, ya que entre límites amplios la capacidad selectiva de la raíz es suficiente para absorber cada elemento en las cantidades adecuadas.

Así, la presencia de elementos antagónicos en diferentes relaciones y concentraciones influyen mucho menos entre sí. Aunque antagonismos como $\text{Cl}^-/\text{NO}_3^-$ o $\text{Na}^+/\text{K}^+/\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ deben ser considerados al formular la solución nutritiva. Otros como $\text{Ca}^{2+}/\text{NH}_4^+$, que en el suelo tienen una importancia muy pequeña al ser regulado el amonio por la capacidad de intercambio del suelo, en los hidropónicos interfieren directamente con la absorción del calcio. El estrés nutrimental es más fácil de controlar en un sistema hidropónico puro respecto a un cultivo en sustrato y en ambos más que en un cultivo en suelo.

4. ELEMENTOS ESENCIALES

La demanda de alimentos por el acelerado incremento de la población mundial exige que la agricultura moderna los produzca y suministre en cantidad suficiente, procurando minimizar o revertir el deterioro ambiental. Aunque el suelo es el principal suministrador de nutrientes para el crecimiento y producción de los cultivos, en sistemas de cultivo sin suelo el suministro de nutrientes en cantidad y calidad se realiza mediante la solución nutritiva.

Los nutrientes son elementos esenciales si cumplen con los siguientes criterios: a) son requeridos para que la planta complete su ciclo de vida; b) deben tener una función específica dentro del metabolismo vegetal como constituyente de moléculas orgánicas o como activador enzimático; c) en las funciones que promueve no pueden ser reemplazados por ningún otro, y d) deben ser requeridos por un gran número de especies.

Con base en esos criterios se han determinado como esenciales los elementos del Cuadro 1 adjunto. El carbono, hidrógeno y oxígeno, si bien constituyen 94 a 99.5% del material fresco de la planta, actualmente no son considerados en los programas de fertilización porque pueden ser absorbidos del agua y bióxido de carbono atmosférico.

En condiciones de cultivos protegidos bajo invernadero el carbono puede ser limitante y debe ser suministrado. El 0.5 a 6.0% restante del peso fresco de una planta lo constituyen los macronutrientes (nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre) y los micronutrientes (hierro, manganeso, zinc, cobre, boro, cloro y molibdeno), los cuales deben ser tomados en cuenta al momento de elaborar la solución nutritiva.

Cuadro 1. Elementos esenciales o nutrientes para el crecimiento de las plantas

Elemento	Símbolo	Forma de absorción	Elemento	Símbolo	Forma de absorción
Carbono	C	CO ₂	Zinc	Zn	Zn ²⁺ , Zn(OH) ₂ ^o
Hidrógeno	H	H ₂ O	Manganeso	Mn	Mn ²⁺
Oxígeno	O	H ₂ O, O ₂	Cobre	Cu	Cu ²⁺
Nitrógeno	N	NH ₄ ⁺ , NO ₃ ⁻	Boro	B	B(OH) ₃ ^o
Fósforo	P	H ₂ PO ₄ ⁻ , HPO ₄ ²⁻	Molibdeno	Mo	MoO ₄ ²⁺
Potasio	K	K ⁺	Cloro	Cl	Cl ⁻
Calcio	Ca	Ca ²⁺	Silicio	Si	Si(OH) ₄ ^o
Magnesio	Mg	Mg ²⁺	Sodio	Na	Na ⁺
Azufre	S	SO ₄ ²⁻	Cobalto	Co	Co ²⁺
Hierro	Fe	Fe ²⁺ , Fe ³⁺	Vanadio	V	V ⁺

Mientras que silicio, sodio, cobalto y vanadio son sólo importantes en la producción de ciertos cultivos, cada uno de los elementos esenciales muestra una forma particular de absorción, función y movilidad dentro de la planta, que le confiere un síntoma característico de deficiencia o toxicidad.

Nitrógeno (N)

Funciones fisiológicas. El nitrógeno (N) es uno de los elementos más abundantes en las plantas después del carbono, hidrógeno, oxígeno y potasio. El N está presente en proteínas y ácidos nucleicos que son de las sustancias más activas en las plantas. Las proteínas forman la estructura subcelular, cloroplastos y mitocondrias en los que se realizan muchos procesos metabólicos.

Los ácidos nucleicos controlan la formación de proteínas, determinando la naturaleza, número y distribución de los aminoácidos y de esta manera el tipo de proteína formada de acuerdo a un código individual genético. Las funciones básicas del N explican por qué cuando se encuentra deficiente en el tejido se disminuye el crecimiento de la planta y la producción de cosechas. Alrededor de 80% del N que absorbe la planta se utiliza para la formación de proteínas, 10% en ácidos nucleicos, 5% forma aminoácidos solubles y el resto otros compuestos.

Este nutrimento puede ser absorbido por las plantas en forma de ion NO_3^- o NH_4^+ y mediante reducción microbiana es aprovechado el N_2 atmosférico. Aunque también todas las plantas pueden absorber el N en forma de pequeñas moléculas orgánicas, aminoácidos por las raíces y parte aérea.

La urea, que también es producida en las plantas, es descompuesta por la ureasa con la formación de CO_2 y NH_3 . En el caso de los NO_3^- una vez absorbidos se reducen a NH_4^+ en la hoja (tomate), o como en el caso del manzano y el trigo que tiene lugar 50% en las hojas y el resto en las raíces. El NH_4^+ formado se une a su vez a quelatos hidrocarbonados para la formación de aminoácidos. En el caso de la absorción del NH_4^+ éste pasaría directamente saltando los pasos intermedios (no necesita reducción).

El transporte de NO_3^- al interior de la célula es activo y se realiza cotransportando H^+ . El transporte lo realizan las ATPasas de la membrana celular utilizando energía de la hidrólisis del ATP. La alcalinización del medio por la absorción del NO_3^- se debe precisamente al cotransporte de NO_3^- e H^+ .

Los NO_3^- absorbidos son reducidos a NO_2^- por la enzima nitrato reductasa y éste a su vez es reducido a NH_4^+ por la nitrito reductasa. La enzima nitrato reductasa es una proteína constituida por tres unidades dobles, cada una formada por una molécula de FAD (flavin adenin dinucleótido), un grupo hemo (citocromo b) y el cofactor de molibdeno, con un átomo de molibdeno y una pterina fosforilada.

En la segunda reacción la nitrito reductasa contiene un grupo central sulfoférrico y un sirohemo; éste último es una tetrahidroporfirina de hierro. La síntesis de las enzimas nitrato reductasa y nitrito reductasa están controladas fundamentalmente por la existencia de NO_3^- , así como por la luz y en algunas plantas por la existencia de NH_4^+ como efecto depresivo. Debido a que el NH_4^+ es un ion tóxico para las plantas, no es transportado ni almacenado de esta forma sino en grupos amida, como la glutamina y la asparagina.

La síntesis de asparagina se realiza a partir de glutamina y aspartato. La enzima asparagina sintetasa cataliza la transferencia del grupo amida de la glutamina al aspartato en una reacción que requiere ATP.

Forma de absorción. El sistema radicular de las plantas absorbe, como hemos visto anteriormente, el N en forma de NO_3^- o NH_4^+ . El primero puede ser transportado vía xilema al resto de la planta o puede ser reducido a nitrito como primer paso en la

propia raíz. El resto de NO_3^- será reducido en la hoja. En cambio el NH_4^+ es inmediatamente transformado en la propia raíz a glutamina y transportado a la parte superior de la planta.

Concentración foliar y sintomatología de deficiencia en hojas. El contenido de N de la hoja oscila entre 2.5-6.0% con base en materia seca en los cultivos hortícolas en general. Este contenido varía con la especie y la edad de la planta. A su vez dependerá del tipo de tejido; así, en los tejidos conductores el contenido será menor. Conforme el cultivo envejece disminuye el contenido de N en la hoja.

Las plantas tienen pocas reservas móviles de compuestos de N, de tal manera que cuando la deficiencia aparece los efectos se muestran inmediatamente, cesando toda actividad de crecimiento de los órganos de la planta. Por lo general, la planta reacciona con la proteólisis para tratar de movilizar el N necesario, lo que origina la muerte de algunos órganos y tejidos.

Las proteínas de los cloroplastos son las primeras afectadas, originando la típica coloración verde pálida asociada a la deficiencia de N. Esta aparece en las hojas inferiores y se va moviendo hacia las superiores, como es típico en un elemento tan móvil como el N. En deficiencias extremas de N todas las hojas se tornan amarillas, llegando a producirse coloraciones púrpuras en los tejidos y venas de la hoja.

La toxicidad por N se ha observado en cultivos hidropónicos por exceso de $\text{N}(\text{NH}_4^+)$, la cual provoca graves quemaduras en el borde de las hojas adultas o viejas, similares a las producidas por salinidad.

Fósforo (P)

Funciones fisiológicas. El papel fundamental del P es combinarse en la forma ortofosfato, H_2PO_4^- , nucleósidos compuestos por azúcares y bases nitrogenadas, y formar nucleótidos. Estos dan origen a un gran número de azúcares. Los nucleótidos son solubles en agua y pueden unirse entre sí para formar pequeñas cadenas que también lo son. Sin embargo, las cadenas largas no lo son. Los ácidos nucleicos incluyen el ácido ribonucleico, ARN, y el ácido desoxirribonucleico, ADN, ambos compuestos por cadenas largas que contienen la clave genética utilizada por las células para su replicación y multiplicación.

El propósito de la mediación de algunas enzimas en las reacciones bioquímicas es promover potenciales de reducción en una forma adecuada. Esta es una de las funciones específicas de los nucleótidos: actuar como coenzimas. Las más comunes son las formas reducidas de nicotinamida dinucleótido, NAD, y nicotinamida dinucleótido fosfato, NADP. Sus formas reducidas NADH_2 y NADPH_2 son capaces de dar un H.

Algunos nucleótidos solubles tienen un papel en el aporte de energía similar al desarrollado por NAD y NADP en los procesos de oxidación-reducción. Estos sólo

pueden aplicar la energía necesaria para ciertas reacciones enzimáticas; por ejemplo: amidación. El AMP adenosín monofosfato es el principal compuesto de la serie. Para la adición de un nuevo grupo fosfato se utiliza la energía del proceso de hidrólisis:

Se requieren iones fosfato libres para la regeneración de ADP y ATP, así como energía que provendrá de los procesos de fotosíntesis y respiración. Las combinaciones de P con nucleótidos están involucradas en la formación de azúcares. Asimismo, se combina con proteínas dando lugar a fosfoproteínas y con grasas crean fosfolípidos, los cuales juegan un importante papel en la membrana celular y en la estructura subcelular. El P forma parte del ácido fítico, principal forma de P en las semillas.

Forma de absorción. El P es absorbido de la solución en forma iónica como H_2PO_4^- ; excepcionalmente puede ser tomado en forma de HPO_4^{2-} y nunca como PO_4^{3-} . El ión H_2PO_4^- es intercambiado de la solución nutritiva a través de la raíz, cediendo ésta a su vez iones hidroxilo (OH^-). A diferencia del ion NO_3^- , el H_2PO_4^- no necesita ser reducido en el interior de la célula antes de ser incorporado a compuestos orgánicos.

Concentración foliar y sintomatología de deficiencia en hojas. Varía de una especie a otra, pero en hortalizas oscila entre 0.25-0.90% con base a materia seca. El P es abundante en órganos y tejidos jóvenes, ricos en ácidos nucleicos, donde participa activamente en su crecimiento. Las necesidades de P en estos tejidos son altas y obligan en condiciones de deficiencia a movilizarlo de otras partes de la planta, especialmente desde hojas viejas, donde se manifestarán los primeros síntomas.

A medida que la deficiencia progresa, esta sintomatología se desplaza hacia hojas superiores, las cuales muestran decoloraciones irregulares color marrón negruzco o una coloración purpúrea en el envés de la hoja debido a la formación de pigmentos antociánicos. El crecimiento de la planta disminuye drásticamente y la coloración en las hojas se oscurece. Cuando la deficiencia es extrema las hojas son mucho más pequeñas y la planta presenta un claro síntoma de enanismo.

Potasio (K)

Funciones fisiológicas. La función del K en la planta se deriva de las propiedades físicas del elemento, debido a que en forma hidratada se difunde rápido dentro de la estructura subcelular de la planta. La translocación de los K^+ crea cargas positivas que se necesita neutralizar con cargas negativas. El K es un activador en gran cantidad de procesos que lo hacen necesario en grandes cantidades. Este elemento es esencial en la fotosíntesis, estimula la respiración y neutraliza los productos ácidos del ciclo de Krebs en las mitocondrias.

La actividad metabólica de las proteínas y otros coloides depende de un óptimo nivel de hidratación, el cual es introducido por el K^+ hidratado. El K presenta alta solubilidad que influye en la eficiencia de la absorción de agua por la raíz y en el control de aper-

tura de los estomas. También participa como coenzima en procesos de polimerización, incluida la formación de almidón y proteínas, compuestos que representan el nivel complejo de la organización primaria de la planta, constituyentes de una reserva de energía.

El K activa algunas ATPasas asociadas con la respiración, promueve la rápida translocación de ácidos orgánicos y estimula la entrada de metabolitos en el floema. También participa en la división celular, razón por la cual se le encuentra en elevadas concentraciones en los tejidos meristemáticos.

Forma de absorción. El potasio es absorbido en forma de K^+ .

Concentración foliar y sintomatología de deficiencia en hojas. En hortalizas varía entre 2.5-6.0% con base en materia seca. En casos de deficiencia, el K será translocado hacia los meristemas, mostrándose los síntomas en hojas basales. Los bordes de las hojas mostrarán un amarillamiento (acorchamiento) y posterior desecación de los mismos conforme avanza la deficiencia. El acorchamiento de los bordes avanzará hacia el interior de la lámina foliar y de las hojas basales a las superiores. Se promoverá un acortamiento de los entrenudos, llegando a provocar una defoliación prematura de las hojas viejas.

Calcio (Ca)

Funciones fisiológicas. Participa en las plantas como componente estructural de paredes y membranas celulares y como cofactor de varias enzimas. Constituye los pectatos de cálcico como parte de la estructura celular, contribuyendo a la rigidez de la pared celular. El calcio es esencial para la elasticidad y elongación de las células jóvenes. Puede actuar como agente antitóxico frente a H^+ , Al^{3+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} , Zn^{2+} y Na^+ cuando se presentan en altas concentraciones. Como cofactor enzimático tiene efectos sobre enzimas, fosfatasa, algunas ATPasas de cloroplastos y la fosfolipasa.

Forma de absorción. Se absorbe en forma de ión Ca^{2+} o quelato y ésta es de forma pasiva.

Concentración foliar y sintomatología de deficiencia en hojas. Se encuentra entre 1.0 y 3.5% con base en materia seca. El valor inferior se puede considerar como el valor mínimo en hortalizas y aumenta con la edad de la planta. Se acumula de manera irreversible en los órganos viejos. Esta inmovilidad hace que la deficiencia se desarrolle en los órganos jóvenes, limitando su crecimiento. Muestra una necrosis en los tejidos meristemáticos que puede ser el punto de ataque de enfermedades fúngicas. La deficiencia de calcio puede originar fisiopatías típicas como el blossom-end rot (BER), en tomate pimiento, berenjena y variedades cilíndricas de sandía, lavitrescencia en melón y tip-burn en lechuga y col china.

Magnesio

Funciones fisiológicas. Al igual que el Ca, el Mg puede encontrarse en las plantas como elemento estructural o como factor enzimático. Estructuralmente forma parte de la molécula de clorofila, constituyendo 10% del Mg de la hoja. Es cofactor enzimático de casi todas las enzimas que actúan sobre sustratos fosforilados, por lo que tiene gran importancia en el metabolismo energético. La función activadora del magnesio promueve la absorción y translocación del fósforo en la planta, en un clásico ejemplo de sinergismo.

Forma de absorción. Se absorbe activamente en forma de Mg^{2+} o quelato.

Concentración foliar y sintomatología de deficiencia en hojas. La concentración foliar varía entre 0.25-1.2% con base en materia seca y el contenido medio en hojas jóvenes oscila entre 0.30-0.75%. El magnesio se mueve hacia los órganos jóvenes; la deficiencia se muestra primeramente en las hojas viejas y se manifiesta por una decoloración amarillenta internervial que se mueve hacia el borde de la lámina y de las hojas inferiores a las superiores. La diferencia con la deficiencia de K es que esta última se mueve a la inversa, desde el borde de la hoja hacia el interior. Cuando se compara una carencia de K con una de Mg en una hoja de tomate se observa en el segundo caso en el borde de la hoja verde que no aparecerá en la de K.

Azufre

Funciones fisiológicas. La función más importante del S se relaciona con su participación en la estructura de las proteínas, formando parte de los aminoácidos azucarados: cisteína, cistina y metionina. El azufre también forma parte de compuestos como la tiamina, biotina y coenzima A, metabolitos esenciales en el metabolismo de las plantas, ya que actúan como cofactores o coenzimas de varios sistemas enzimáticos.

Forma de absorción. El S se encuentra en la solución nutritiva en forma de SO_4^{2-} y es absorbido como tal por la raíz, pero debe ser reducido antes de ser incorporado a componentes orgánicos. La absorción de SO_4^{2-} por la raíz es un proceso activo, mediante el cotransporte H^+/SO_4^{2-} . El transporte se efectúa vía xilema. La reducción del SO_4^{2-} en la raíz es muy pequeña, ya que casi todo es exportado a la hoja donde es reducido.

Las hojas consumen la mayor parte del azufre requerido durante las primeras etapas de desarrollo. Cuando alcanzan su madurez el SO_4^{2-} que llega es rápidamente reexportado a otras zonas vía floema. Pequeñas cantidades de azufre orgánico, sobre todo glutatión, constituyen la forma principal de transporte del azufre desde las hojas, donde son sintetizados, hasta la raíz y zonas de crecimiento activo.

El S atmosférico puede ser absorbido directamente por los estomas de las hojas y se ha comprobado que su transporte se realiza vía floema. De esta forma se tiene la certeza de la llegada de SO_4^{2-} desde la hoja hasta la raíz.

Concentración foliar y sintomatología de deficiencia en hojas. El S (SO_4^{2-}) se encuentra entre 0.20-0.90% con base a materia seca. En algunos cultivos se le encuentra en concentraciones similares al fósforo. Los síntomas de deficiencia son muy parecidos a los del nitrógeno. La planta muestra una decoloración general, pero a diferencia del anterior los síntomas aparecen primero en las hojas jóvenes debido a la inmovilidad de este elemento.

Cloro (Cl)

Funciones fisiológicas. En muy pequeñas cantidades es esencial para las plantas y su función se relaciona con la evolución del oxígeno en el proceso de fotosíntesis, especialmente unida al Fotosistema II en los cloroplastos. Se ha observado que los cloroplastos se deterioran rápidamente con la luz en ausencia de Cl^- . La deficiencia de Cl puede inhibir el crecimiento de la planta, por su participación en la regulación del nivel de turgencia de la planta, a través del control del cierre y apertura de estomas. En caso de deficiencia se observa una disminución en la elongación de la raíz.

Forma de absorción. Se absorbe activamente como Cl^- y se acumula en los cloroplastos.

Concentración foliar y sintomatología de deficiencia en hojas. En plantas sensibles a la salinidad, como el frijol, los niveles normales varían alrededor de 0.35% en base seca. Los signos de deficiencias en las hojas muestran una decoloración en el borde, seguida de un marchitamiento en las hojas viejas.

Sodio (Na)

Funciones fisiológicas. Este elemento ocupa el sexto lugar en abundancia sobre la Tierra: alrededor de 2.6% de la corteza terrestre. Es esencial para el crecimiento de los animales y algunas especies de plantas, como las del grupo fotosintético C-4. Parece ser que el sodio es requerido para la conversión del piruvato a fosfoenol piruvato en las células del mesófilo. En cultivos con niveles ligeramente altos de nitratos y deficientes en Na pueden existir acumulaciones tóxicas de NO_2^- en la célula.

En algunas plantas el Na puede sustituir al K o Ca en condiciones de deficiencia de estos últimos. En el caso de la efectividad del Na^+ para sustituir al K como activador de algunas enzimas es menor, así como en los mecanismos de apertura de los estomas. Un nivel adecuado de Na sería mayor de 0.1 mmol L^{-1} . En esta zona los niveles mínimos son superiores a 0.4 mmol L^{-1} . Un incremento de Na aumenta el contenido de materia seca así como el de azúcares en el tomate.

Forma de absorción. Se absorbe como Na^+ .

Concentración foliar y sintomatología de deficiencia en hojas. Varía entre 0.005% con base en materia seca en pimiento, con aguas de baja salinidad, hasta valores próximos a 1.0% con aguas salinas en el cultivo del tomate. La deficiencia es poco conocida.

Hierro (Fe)

Funciones fisiológicas. El Fe presenta dos estados de oxidación (Fe^{2+} y Fe^{3+}) y facilidad para formar complejos octaédricos con varios ligandos. Esta variabilidad hace que el Fe tenga una especial importancia en los sistemas redox biológicos. El estado de oxidación del hierro en las plantas es Fe^{3+} y la forma Fe^{2+} aparece en mucha menor proporción, aunque en determinadas circunstancias puede llegar hasta 20% del hierro total.

El Fe puede funcionar como componente estructural y como cofactor enzimático. Forma parte estructural de los citocromos, citocromo oxidasa, catalasa, peroxidasa y ferredoxina. Participa como constituyente de sustancias en la respiración y fotosíntesis. Más de 75% del hierro celular se encuentra asociado con los cloroplastos y aunque no constituye la clorofila participa en la síntesis de ésta.

En la solución se encuentra en forma de Fe^{2+} y Fe^{3+} ; ésta última forma predomina cuando el pH es >6.0 , razón por la cual el Fe se suministra en forma de quelato. El Fe se absorbe de dos formas: reduciendo los complejos de Fe^{3+} en la superficie de la raíz, rizósfera y absorbiendo los iones Fe^{2+} originados o mediante la secreción de ligandos específicos para el Fe^{3+} , tipo quelato de bajo peso molecular.

Forma de absorción. Se absorbe activamente en forma Fe^{2+} o Fe^{3+} o como quelato.

Concentración foliar y sintomatología de deficiencia en hojas. Los valores mínimos de Fe absorbidos varían entre 50-75 mg kg^{-1} con base en materia seca y como óptimos los próximos a 100 mg kg^{-1} . Las hojas jóvenes de la planta muestran primero los signos visibles de la clorosis férrica. Esto es debido a que el hierro es fundamentalmente translocado desde la raíz a los meristemas de crecimiento. A pesar de la disminución de la concentración de clorofila las hojas se desarrollan normalmente. Bajo deficiencias muy severas pueden llegar a aparecer manchas cloróticas en las hojas jóvenes. En estos casos la división celular puede llegar a ser inhibida y el crecimiento de la hoja se detiene.

Manganeso (Mn)

Funciones fisiológicas. Es importante en la fotosíntesis, especialmente por su participación en el fotosistema II donde se realiza la fotólisis del agua y se libera O_2 , para ceder los electrones al fotosistema II. Activa muchas enzimas del ciclo de Krebs y actúa sobre la arginasa, que convierte la arginina en urea y ornitina, y sobre la enzima málico, dependiente del NAD, en plantas C4. El manganeso como activador de enzimas es reemplazado en muchos casos por Mg.

Forma de absorción. La raíz de la planta lo absorbe como Mn^{2+} o como quelato. También forma complejos en la rizosfera con ligandos de origen orgánico, específicamente microbiano. Estos ligandos incrementan la movilidad del manganeso en la superficie de la raíz y facilitan su difusión entre la raíz y las membranas celulares.

Concentración foliar y sintomatología de deficiencia en hojas. La concentración de Mn en hojas jóvenes formadas oscila entre 40-100 mg kg⁻¹ con base en materia seca. Los síntomas de deficiencia pueden aparecer en hojas medias debido a la preferencia del transporte del Mn desde la raíz a las hojas medias y no a las jóvenes. Los signos de la deficiencia se manifiestan por una clorosis internervial que puede llegar a necrosarse.

Toxicidad. La disponibilidad del Mn está en función del pH y del potencial redox, donde un pH alcalino favorece la formación de compuestos oxidados de manganeso insolubles (MnO_2). A pH ácido y de bajo el potencial redox se favorece la forma Mn^{2+} . La falta de O_2 favorece la clorosis férrica e incrementan la absorción de Mn, originando el signo típico de toxicidad. La excreción de compuestos orgánicos ácidos por la raíz, como mecanismo de respuesta a una carencia de hierro, aumenta la absorción de manganeso.

Cobre (Cu)

Funciones fisiológicas. Es un nutrimento con características similares a las del hierro por su importancia en procesos redox. A diferencia del Fe, las enzimas con las que participa el Cu (tirosinasa, lacasa, tenolasa y ácido ascórbico oxidasa) pueden reaccionar con oxígeno molecular (O_2) catalizando procesos de oxidación. Varias proteínas ligadas al Cu participan en procesos de fotosíntesis y respiración.

Forma de absorción. La absorción de este elemento tiene lugar en forma de Cu^{2+} y como quelato, aunque se ha observado una mayor rapidez de absorción en la forma simple que como quelato DTPA y EDTA.

Concentración foliar y sintomatología de deficiencia en hojas. Las concentraciones óptimas oscilan entre 6-15 mg kg⁻¹ con base en materia seca, pudiendo llegar hasta 25 mg kg⁻¹ en hojas de tomate. El síntoma típico de deficiencia es una clorosis intervenal, seguida de una necrosis y un curvado de la hoja hacia el envés. Los síntomas se muestran primero en las hojas jóvenes, donde se expresa la escasa distribución del cobre en plantas deficientes.

Toxicidad. La toxicidad por Cu en cultivos hidropónicos sólo se ha detectado por aplicaciones erróneas en exceso del elemento. Aunque los casos más corrientes se refieren al uso inadecuado de Cu en plantas de semillero y cuando algún producto con Cu se aplica para el control de enfermedades fungosas.

Zinc (Zn)

Funciones fisiológicas. Este nutrimento actúa como catión divalente en distintas enzimas, formando quelatos tetraédricos con diferentes compuestos orgánicos, incluido polipéptidos. El Zn es fundamental en la síntesis de auxinas, especialmente en la ruta metabólica del triptófano que conduce a la formación del ácido indolacético. Entre las enzimas que requieren zinc para su actividad se encuentran la anhidrasa carbónica, alcohol deshidrogenasa, algunas piridina nucleótido deshidrogenasas, glucosa-fosfato deshidrogenasa y trisfosfato deshidrogenasa.

Formas de absorción. Se absorbe de forma activa como Zn^{2+} . Concentración foliar y sintomatología de deficiencia en hojas. La concentración de Zn en hojas jóvenes completamente desarrolladas varía entre 30-50 mg kg⁻¹ con base en materia seca. Los signos característicos de esta deficiencia son el acortamiento entre los nudos y la restricción en el crecimiento de hojas. Promueve una decoloración internervial en la parte media de la planta similar a la deficiencia de magnesio y origina un enanismo en la planta.

Toxicidad. Las toxicidades por Zn han sido detectadas en plantas de semillero y cuando los contenedores o condensadores de agua están constituidos por productos galvanizados de zinc.

Boro (B)

Funciones metabólicas. En solución acuosa con pH < 7.0 el ácido bórico no se encuentra disociado ($B(OH)_3$) y se disocia a pH alcalino en $B(OH)_4^-$ y H_3O^+ . Sólo las especies $B(OH)_3$ y $B(OH)_4^-$ están presentes en solución acuosa, en concentraciones menores a 25 mmol L⁻¹. La función más conocida del B es en el transporte de azúcares a través de la planta. Se sugieren también alternativas en las que el B inhibe la síntesis del almidón, manteniéndose los azúcares en formas solubles fácilmente transportables y que el boro aumenta la síntesis de sacarosa. Al mismo tiempo participa en la síntesis del ácido giberélico y en el metabolismo del ARN.

Es un elemento importante en la protección del transporte del potasio en la célula, para la apertura de estomas. El papel del boro en la germinación del polen y la viabilidad de éste es importante en los cultivos en producción.

Formas de absorción. En forma de ácido bórico es absorbido activamente y transportado desde la raíz vía xilema por un proceso pasivo promovido por la transpiración de la planta.

Concentración foliar y sintomatología de deficiencia en hojas. La concentración media oscila entre 30-40 mg kg⁻¹ con base en materia seca. Debido a que los niveles entre la deficiencia y la toxicidad puede estar próxima, hay que vigilar los niveles en la planta.

Los síntomas de deficiencia se presentan en los ápices y en las hojas jóvenes. La planta sufre una detención del crecimiento. Los entrenudos se acortan, las hojas se deforman y el diámetro de los peciolo se incrementa. En la planta de calabacín los peciolo sufren cortaduras transversales y los frutos se afectan por roturas o deformaciones.

Toxicidad. La toxicidad por B puede presentarse cuando se utilizan aguas de mala calidad y con niveles altos de este elemento. La absorción de B depende de la cantidad de agua transpirada y de la influencia de los factores ambientales (una alta temperatura y una baja humedad relativa acentúan el problema). En cultivo hidropónico de tomate no se detectan problemas de toxicidad con niveles en el drenaje de 3.0-3.5 mg L⁻¹.

Molibdeno

Funciones fisiológicas. A diferencia del resto de los elementos de transición (Fe, Mn y Cu), el Mo existe en la planta como anión en su forma más alta de oxidación, Mo⁴⁺, aunque también puede encontrarse como Mo⁵⁺. Su función en la planta parece estar relacionada con las reacciones de transferencia de electrones.

El Mo es constituyente de las enzimas nitrato reductasa y nitrogenasa, la primera indispensable en la reducción de los nitratos y la segunda en la fijación biológica de nitrógeno. La relación es cerrada entre el Mo aportado, la actividad de la nitrato reductasa y el crecimiento de la planta. El Mo también afecta al metabolismo del nitrógeno de manera indirecta vía el azufre contenido en los aminoácidos.

Forma de absorción. Es absorbido en forma activa como anión molibdato (MoO₄²⁻). Concentración foliar y sintomatología de deficiencia en hojas. Se dispone de pocos datos sobre los niveles normales de Mo en los diferentes cultivos de la zona. En tomate oscila entre 0.4-1.0 mg kg⁻¹ con base en materia seca y en pepino entre 1.0-2.0 mg kg⁻¹.

Toxicidad. No se ha detectado esta toxicidad en aguas para la preparación de soluciones nutritivas.

Interacciones nutrimentales (sinergismos y antagonismos). Una interacción nutricional se define como la relación entre dos iones que cuando se combinan sus efectos no son iguales a la suma algebraica de los efectos de cada uno por separado. La interacción puede ser positiva o negativa, de acuerdo con el signo de la diferencia y puede darse entre tres o más iones. La relación entre dos nutrimentos depende de la concentración de cada uno de ellos y puede ser sinérgica a baja concentración o antagónica a concentraciones altas.

La interacción entre nutrientes puede ocurrir durante la absorción, translocación y acumulación o en el metabolismo. Es posible que dos iones sean antagónicos en la etapa de absorción pero sinérgicos durante el metabolismo o viceversa.

En ocasiones se usa la terminología en forma equivocada al describir un determinado proceso. Por ejemplo: la relación N/K puede medir la interacción entre la nutrición de N frente a la de K o la interacción entre diferentes niveles de nutrición de N y de K. Una interacción de competencia se presenta durante el suministro y absorción de elevadas concentraciones de potasio, que puede provocar una deficiencia de magnesio o calcio. La absorción radical de nitrógeno amoniacal compite con potasio, calcio y magnesio.

Un antagonismo durante la translocación puede ocurrir por una precipitación en los tejidos de la raíz o en otro lugar de la planta. El exceso de fosfato puede precipitar al zinc y al hierro en los haces vasculares e inducir una deficiencia de estos elementos.

La necesidad de Mo y Mn para la reducción de nitratos a amonio hace que ningún nutriente estimule el crecimiento de la planta si uno de los dos falta. La relación entre N y P es bien conocida: ambos son necesarios para la formación de ácidos nucleicos y fosfoproteínas. La deficiencia interna de ellos impide la formación de nuevas células. Si ambos, N y P, son deficientes, la aplicación de los dos elementos incrementa el crecimiento mucho más que la aplicación individual de cada elemento. Por ello se dice que la relación N/P es altamente significativa para un rango de especies muy variado y en condiciones medioambientales diferentes.

5. COMPOSICIÓN DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA

5.1 Unidades para expresar la concentración

Las soluciones son mezclas homogéneas de sustancias en iguales o distintos estados de agregación. La concentración de una disolución constituye una de sus principales características. Las propiedades de una solución dependen de la naturaleza de sus componentes y de la proporción en que éstos participan en la formación de la solución. La concentración de una solución es la cantidad de soluto disuelta por unidad de disolvente o de disolución.

La concentración de las soluciones se expresan en forma física (gramos por unidad de volumen, por ciento en peso, miligramos por kilogramo) o química (molaridad, normalidad, formalidad y molalidad) de acuerdo a usos y costumbres de cada país. Como las soluciones son mezclas de elementos químicos, sus componentes pueden estar presentes en cantidades variables.

La composición de las soluciones nutritivas comúnmente se expresan como: miligramos por kilogramo (mg kg^{-1} o L-1 de solución), normalidad (me L-1 de solución) y molaridad (mmol L^{-1} de solución).

Molaridad (M). Es una de las formas más frecuente de expresar la concentración de las disoluciones e indica el número de moles de soluto disueltos por cada litro de disolución. Una solución 1 M de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ contendrá un mol de soluto por litro, una 0.5 M contendrá medio mol de soluto por litro, etcétera.

El cálculo de la molaridad se efectúa determinando primero el número de moles y dividiendo por el volumen total en litros:

$$\text{Molaridad} = (\text{No. g de soluto} / \text{No. g su mol}) / \text{Volumen de la disolución}$$

Ejemplo 1: Una solución 1M de NaCl se prepara disolviendo 58.4g del compuesto en un litro de agua.

Ejemplo 2: Procedimiento para preparar 800 mL de una solución 0.2 M de HNO₃ sabiendo que posee 60% de concentración y una densidad de 1.15 g mL⁻¹.

$$\text{Peso molecular} = \text{H} = 1, \text{N} = 14, \text{O} = 16 \times 3 = 48 = 63$$

$$X = 63 \text{ g L}^{-1} \times 0.2 \text{ M} / 1 \text{ M} = 12.60 \text{ g L}^{-1} \quad X = 12.6 \text{ g L}^{-1} \times 800 \text{ mL} / 1000 \text{ mL} = 10.08.$$

Esta sería la cantidad si el ácido fuera 100% puro, pero como su concentración es de 60% tendremos la siguiente operación:

$$X = 10.08 \text{ g} \times 100 \% / 60\% = 16.80 \text{ g}.$$

Como el producto es líquido debe medirse un volumen y no un peso, para ello se utiliza la relación siguiente:

$$\text{Densidad} = \text{peso} / \text{volumen}, \text{ y sustituyendo se tendrá que: } V = 16.80 / 1.15 \text{ g mL}^{-1} = 14.6 \text{ mL}.$$

Normalidad (N). Una disolución uno normal contiene el peso equivalente gramo del soluto por litro de disolución. El peso equivalente de una sustancia puede variar de acuerdo a la reacción en la cual está involucrada.

- a. Para un ácido. El peso equivalente está dado por el peso molecular de dicho ácido dividido por el número de hidrógenos liberables o sustituibles del ácido (peso equivalente del H₂SO₄ = peso molecular / 2H⁺ transferibles = 98/2 = 49).
- b. Para una base. Es el peso molecular de la base dividido entre el número de hidroxilos liberables (peso equivalente de NaOH = peso molecular / OH⁻ liberables = 40/1 = 40).
- c. Para una sal. El peso equivalente está determinado por el peso molecular de ésta y dividido por la valencia del metal multiplicada por las veces que este presente dicho metal (el peso equivalente del Ca[NO₃]₂ · H₂O = 181/2 = 90.5).

Partes por millón (mg kg⁻¹). Es una parte de un nutrimento en un millón de parte de otro y puede ser medido en peso.

Ejemplo: puede ser 1µg g⁻¹ (un microgramo por gramo), una medida de peso en un volumen 1 mg L⁻¹ (un miligramo por litro) o un volumen en un volumen 1 µL L⁻¹ (un microlitro por litro).

5.2 Calidad del agua para propósitos de riego

El agua para la preparación de la solución nutritiva en los sistemas de cultivo sin suelo puede obtenerse de la lluvia, ríos, lagos, pozos, etcétera. Con excepción del agua de lluvia todas las fuentes naturales de agua contienen cantidades variables de sales que pueden afectar el balance iónico de la solución nutritiva y en consecuencia promover una mala nutrición del cultivo.

Para conocer la calidad del agua con la que se pretende preparar la solución nutritiva para el crecimiento y desarrollo de un cultivo se debe realizar un análisis químico que permita conocer la cantidad de sólidos totales, la concentración de sodio y cloruros, la dureza y la posible presencia de metales pesados y sulfuros.

En el siguiente cuadro se muestran las variables y el valor de las mismas para caracterizar la calidad del agua.

Cuadro 2. Interpretación y niveles críticos de variables de calidad del agua de riego

VARIABLES	TIPO DE RIESGO			TIPO DE RIESGO			
	NULO	MEDIO	ALTO	VARIABLES	NULO	MEDIO	ALTO
SALINIZACIÓN				TOXICIDAD			
CE (mmho/cm)	0.75	0.75-3.0	>3.0	Cobre (mg L ⁻¹)	-	-	>0.2
TDS (mg L ⁻¹)	<480	480-1920	>1920	Cromo (mg L ⁻¹)	-	-	>0.1
pH	-	6.5-8.4		Fluor (mg L ⁻¹)	-	-	>1.0
TOXICIDAD				Hierro (mg L ⁻¹)	-	-	>5.0
RAS	<3	3-9	>9	Litio (mg L ⁻¹)	-	-	>2.5
Cloruros (meq/lit)	<2	2-10	>10	Manganeso (mg L ⁻¹)	-	-	>0.2
Cloruros (mg L ⁻¹)	<70	70-345	>345	Molibdeno (mg L ⁻¹)	-	-	>0.01
Boro (mg L ⁻¹)	<1	1-2	>2	Niquel (mg L ⁻¹)	-	-	>0.2
Aluminio (mg L ⁻¹)	-	-	>5	Plomo (mg L ⁻¹)	-	-	>0.1
Arsénico (mg L ⁻¹)	-	-	>0.1	Selenio (mg L ⁻¹)	-	-	>0.2
Berilio (mg L ⁻¹)	-	-	>0.1	Vanadio (mg L ⁻¹)	-	-	>0.1
Cadmio (mg L ⁻¹)	-	-	>0.01	NH ₄ ⁺ (mg L ⁻¹)	<10	10-40	>40
Zinc (mg L ⁻¹)	-	-	>2.0	NO ₃ ⁻ (mg L ⁻¹)	<50	50-150	>150
Cobalto (mg L ⁻¹)	-	-	>0.05	HCO ₃ ⁻ (meq/lit)	<1.5	1.85-8.5	>8.5

Sólidos totales. La concentración de sólidos totales no debe ser superior a 500 mg.L-1 o de preferencia que no sobrepase los 250 mg.L-1.

Concentración de sodio (Na) y cloro (Cl). La concentración de las sales solubles en el agua es uno de los criterios más influyentes para juzgar su calidad para el riego y

la nutrición del cultivo, debido a que a mayor o menor concentración de la solución nutritiva será el esfuerzo de succión que la planta tiene que ejercer para absorber el agua y los nutrimentos.

La sal más común en el agua de riego es el NaCl. En la mayoría de las especies de plantas cultivadas (jitomate, melón, lechuga) en hidroponía la absorción de Na⁺ y Cl⁻ es baja y rara vez rebasa los 1.5 mmol.L⁻¹, aun cuando se incremente hasta un límite, la concentración de éstos elementos en el medio de crecimiento.

Cuadro 3. Concentraciones de Na⁺ y Cl⁻ absorbidas por algunos cultivos, en función de la concentración de éstos en el medio de crecimiento

Cultivos	5 mmol L ⁻¹		10 mmol L ⁻¹	
	Na ⁺	Cl ⁻	Na ⁺	Cl ⁻
Jitomate	0.40	0.60	0.80	1.00
Pimiento	0.20	0.30	0.30	0.70
Pepino	0.30	0.30	1.10	1.50
Berenjena	0.10	0.30	0.40	0.70

Aunque para ciertas condiciones algunos cultivos han absorbido hasta 3.2 mmol.L⁻¹ de Na⁺ y Cl⁻, una concentración de NaCl entre 10 y 15 mmol.L⁻¹ es el criterio para descartar el agua que debe utilizarse en la preparación de soluciones nutritivas. En el caso de lechuga se han aplicado niveles de 17.5 mmol.L⁻¹ de NaCl, originándose una disminución significativa de la producción (peso fresco, área foliar y número de hojas).

Cuadro 4. Efecto salino del NaCl en el rendimiento del tomate

NaCl (mg.L ⁻¹)	Rendimiento (kg.planta ⁻¹)	Número de frutos	Peso fresco (g.fruto ⁻¹)	SST ¹ (%)	AT ²	Materia seca (%)
0	2.91	231	18.3	6.21	7.9	6.70
200	2.28	209	15.0	6.91	8.6	7.79
400	2.12	200	13.9	7.92	10.1	8.54
600	1.52	177	12.1	8.87	12.4	9.70

¹ Sólidos solubles totales en el jugo del fruto, expresado en % de azúcar.

² Acidez titulable del jugo del fruto.

Estos datos permiten determinar que el NaCl es indeseable para el crecimiento de los cultivos y que niveles de 200 mg.L-1 en el agua han sido suficientes para disminuir el rendimiento del tomate. En términos generales, para este cultivo se ha podido determinar que la salinidad afecta el rendimiento al disminuir el peso seco de las plantas; y de los frutos, su peso seco, su número y tamaño, en tanto que aumenta el contenido de ácidos reductores y ácidos orgánicos en el fruto.

Dureza. La dureza es una medida de la concentración del ión carbonato (HCO_3^-), de manera que al aumentar la dureza del agua elementos como el hierro son precipitados.

También las aguas duras pueden contener altos niveles de nitratos, sulfatos y carbonatos de calcio y magnesio que mantienen en solución niveles de calcio (Ca^{2+}), magnesio (Mg^{2+}) y sulfatos (SO_4^{2-}) superiores a los necesitados para la correcta preparación y balance de la solución nutritiva. El NH_4^+ y el H_2PO_4^- generalmente se encuentran en cantidades poco apreciables, excepto cuando se trabaja con aguas contaminadas o residuales. En otras ocasiones se han determinado muy bajas concentraciones ($<2.0 \text{ mg.L}^{-1}$) de Fe y trazas de Mn^{2+} y casi nunca Cu y Zn.

Alcalinidad. La alcalinidad del agua se genera por el equilibrio $\text{CO}_3^{2-}/\text{HCO}_3^-$. Esta relación es una medida de la resistencia del agua a su acidificación. Para utilizar el agua en la preparación de soluciones nutritivas será necesario añadir ácido para reducir el pH hasta niveles próximos a 5.3-5.5.

Si la concentración de HCO_3^- es de 0.5 mmol/L no será necesario acidular, pero sí cuando el valor sea superior al indicado. Esta resistencia del agua a disminuir su pH es lo que se conoce como capacidad buffer o tampón. Si representamos gráficamente el descenso de pH en función del ácido añadido veríamos que la curva tiene forma sigmoidal con dos puntos de inflexión (*Figura 1*).

Uno a pH 8.3 donde se presenta la destrucción de CO_3^{2-} y pasó a HCO_3^- , y otro a pH 4.3, destrucción del ión HCO_3^- y su transformación a ácido carbónico, H_2CO_3 , que posteriormente se descompone en CO_2 y H_2O . El consumo inicial de ácido es alto, con descensos pequeños de pH. La concentración de HCO_3^- a pH próximo a 5.3-5.5 será de 0.5 mmol L⁻¹.

La acidulación del agua con HCO_3^- se realiza con ácido nítrico o fosfórico, generalmente.

En la *Figura 2* se presentan dos curvas de valoración de aguas con diferentes concentraciones de CO_3^{2-} y HCO_3^- . Cuando el agua presenta valores de pH cercanos o mayores a 7.0 y se adiciona ácido, el pH desciende de manera acentuada.

Una segunda acentuación de la curva se presenta a pH cercano a 6.0 y después el descenso es menor. Las curvas muestran una tendencia similar al adicionar el ácido, con ligeros cambios en la pendiente, provocada por la diferencia en la concentración de CO_3^{2-} y HCO_3^- .

Figura 1. Curva de neutralización de bicarbonatos

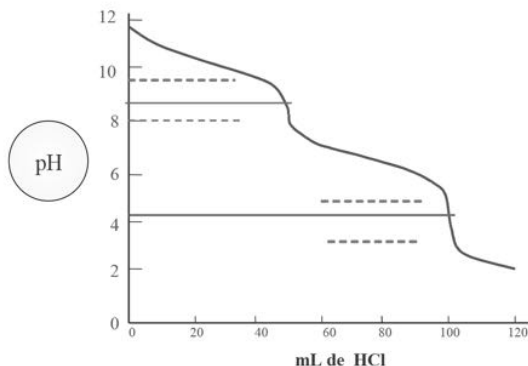
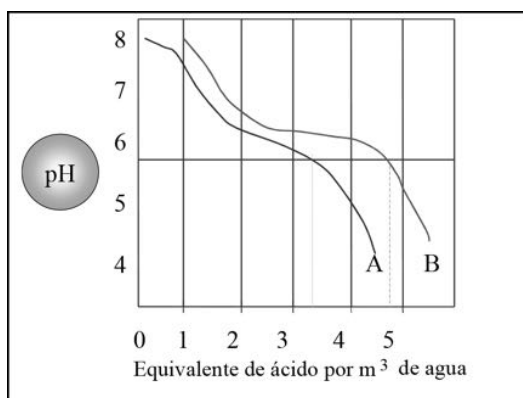


Figura 2. Curvas de valoración de aguas con diferentes concentraciones de CO_3^{2-} y HCO_3^-



Las reacciones químicas que intervienen en las zonas de menor variación del pH corresponden a la valoración de CO_3^{2-} , si los hubiera, y en especial de los HCO_3^- . Estas reacciones se indican a continuación.

Cuadro 5. Reacciones químicas que se presentan en la valoración de CO_3^{2-}

Carbonatos	Bicarbonatos
$\text{H}_3\text{O}^+ + \text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^- + \text{H}_2\text{O}$ $\text{H}_3\text{O}^+ + \text{HCO}_3^- + \text{H}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ $\text{H}_2\text{CO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	$\text{H}_3\text{O}^+ + \text{HCO}_3^- + \text{H}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ $\text{H}_2\text{CO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
$2\text{H}_3\text{O}^+ + \text{CO}_3^{2-} + \text{CO}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$	$\text{H}_3\text{O}^+ + \text{HCO}_3^- + \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$

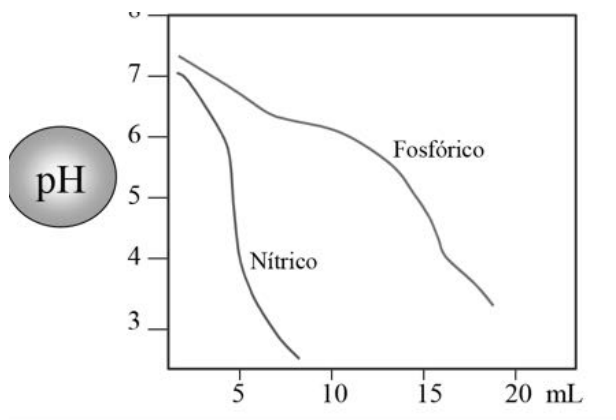
Como regla general los miliequivalentes (me) de ácido que es necesario adicionar por unidad de volumen de agua de riego equivalen a la concentración de HCO_3^- menos 0.5, (expresado en me), para que el pH no baje drásticamente. Es importante estimar correctamente la mezcla de ácidos para neutralizar los HCO_3^- cuando se encuentran en alta concentración en el agua de riego.

Si tuviéramos en el agua más de 5 me.L-1 de HCO_3^- y tratáramos de neutralizarlos con H_3PO_4 se rebasarían las necesidades de H_2PO_4^- de la solución nutritiva; y si suministramos HNO_3 habría pocas posibilidades de ajustar el nivel de K. Si cambiáramos la adición de los ácidos anteriores por H_2SO_4 o HCl se debería considerar en qué condición están los SO_4^{2-} y los Cl^- , los cuales generalmente se encuentran en altos niveles en las aguas de riego.

Los ácidos empleados en el ajuste del pH, a igualdad de concentración, afectan de manera diferente el agua de riego, como se aprecia en la *Figura 3*.

El diferente comportamiento de los ácido para neutralizar los CO_3^{2-} y HCO_3^- del agua se atribuye a su particular constante de solubilidad (HNO_3 = fuerte, H_3PO_4 = 7.1×10^{-3} , H_2SO_4 = fuerte).

Figura 3. Ajuste del pH del agua empleando diferentes ácidos



Ejemplo hipotético

En el caso hipotético que se presenta se considerará el análisis del agua, especialmente la presencia de HCO_3^- , y elementos nutritivos, para balancear la composición de la solución nutritiva y determinar la cantidad de fertilizantes que se deben adicionar para suministrar los nutrimentos que complementen la solución nutritiva establecida, como se indica en el *Cuadro 6*.

Cuadro 6. Control de los HCO_3^- y formulación de una solución nutritiva considerando la composición química del agua de riego

	Aniones (mmol L ⁻¹)					Cationes (mmol L ⁻¹)					CE
	NO_3^-	H_2PO_4^-	SO_4^{2-}	HCO_3^-	Cl^-	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	pH	dS m ⁻¹
Agua de riego	-	-	0.78	2.51	1.78	-	1.33	0.80	1.28	7.97	0.46
Solución nutritiva	13.50	2.00		0.50	-	5.0	6.00	1.00	-	5.80	
Fertilizantes	13.50	2.00	0.22	2.01	-	5.0	4.67	0.20	-	-	-
Valencia	1	1	2			1	2	2			
me L ⁻¹	13.50	2.00	0.44			5.0	9.34	0.40			

5.3 Pureza y concentración de fertilizantes

Los fertilizantes de uso agrícola son fuente de nutrimentos más comunes y baratos para la formulación de soluciones nutritivas. Para un empleo correcto de los fertilizantes se deben considerar todas las características que pueden influir en el balance de la solución nutritiva y en consecuencia en la nutrición del cultivo. Por ello es conveniente considerar las características que a continuación se indican.

Solubilidad. La disolución de un sólido supone la ruptura de los enlaces de la red cristalina y la disgregación de sus componentes en el seno del líquido. Para ello es necesario que se produzca una interacción de las moléculas del disolvente con las del soluto, que se conoce como solvatación. Cuando una sustancia sólida se sumerge en un disolvente apropiado, las moléculas de éste rodean a las moléculas (o iones) situadas en la superficie del sólido; este proceso libera una cierta cantidad de energía que se cede en parte a la red.

La repetición de este proceso produce, al cabo de un cierto tiempo, la disolución completa del sólido. En algunos casos la energía liberada en el proceso de solvatación no es suficiente como para romper los enlaces en el cristal y, además, intercalar sus moléculas (o iones) entre las del disolvente en contra de las fuerzas moleculares de éste. Para que la energía de solvatación tome un valor considerable es necesario que las interacciones entre las moléculas del soluto y solvente sean de la misma naturaleza. Sólo así el fenómeno de la solvatación es lo suficientemente importante como para dar lugar por sí solo a la disolución del cristal.

Las sustancias no se disuelven en la misma cantidad en un mismo disolvente. La capacidad de una determinada cantidad de líquido para disolver una sustancia sólida no es ilimitada. Añadiendo soluto a un volumen dado de disolvente se llega a un

punto a partir del cual la disolución no admite más soluto (un exceso de soluto se depositaría en el fondo del recipiente).

Se dice entonces que está saturada. Pues bien, la solubilidad de una sustancia respecto de un disolvente determinado es la concentración que corresponde al estado de saturación a una temperatura dada.

Las solubilidades de sólidos en líquidos varían mucho y depende de la temperatura; de ahí que su valor vaya siempre acompañado del de la temperatura de trabajo. En la mayor parte de los casos la solubilidad aumenta al incrementarse la temperatura, debido a que los procesos del sistema absorben calor.

Los fertilizantes utilizados en la preparación de las soluciones nutritivas deben tener una alta solubilidad y es necesario saber cuál es la máxima cantidad que se puede añadir del mismo a una determinada cantidad de agua a cierta temperatura, para formar las soluciones madres o a las soluciones nutritivas sin rebasar las constantes de solubilidad.

Al disolver el fertilizante en agua, puede producirse una reacción endotérmica (ejemplo: nitrato de amonio, urea, etcétera) y con ello un descenso en la temperatura de la disolución, lo que reduce la solubilidad del sólido. Otros compuestos (cloruro de calcio) al disolverse aumentan la temperatura originando incremento en la solubilidad del sólido.

Grado de pureza. Los fertilizantes utilizados en la preparación de soluciones nutritivas deben tener un alto grado de pureza para evitar adicionar sustancias extrañas y sobre todo la formación de sedimentos o precipitados que afecten la composición de la solución. Las impurezas pueden provenir del agua o de los fertilizantes químicos o por reacción entre ellos, originando un desbalance en la solución nutritiva, mala nutrición y producción de los cultivos.

Tipos de fertilizantes

Mediante los fertilizantes disueltos en agua se suministran los elementos nutritivos esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas. La elección del fertilizante para la preparación de la solución nutritiva depende de factores como los siguientes: alta concentración del nutrimento, alta solubilidad del producto en agua, bajo precio, inducción de buenos efectos fisiológicos en el cultivo y bajos niveles de impurezas.

Los fertilizantes de uso común en la preparación de soluciones nutritivas se indican en el siguiente *Cuadro 7*.

Cuadro 7. Fertilizantes de uso común en la composición de soluciones nutritivas

Fertilizante	Fórmula	Riqueza (%)	Peso molecular	Pureza (%)	Solubilidad soluto:agua
Ácido nítrico 100%	HNO_3	22 N	63.0		
Ácido fosfórico 100%	H_3PO_4	32 P	98.0		
Nitrato cálcico	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	15.5N, 19 Ca	(181)	90	
Nitrato potásico	KNO_3	13 N, 38 K	101.1	95	1:1
Nitrato amónico	NH_4NO_3	35 N	80.0	95	
Nitrato magnésico	$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	11 N, 9 Mg	256.3	58	
Fosfato monopotásico	KH_2PO_4	23 P, 28 K	136.1	98	
Fosfato monoamónico	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	27 P, 12 N	115.0	98	
Sulfato potásico	K_2SO_4	45 K, 18 S	174.3	92	
Sulfato magnésico	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	10 Mg, 13 S	246.3	45	
Sulfato de manganeso	$\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	32 Mn	169.0		
Sulfato de zinc	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	23 Zn	287.5		
Bórax	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	11 B	381.2		
Sulfato de cobre	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	25 Cu	249.7		
Molibdato amónico	$(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}$	58 Mo	1163.3		
Molibdato sódico	$\text{NaMoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	40 Mo	241.9		
Quelato de hierro	Fe-EDTA	13Fe	(430)		
Quelato de hierro	Fe-DTPA	9 Fe	(621)		
Quelato de hierro	Fe-DTPA	7 Fe	(799)		
Quelato de hierro	Fe-DTPA	6 Fe	(932)		
Quelato de hierro	Fe-EDDHA	5 Fe	(118)		
Quelato de hierro	Fe-EDDHA	6 Fe	(932)		
Bicarbonato potásico	KHCO_3	39 K	100.1		
Hidróxido cálcico	$\text{Ca}(\text{OH})_2$	54 Ca	74.1		

En este cuadro se indica la fórmula, el peso molecular y la riqueza de los componentes nutrimentales. Los pesos moleculares de los quelatos de hierro han sido calculados tomando como base el contenido de hierro. En el caso del nitrato cálcico el peso molecular se estimó considerando los contenidos de agua de cristalización y nitrato amónico. Su fórmula real es: $5Ca(NO_3)_2 \cdot 2H_2O \cdot NH_4NO_3$ y posee un peso molecular de 1080.5 u.m.a. Este producto comercial contiene una riqueza de 15.5% de N y su peso molecular como compuesto simple es estimado en 181 u.m.a. Los fertilizantes indicados anteriormente están constituidos por los elementos nutritivos que a continuación se indican con sus respectivos pesos atómicos.

Cuadro 8. Pesos atómicos de los elementos

Nutrimento		Peso atómico	Nutrimento		Peso atómico
Nitrógeno	(N)	14.0	Manganeso	(Mn)	54.9
Fósforo	(P)	31.0	Cobre	(Cu)	63.6
Potasio	(K)	39.1	Zinc	(Zn)	65.4
Calcio	(Ca)	40.0	Boro	(B)	10.8
Magnesio	(Mg)	24.3	Molibdeno	(Mo)	95.9
Azufre	(S)	32.1	Carbono	©	12.0
Sodio	(Na)	23.0	Oxígeno	(O)	16.0
Cloro	(Cl)	35.4	Hidrógeno	(H)	1.0
Hierro	(Fe)	55.9			

Cuadro 9. Relación entre la concentración en $mmol L^{-1}$, $mg L^{-1}$ y $me L^{-1}$ de los principales iones que constituyen las soluciones nutritivas

Ion	$mmol L^{-1}$	$mg L^{-1}$	$me L^{-1}$
NO_3^-	1	62.0	1
$H_2PO_4^-$	1	97.0	1
K^+	1	39.102	1
Ca^{2+}	1	40.08	2
Mg^{2+}	1	24.312	2
SO_4^{2-}	1	96.1	1
Na^+	1	23.0	1
Cl^-	1	35.453	1
HCO_3^-	1	61.0	1

1 mmol de $Ca(NO_3)_2$ aporta 1 mmol de Ca^{2+} y 2 mmol de NO_3^- , mientras que 1 mmol de K_2SO_4 aporta 2 mmol de K^+ y 1 mmol de SO_4^{2-} .

Cálculo de la solución nutritiva

La formulación óptima de una solución nutritiva depende de muchas variables, las cuales difícilmente pueden ser controladas y entre las cuales se encuentran:

- Especie y variedad de planta.
- Estado de desarrollo de la planta.
- Parte de la planta que será cosechada (raíz, tallo, hoja, fruto, flor).
- Época del año-duración del día.
- Clima-Temperatura, intensidad de la luz, hora e iluminación del sol.

Por lo general una formulación óptima permite el buen desarrollo de una gran cantidad de especies. Cada una busca dentro de la solución los elementos que necesita y los absorbe en las proporciones que los necesita. Normalmente sobra un poco de cada elemento y este exceso suele ir al drenaje o en su defecto puede ser recirculada.

Una solución nutritiva se puede preparar considerando como referencia agua de lluvia o agua desmineralizada, la cual no contiene elementos nutritivos o estos se encuentran en concentraciones muy bajas. En forma práctica todas las aguas contienen algún ión; sin embargo, con propósitos didácticos se estimarán las concentraciones de macroelementos para la solución nutritiva del cultivo de pepino.

5.4 Cálculos para la preparación de soluciones nutritivas

Las soluciones nutritivas preparadas por el método de Steiner, pueden lograr una relación entre los iones, una concentración iónica total controlada y un pH de acuerdo a las necesidades de la planta, y para conseguirlo son necesarias ciertas consideraciones como las siguientes:

Para un mejor entendimiento de este método se realizará y explicará un ejemplo. Para tal caso se propone la fórmula cuya relación catiónica sea 35:45:20 para K^+ : Ca^{2+} : Mg^{2+} respectivamente y con una relación aniónica de 60:5:35 para NO_3^- : $H_2PO_4^-$: SO_4^{2-} respectivamente. Además consideraremos una concentración iónica de 30 mg de iones relativos que originan una presión osmótica de 0.72 atm a 20°C de temperatura ($30 \times 0.024 = 0.72$ atm) y el pH será de 6.5.

Una vez establecida la relación iónica de la solución nutritiva se busca equiparar las cargas eléctricas generadas por las especies iónicas de fosfatos (HPO_4^{2-} y $H_2PO_4^-$). Especialmente el porcentaje de HPO_4^{2-} a pH de 6.5 se neutraliza con cargas positivas (K^+ , Ca^{2+} y Mg^{2+}). Para el caso a pH de 6.5 el 42% de fosfatos se encuentra como HPO_4^{2-} y como la fórmula propuesta indica que la solución contendrá 5% de fosfatos, el 42% de este 5% (2.1) es prorrateado entre los cationes K:Ca:Mg de manera proporcional a su concentración.

$$K^+ = 2.1 \times 0.35 = 0.735$$

$$Ca^{++} = 2.1 \times 0.45 = 0.945$$

$$Mg^{++} = 2.1 \times 0.20 = 0.420$$

Comprobación 2.100

En el siguiente *Cuadro 10* se representa la relación de cationes y aniones inicialmente propuesta, más los ajustes hechos por pH. De aquí en adelante los valores de la suma que aparecen en el cuadro son expresados como miliequivalentes.

Cuadro 10. Suma de la relación propuesta y el ajuste por pH

	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ²⁻
Relación deseada	35	45	20	60	5	35
Extra por pH = 6.5	0.735	0.945	0.42			
me/L	35.735	45.945	20.42	60	5	35

Los miliequivalentes son transformados a miligramos de iones relativos dividiendo los miliequivalentes de cada ión entre su número de oxidación.

Cuadro 11. Valores en mg relativo/L de cada nutrimento

Iones	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ²⁻	Total
mg ión relativo/L	35.735	22.073	10.21	60.00	5.00	17.500	151.418

Los miliequivalentes relativos de cada ión se suman; este valor (151.418) se utiliza para dividir los miligramos de iones relativos propuestos (30) y obtener el factor (0.198) que multiplicado por los miligramos relativos de cada ión ajustarán la solución a la concentración propuesta inicialmente.

Cuadro 12. Valores obtenidos para una concentración de 30 mg iones relativos/L

Iones	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ²⁻	Total
mg ion/L	7.080	4.552	2.023	11.888	0.991	3.467	30.001

El resultado de cada ión de este último *Cuadro 12*, al multiplicarse por su respectivo número de oxidación, se transforma a miliequivalentes/L, resultando los valores del siguiente cuadro.

Disolviendo los iones en la concentración señalada se obtendrá una fórmula para una solución nutritiva con las siguientes características:

- Una relación relativa de cationes.
- Una relación relativa de aniones.
- Una concentración iónica total de 30mg ión relativo/l.
- Un pH es igual a 6.5 con una división de más o menos 0.1

Cuadro 13. Miliequivalentes por litro de cada nutrimento para constituir la solución nutritiva propuesta

Iones	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ⁼
me/L	7.080	9.103	4.406	11.888	0.991	6.934

Finalmente teniendo las fuentes de cada nutrimento se forma una tabla de trabajo (Cuadro 14) donde se calculan lo miliequivalentes de cada compuesto hasta completar la concentración para cada nutrimento.

El llenado del Cuadro 14 debe iniciarse cubriendo los miliequivalentes de iones nutritivos que puedan ser administrados mediante una sola fuente sin que el ion acompañante rebase su propio requerimiento en la fórmula.

Cuadro 14. Miligramos por litro de cada compuesto para obtener los me L⁻¹ de cada nutrimento

Fuente de Nutrimentos	me/litro de agua						Peso eq. del compuesto	mg/de compuestos
	K ⁺ 7.080	Ca ⁺⁺ 9.103	Mg ⁺⁺ 4.046	NO ₃ ⁻ 11.888	H ₂ PO ₄ ⁻ 0.991	SO ₄ ⁼ 6.934		
H ₃ PO ₄					0.991		32.66	32.37
MgSO ₄ ·7H ₂ O			4.046			4.046	123.0	497.65
Ca(NO ₃) ₂ ·4H ₂ O		9.103		9.103			118.0	1075..33
KNO ₃	2.785			2.785			101.0	281.29
K ₂ SO ₄	2.888				2.888	87.0	87.00	251.25
KOH	1.407						56.00	78.79

Para el ejemplo, se adicionan primero los 0.991 me de $H_2PO_4^-$. Enseguida se cubren totalmente los requerimientos de Mg_2^+ con el compuesto de $MgSO_4 \cdot H_2O$, debido a que existe solo una fuente. Al agregar 4.046 de Mg_2^+ también se adicionan 4.046 me de SO_4^{2-} . Como se necesitan 6.934 me de SO_4^{2-} y ya se adicionaron 4.046, los 2.888 meq que faltan se adicionan a través de la fuente K_2SO_4 . Debería continuarse adicionando K^+ , pero como se tienen varias fuentes se dificulta la proporción en que deben adicionarse cada una. Por lo tanto, se prosigue suministrando los elementos que pueden proporcionarse por una sola fuente.

El Ca^{2+} se adiciona con la fuente de $Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$. Al agregar 9.103 me de dicho elemento también suministramos 9.103 me de NO_3^- . En este caso, el Ca^{2+} quedó completo. Los requerimientos de NO_3^- son de 11.888 me y sólo hemos agregado 9.103 me, por lo que los 2.785 me que faltan se adicionan como KNO_3 . Mediante el KNO_3 adicionamos 2.785 me de K^+ que sumamos a los 2,888 me de K_2SO_4 y ya agregados nos da 5.673 me. Como requerimos 7.080 me en total, el K^+ que falta se adiciona como KOH en una cantidad de 1.407 me. De esta manera calculamos los me de cada compuesto para obtener la concentración final de cada ión de acuerdo a la fórmula. Si preferimos trabajar con mg/L se multiplican los me por el peso equivalente y se obtienen los valores mostrados en el Cuadro 14.

En los ejemplos se indican las concentraciones de soluciones utilizadas para algunos cultivos.

Cuadro 15. Soluciones nutritivas empleadas para diferentes cultivos

	Tomate	Pepino	Judía	Pimiento
NO_3^- (mmol/L)	10.5	11.75	12.0	12.25
NH_4^+ (mmol/L)	0.5	0.5	0.5	0
$H_2PO_4^-$ (mmol/L)	1.5	1.25	1.25	1.25
K^+ (mmol/L)	7.0	5.5	5.5	6.0
Ca^{2+} (mmol/L)	3.75	3.5	3.5	3.75
Mg^{2+} (mmol/L)	1.0	1.0	1.25	1.25
SO_4^{2-} (mmol/L)	2.5	1.0	1.125	1.25
Fe (mg L ⁻¹)	0.56	0.56	0.56	0.56
Mn (mg L ⁻¹)	0.56	0.56	0.56	0.56
Cu (mg L ⁻¹)	0.03	0.03	0.03	0.03
Zn (mg L ⁻¹)	0.26	0.26	0.26	0.26
B (mg L ⁻¹)	0.22	0.22	0.22	0.27
Mo (mg L ⁻¹)	0.05	0.05	0.05	0.05

	Berenjena	Melón	Lechuga	Clavel
NO ₃ ⁻ (mmol/L)	12.0	12.25	9.5	12.0
NH ₄ ⁺ (mmol/L)	0.5	0	0.5	0.5
H ₂ PO ₄ ⁻ (mmol/L)	1.5	1.25	1.0	1.5
K ⁺ (mmol/L)	6.0	5.5	6.0	5.75
Ca ²⁺ (mmol/L)	3.0	4.0	2.25	3.75
Mg ²⁺ (mmol/L)	1.5	1.0	0.75	1.0
SO ₄ ²⁻ (mmol/L)	1.0	1.0	0.5	1.125
Fe (mg L ⁻¹)	0.56	0.56	0.56	1.4
Mn (mg L ⁻¹)	0.56	0.56	0.56	0.41
Cu (mg L ⁻¹)	0.03	0.03	0.03	0.03
Zn (mg L ⁻¹)	0.26	0.26	0.26	0.20
B (mg L ⁻¹)	0.22	0.22	0.22	0.22
Mo (mg L ⁻¹)	0.05	0.05	0.05	0.05

5.5 Control del pH de la solución nutritiva

El pH que rodea el sistema radical influye de manera importante sobre el crecimiento y desarrollo fisiológico de las plantas. La influencia del pH de la solución nutritiva está relacionada con la absorción de iones. Por ejemplo en un pH alcalino (>7.5) se disminuye la absorción de NO₃⁻ y H₂PO₄⁻, independientemente de la concentración de éstos. A pH ácidos (<7.0) disminuye la absorción de K⁺ y NH₄⁺ por competencia con H⁺ en los sitios de absorción y esta interacción es mayor cuando el pH se aproxima a 4.0.

Cuando el pH tiene un descenso por debajo de 4.0 se produce una depolarización de la membrana celular de las raíces por la entrada en exceso de H⁺, que cambia el gradiente elector-químico a ambos lados de la membrana produciendo que el K⁺ difunda hacia el exterior. Elementos como Ca²⁺, Mg²⁺ y Mn²⁺ son afectados en su absorción por el pH ácido de la solución nutritiva, mientras que la absorción de aniones es ligeramente favorecida.

El efecto del pH sobre la absorción de nitrógeno depende de la fuente suministrada (NH₄⁺ o NO₃⁻), pero a pH entre 7.0 y 4.0 la absorción de NH₄⁺ disminuye y aumenta la de NO₃⁻.

Por lo anterior, se ha establecido que para la mayoría de las hortalizas que se cultivan en sistemas sin suelo y en invernadero el pH óptimo es de alrededor de 6.0. Es muy importante que el sistema radical esté sometido de manera constante al intervalo de pH adecuado. No es suficiente ajustar en una sola ocasión el pH de la solución suministrada al principio, ya que la absorción diferencial de nutrimentos y la propia raíz provocan cambios del pH en la rizósfera.

Las células de las raíces promueven un flujo de hidrogeniones (H_3O^+) o de iones bicarbonato (HCO_3^-) durante la absorción activa de cationes (C^+) o de aniones (A^-). Cuando la absorción de C^+ predomina sobre la de A^- el pH de la rizósfera disminuye y cuando es al contrario, se absorben más A^- que C^+ , el pH se incrementa.

Se ha observado que el mejor intervalo para mantener el pH de la solución nutritiva, es entre 5.5 y 6.5, según el pH óptimo de la especie, y en el caso de cultivos de fruto (tomate, melón, pimiento, etcétera) se debe mantener el pH en el valor superior del intervalo indicado e incluso suprimir la adición de ácido, sobre todo cuando el cultivo se encuentra en plena maduración del fruto y alta irradiación.

La explicación fisiológica de lo anterior se atribuye a que durante la etapa de desarrollo-maduración de los frutos se incrementa la absorción de K^+ (catión mayoritario) sobre la de NO_3^- (anión mayoritario) por la planta, lo que promueve descenso en el pH. La variación del pH en la rizósfera es promovida por tres factores: a) composición de la solución nutritiva; b) composición del agua de riego empleada; y, c) tipo de ácido empleado en la regulación del pH final de la solución nutritiva.

5.6 Conductividad eléctrica (CE $dS\ m^{-1}$) de la solución nutritiva

Los nutrimentos o concentración total de iones en la zona de la raíz se relaciona con la demanda del cultivo en sistemas hidropónicos y se expresa como conductividad eléctrica (CE). Cada uno de los fertilizantes contribuye de manera diferente a incrementar la CE de la solución nutritiva.

La contribución a la CE de la disolución no depende de los fertilizantes disueltos, sino de los iones que se producen tras su disolución; es decir, cada ión contribuye proporcional e individualmente a la CE de la solución; la magnitud de esta contribución dependerá de las características específicas del ión correspondiente y de la proporción que este tenga en la propia disolución.

Una ecuación recomendada para estimar la CE en soluciones nutritivas dentro del intervalo de 1.5 a 4.0 ($dS\ m^{-1}$) es la siguiente: $CE = \text{suma de cationes}/10$, donde los cationes vienen expresados en $me\ L^{-1}$ y la CE en $dS\ m^{-1}$.

El incremento en la concentración de sales (salinidad) tiene dos efectos sobre las plantas: uno producido por la alta concentración de sales y otro producido por la presencia de iones específicos (Na o Cl), pero ambos afectan la absorción y transporte de

nutrimentos en la planta. La alta concentración de sales o presión osmótica disminuye el estado hídrico de la planta, la corriente transpiratoria, el flujo de masas y en consecuencia el transporte de nutrimentos, especialmente del Ca y B.

Cuando existe una alta concentración de Na⁺ este compite y disminuye la absorción de K⁺ por la planta. Mientras que el Cl⁻ interacciona y disminuye la absorción de NO₃⁻.

Para conductividades eléctricas medias (1,5-3,0 dS m⁻¹) la presión osmótica, consecuencia de la presencia de sales en la disolución nutritiva, se mantendrá dentro de los valores medios recomendados entre 0.5 y 1.0 atm. El valor del potencial osmótico según la concentración de sales en la solución evoluciona según se indica a continuación:

$$0 \text{ dS m}^{-1} = 0.01 \text{ Mpa}; 2.5 \text{ dS m}^{-1} = 0.09 \text{ Mpa}; 10.0 \text{ dS m}^{-1} = 0.36 \text{ Mpa}$$

Existen ecuaciones mediante las cuales se puede estimar el potencial osmótico (PO), directamente a partir de los valores de CE (dS m⁻¹). Las ecuaciones son las siguientes:

$$PO \text{ (kPa)} = -42 \text{ CE} - 0.16 \text{ CE}^2 \text{ o } PO \text{ (atm)} = - \text{CE (dS m}^{-1}) \cdot 0.36$$

Uno de los problemas inherentes a los cultivos sin suelo es el elevado nivel de salinidad. La salinidad tiene un gran efecto en las relaciones de agua de las plantas, un estrés osmótico reduce tanto el consumo de nutrientes como de agua, aunque tiene repercusiones más negativas en la absorción de elementos minerales, lo que explica que pueda producirse un aumento de la salinidad de la solución nutritiva y disminución del rendimiento.

Cuadro 16. Relación de rendimiento esperado (R) y la conductividad eléctrica del agua (CE)

Especie y tolerancia	Umbral de CE (dS m ⁻¹)	% R / unidad de CE	Disminución del rendimiento (%)			
			0.0 CE (dS m ⁻¹)	10.0 CE (dS m ⁻¹)	25.0 CE (dS m ⁻¹)	50.0 CE (dS m ⁻¹)
Haba (S)	1.6	9.6	1.1	1.8	2.0	4.5
Judía (S)	1.0	18.9	0.7	1.0	1.5	2.4
Fresa (S)	1.0	33.3	0.7	0.9	1.2	1.7
Tomate (S)	2.5	9.9	1.7	2.3	3.4	5.0
Pepino (S)	2.5	13.0	1.7	2.3	2.9	4.2
Melón (S)	2.5	-	1.5	2.4	3.8	6.1
Espinaca (T)	2.0	7.6	1.3	2.2	3.5	5.7

Especie y tolerancia	Umbral de CE (dS m ⁻¹)	% R / unidad de CE	Disminución del rendimiento (%)			
			0.0 CE (dS m ⁻¹)	10.0 CE (dS m ⁻¹)	25.0 CE (dS m ⁻¹)	50.0 CE (dS m ⁻¹)
Col (T)	1.8	9.7	1.2	1.9	32.9	4.6
Pimiento (S)	1.5	14.1	1.0	1.5	2.3	3.4
Lechuga (S)	1.3	13.0	0.9	1.4	2.1	3.4

Alta CE reduce el rendimiento de los frutos, altera el debido equilibrio nutrimental de las plantas y disminuye el consumo diario de agua por las plantas debido a una disminución del área foliar y el crecimiento; en consecuencia, es menor la transpiración y el consumo de nutrimentos. Un aspecto positivo asociado a la salinidad es el aumento en la calidad de la producción, entendida por una mayor concentración de azúcares, proteínas o la propia proporción de peso seco en los frutos.

Este factor debe considerarse y manipular cuando se quiera mejorar el desarrollo de la parte productiva sobre la vegetativa. Es posible obtener una mayor precisión en el desarrollo de las plantas variando la CE que variando los riegos. En tomate se puede mejorar el desarrollo de flores y frutos bajo poca irradiación incrementando hasta 8 dS m⁻¹ de CE la solución nutritiva.

BIBLIOGRAFÍA

- Adams, R., 1992. Crop nutrition in hydroponics. *Acta Horticulturae* 323.
- Adams, R., 1994. Nutrition of greenhouse vegetables in NFT and hydroponic Systems. *Acta Horticulturae* 361.
- Attenburrow, D. C., and Waller, R. L., 1980. Sodium chloride: its effect on nutrient uptake and crop yields with tomatoes in N.F.T. *Acta Horticulturae* 98.
- Barceló, J. G. Nicolas, B. Savater, R. Sánchez, 1998. *Fisiología vegetal*. Pirámide. Madrid.
- Bennett, W. F., 1993. *Plant nutrient utilization and diagnostic plant symptoms on nutrient deficiencies and Toxicities in crop plants*. APS Press. Minnesota.
- Benton, J., B. Wolf, H. A. Milis, 1991. *Plant analysis handbook*. Micro-macro. Athens.
- Boulard, T.; Baille, A.; Lagier J.; Mermier M., 1989. Water vapour transfers and dehumidification in a inflatable plastic greenhouse. *Acta Horticulturae* 245:462-475.
- Boulard, T.; Jemaa, R., 1993. Greenhouse tomato crop transpiration model application to irrigation control. *Acta Horticulturae* 335:381-387.

- Bowling, D. J. F., 1976. Uptake of ions by plant roots. Chapman and Hall. London. MAFF/AFRC. 193. Diagnosis of mineral disorders in plants. Vol. 1 Principles. HMSO. London.
- Bunt, A. C., 1988. Media and mixes for container grown plants. Unwin Hyman. London.
- Casas, A., 1993. Formulación de la solución nutritiva. Parámetros de ajuste. Características de la zona que condicionan la solución nutritiva. Ajustes específicos en cultivos sin suelo 1. FIAPA. Almería, España.
- Casas, A., 1995. El análisis foliar del pepino. H. F. Hortoinformación. 11:42-46.
- Casas, A., 1996. El análisis foliar del tomate. H. F. Hortoinformación. 70:41-46.
- Casas, A., 1996. El diagnóstico foliar sobre hojas de melón. H. F. Hortoinformación. 80:30-33.
- Casas, A., 1999. El suelo y el agua de las distintas comarcas de Almería. Interpretación de análisis en curso de dirección técnica en producción de frutas y hortalizas en cultivo protegido. Caja Rural de Almería. Almería. (En prensa)
- Casas, A., A. Beledo, 1986. El análisis foliar como indicativo del estado nutricional de la col china. Ponencia en las primeras Jornadas Nacionales de Cultivos Protegidos. COITPA. Almería, España.
- Casas, A., E. Casas, 1996. Fisiopatías originadas por el calcio en cultivos hortícolas. H. F. Hortoinformación. 81:17-21.
- Casas, A., E. Casas, 1999. El análisis de suelo-agua-planta y su aplicación en la nutrición de los cultivos hortícolas en la zona del sureste peninsular. Caja Rural de Almería. Almería, España.
- Castilla, N.; Bretones, F., 1983. El pepino en invernadero. (ed.) Caja Rural Provincial de Almería. PP. 61.
- Cerdá, A., 1993. Solución nutritiva. Principios básicos: comportamiento e interacción de los distintos elementos en cultivos sin suelo 1. FIAPA. Almería, España.
- Clarkson, D., 1985. Factors affecting mineral nutrient acquisition by plant. Ann. Rev. Plant Physiol. 36:27-53.
- Cockshull, K. E., 1988. The integration of plant physiology with physical greenhouse CLIMATE. ACTA HORTICULTURAE 229:113-123.
- FAO, 1990. Soilless culture for horticultural crop production. No. 101. Roma.
- Gisler D. H. R. and Kemptom, R. J., 1983. The oxygen of flowing nutrient solution used for cucumber and tomato culture. Scientia Horticulturae, 20.

- Grattan, S. R. and Grieve, C. M., 1999. Salinity-mineral nutrient relations in horticultural crops. *Scientia Horticulturae*, 78.
- Hanan, J. J., 1991. The influence of greenhouses on internal climate with special reference to mediterranean regions. *Acta Horticulturae* 287: 23-34.
- Heij, G.; Uflelen, J.A.M., 1984. Effects of CO₂ concentration on growth of glasshouse cucumber. *Acta Horticulturae* 162:29-36.
- Ito, T., 1978. Physiological aspects of carbon dioxide enrichment to cucumber plants grown in greenhouses. *Acta Horticulturae*. 87:139-146.
- Jaffrin, A.; Makhlonf, S., 1990. Mechanism of light transmission through wet polymer films. *Acta Horticulturae* 281:11-24.
- Jaffrin, A., Urban, L., 1990. Optimization of light transmission in modern greenhouses. *Acta Horticulturae* 281:25-33.
- Lorenzo, R; Maroto, C.; Castilla, N., 1990. CO₂ in plastic greenhouse in Almería (Spain). *Acta Horticulturae* 268:165-169.
- Lorenzo, P.; Sánchez-Guerrero, M.C.; Medrano, E.; Escobar, I.; García, M., 1997. Gestión del clima en la horticultura intensiva del sur mediterráneo. *Horticultura* 119:80-83.
- Kochian, L., 1991. Mechanisms of micronutrients uptake and translocation in plants. En *Micronutrients in agriculture*, 2a ed. Soil Sci. Soc. Am. Book Series, No. 4.
- Maldonado, J. M., 1993. Asimilación del nitrógeno y del azufre en fisiología vegetal y bioquímica vegetal. Interamericana-Mc Graw-Hill. Madrid, España.
- Maldonado T. R., 1994. Método universal para la preparación de soluciones nutritivas. *Apoyos Académicos* No. 11. Universidad Autónoma de Chapingo, México.
- MAFF/AFRC, 1983. Diagnosis of mineral disorders in plants. Vol. 1. Principles. HMSO. London.
- Martin-Prevel, P., J. Gagnard, P. Gautier, 1987. Plant nutrition en plant analysis. La-voisier. New York.
- Martínez, E., M. García, 1993. Cultivos sin suelo: hortalizas en clima mediterráneo. Ed. Horticultura. Reus.
- Martínez-López, 1993. Dinámica de absorción: factores de influencia sobre las concentraciones de absorción iónica en cultivos sin suelo 1. FIAPA. Almería, España.
- Nederhoff, E. M., 1994. Effects of CO₂ concentration on photosynthesis, transpiration and production of greenhouse fruit vegetable crops. PHD Agricultura University; Wageningen, The Netherlands. 213p.

- Nicolaus, A., 1990. Ventilation methodologies in greenhouses. *Acta Horticulturae* 263:299-305.
- Penningsfeld, F, R. Kurzmann, 1983. Cultivos hidropónicos y en turba. Ed. Mundi-Prensa.
- Perez-Melian, G., 1977. Solución nutritiva. *Xoba*. Vol. 1 No. 1. CIAGC.
- Resh, H. M., 1992. Cultivos hidropónicos. 3ª ed. Ed. Mundi-Prensa. Madrid.
- Ristema, R. E., 1981. Quality standards for irrigation waters. *Acta Horticulturae* 119.
- Romheld, V., H. Marschner, 1991. Function of micronutrient in plant. En *Micronutrients in agriculture*. 2a. ed. Soil Sci. Soc. Am. Book Series No. 24.
- Sánchez-Guerrero, M. C.; Portero, F.; Medrano, E.; Lorenzo, R., 1998. Efecto del enriquecimiento carbónico sobre la producción y eficiencia hídrica en cultivo de pepino. *Actas de Horticultura* 21: 83-90.
- Shannon, M. C. and Grieve, C.M., 1999. Tolerance of vegetable crops to salinity. *Scientia Horticulturae*, 78.
- Sonneveld, C., 1981. A method for calculating the composition of nutrient solutions for soilless cultures. *Glasshouse Crops Research Station*. Naaldwijk.
- Sonnevel, D. C., R. A. Bik, 1984. Nutrient solution for vegetables and flowers grown in water or sustrates. No. 69.
- Sonnevel D. C., 1988. The salt tolerance of greenhouse crops. Netherlands. *Journal of agricultural science* 36.
- Steiner, A. A., 1976. The development of soilless Culture and an introduction to the Congress. Las Palmas. *Proceeding 4th. Int. Congr. Soilless Culture*. IWOSC. Wageningen.
- Steiner, A. A., 1980. The selective capacity of plant for ions and its importance for the composition and treatment of the nutrient solution. *Acta Horticulturae* 98.
- Steiner, A. A., 1996. Principles of plant nutrition by a recirculating nutrient solution. *ISOSC Proceedings* 1996.
- Warncke, D. D., 1990. Testing artificial growth media and interpreting the results en soils testing and plant analysis. 3a Ed. *Soil Sci. Soc. Am. Book Series* No. 3.



PROCURADURÍA
AGRARIA

VI. BASES PARA LA ECOINTENSIFICACIÓN AGRÍCOLA

GERARDO NORIEGA ALTAMIRANO
VALENTÍN REYES ARIAS
MIGUEL ÁNGEL VERGARA SÁNCHEZ
FRANCISCO RODRÍGUEZ NEAVE

1. INTRODUCCIÓN

El cambio climático en el futuro afectará la producción y las áreas de cultivo en el mundo y en México; a este fenómeno hay que sumar la pérdida biológica de los suelos, donde destacan la materia orgánica, la biodiversidad edáfica, la acidificación de los suelos, entre otros factores, sumados al proceso de degradación de los ecosistemas. Por lo expuesto deben fomentarse innovaciones a las actuales prácticas agrícolas, en este caso las que se realizan en la cafecultura orgánica.

De la revolución industrial a la fecha, la sociedad ha emitido grandes cantidades de óxidos de azufre y nitrógeno que producen ácidos sulfurosos, sulfúricos y nítricos que cuando se precipitan de manera genérica se conocen como lluvia ácida; la vegetación es vulnerable a la lluvia ácida; además se acidifican los suelos de manera gradual y continua, lo que causa pérdidas de nutrientes y de la biología del suelo, conduciendo a bajos rendimientos de los cultivos; a esto se suma el uso de grandes cantidades de fertilizantes químicos de residuo ácido que acentúan el proceso.

La presente propuesta impulsa la remineralización del suelo, la restauración de la biología del suelo y de la materia orgánica, la corrección del pH del suelo y el tránsito hacia el manejo de una fertilidad sustentable, así como el manejo biológico de plagas y enfermedades.

Se reconoce que el modelo de Revolución Verde del siglo pasado fue resultado de innovaciones en el uso de variedades productivas, uso intensivo de fertilizantes, sistemas de riego, mecanización de preparación del suelo al finalizar la cosecha, uso intensivo de plaguicidas, crédito agrícola, extensionismo, entre otros factores. En la actualidad se ha reducido la disponibilidad de factores ambientales: el agua dulce escasea; se ha perdido suelo agrícola; han descendido los niveles de materia orgánica abatiendo su capacidad agronómica e incrementando la desertificación; se ha reducido el hábitat de la biología del suelo, reduciendo además el flujo de agua y nutrientes; las temperaturas ambientales se incrementan. Ello lleva a plantear alternativas. Por ejemplo: reducir emisiones de Gases de Efecto Invernadero; restaurar suelos, bosques y acuíferos; incrementar la productividad agrícola; erradicar la pobreza, y construir una nueva forma de pensar.

Reconocemos que el suelo es un ecosistema dinámico, donde ocurren procesos físicos, químicos y biológicos de cuyas interacciones depende la fertilidad, la estructura de los suelos y, en consecuencia, la productividad. Por ello se impulsan estrategias orientadas a la restauración del suelo, como: (a) diagnóstico de la fertilidad del suelo; (b) labranza de restauración; (c) incorporación de residuos de cosecha y de humus; (d) remineralización de suelos; (e) inocular la biología nativa del suelo, con el propósito de fomentar la restauración de los ciclos biogeoquímicos para inducir el reciclaje de nutrientes, la retención y suministro de agua para las plantas, incrementar la biodiversidad de los microorganismos del suelo para contribuir a la supresión de plagas y enfermedades del suelo; (f) movilización de nutrientes como el fósforo, donde la materia orgánica del suelo sumado a la actividad microbiana favorecen reacciones, donde los compuestos insolubles se liberan como nutrientes (destaca la incorporación de carboxilos), y (g) se restauran los ciclos de energía en los agroecosistemas, por una parte incorporando materia orgánica, así como el suministro de energía de baja frecuencia. El planteamiento incorpora a las leyes de la termodinámica.

En el siglo pasado a partir del nitrógeno atmosférico se obtuvo amoníaco y se transformó en fertilizante nitrogenado, el cual fue básico en la Revolución Verde. Hoy conocemos que solo una proporción se aprovecha por los cultivos: el resto se envía a la atmósfera, ríos, océanos, donde es contaminante; la producción de óxido nitroso (N_2O) resulta en un Gas de Efecto Invernadero 300 veces más potente que el CO_2 ; en las descargas al océano de aguas ricas en nitrógeno favorecen la reproducción de plantas microscópicas cuya descomposición requiere oxígeno, generando zonas muertas; el agua que llega a los acuíferos enriquecida con nitrógeno modifica el ecosistema, ello sugiere que el consumo del agua referida puede aumentar los problemas de salud.

En el caso del fósforo y el potasio, estos se extraen de minas, las cuales dan signos de agotamiento; el fósforo es un elemento cuyas reservas se concentran en cuatro países: Estados Unidos de América, China, Sudáfrica y Marruecos; en el suelo se reutiliza en ciclos 45 veces; el escurrimiento superficial lo deposita en los océanos, donde prosperan cianobacterias algas azules y verdes, que cuando mueren su degradación conduce al agotamiento de otros organismos que consumen oxígeno, creando así zonas muertas que impactan en la pesca. Esto permite recomendar que en el caso del fósforo se restaure reduciendo así la erosión, remineralizando, reciclando residuos orgánicos, 2restaurando la biología del suelo y fomentando los ciclos biogeoquímicos.

En la cuestión social se identifican algunos problemas importantes y significativos por los que atraviesa la humanidad en la actualidad, principalmente los productores rurales, se relacionan con la depredación que hemos hecho del ambiente, el cual bajo el marco del agronegocio y de un capitalismo rapaz y deshumanizado, no sólo provoca el empobrecimiento de la tierra, sino también hemos disminuido su potencial para proveernos de los alimentos que necesita la humanidad para seguir viviendo, amenazando no sólo su sobrevivencia como especie, sino también la condición misma mediante la cual el planeta mantiene su equilibrio y su funcionamiento.

Ante esto es necesario impulsar un conjunto de medidas y de políticas que permitan a los pueblos, a la vez de buscar un nuevo equilibrio en el desarrollo de la tierra, abatir el hambre y la desnutrición mediante nuevas estrategias productivas y tecnológicas que no solamente le permitan al hombre y a las sociedades recuperar su autosuficiencia alimenticia sino también, con base en una nueva relación entre el conocimiento ancestral y la tecnología, ponerle freno al deterioro ambiental y permitir a la humanidad no únicamente revertir en lo posible los efectos del cambio climático, sino también la conservación de los agroecosistemas que le han permitido al hombre conservarse y reproducirse como especie en el planeta.

De este modo, reconociendo que para 2050 los recursos naturales serán más limitados y alcanzaremos los nueve mil millones de habitantes —dos mil millones de bocas más que alimentar—, estamos proponiendo una estrategia que se formula a partir de la experiencia directa de trabajo de campo con productores en diferentes localidades del país donde se han identificado e implementado soluciones agronómicas. De manera sucinta, lo que proponemos implica:

- a. Restaurar la fertilidad física, química y biológica de los suelos para disminuir los efectos del cambio climático en la naturaleza.
- b. Reivindicar el papel del conocimiento ancestral dentro de los procesos productivos.
- c. Incorporar la cultura productiva de los campesinos a las propuestas de desarrollo.
- d. Constituir como eje articulador de cualquier proceso o estrategia al hombre, particularmente al productor.
- e. Recuperar las bondades que tiene para el ambiente el desarrollo de la agricultura basada en la imitación a la naturaleza.

El planteamiento se inserta en el paradigma de la sustentabilidad, lo que exige considerar la capacidad del sistema agrícola de proveer y cubrir las necesidades humanas, preservar y restaurar el ambiente y los recursos naturales bajo un enfoque económicamente rentable, con aceptación social y política. Bajo este enfoque se viene desarrollando tecnología sustentable, lo que ha dado la experiencia de transferencia de tecnología y de investigación que promovemos.

En el contexto de la sustentabilidad y como una respuesta a la preocupación por la degradación de los recursos asociados a la agricultura, se presenta un enfoque de manejo agronómico órgano-mineral para la producción de alimentos, donde nos apoyamos de energía e insumos alternativos para atender los factores limitativos de la producción. Considerando el cambio climático como un escenario para la producción de alimentos, donde destacan el incremento de la temperatura ambiental, la evaporación, la precipitación, entre otros, hemos desarrollado una propuesta tecnológica donde se promueven innovaciones agronómicas reconociendo que en México la agricultura se desarrolla en una amplia diversidad de condiciones edáficas, climáticas, que se

practican diversos sistemas de producción agrícolas que coexisten con pequeños, medianos y grandes productores con diferentes niveles de adopción tecnológica.

El grupo de académicos que participan en la construcción de esta propuesta para abordar el debate funda el reto en abatir los costos de producción e incrementar la productividad, apoyados en: (a) optimizar la superficie agrícola mediante la restauración de la fertilidad del recurso suelo, impidiendo con ello el cambio de uso del suelo forestal a agrícola; (b) una reingeniería de las prácticas agrícolas apoyados en sistemas GPS, agricultura de precisión con un uso racional de fertilizantes dirigidos a reducir emisiones de Gases de Efecto Invernadero, e implementación de una labranza de restauración; (c) la restauración de los ciclos biogeoquímicos en los agroecosistemas con base en la incorporación de rastrojos, compostas, lombricompostas, materia orgánica en general, remineralización de suelos para corregir pH y capacidad de intercambio catiónico, flujo de energía en el suelo y en los vegetales, inoculación de consorcios microbianos para mejorar la calidad del suelo; (d) uso eficiente del agua mediante la energización, y (e) incrementar la calidad de las cosechas con el fin de reducir pérdidas en los procesos de selección propios del mercado de consumo. La conexión de estos ejes exige un cambio de mentalidad, es un reto para el proceso educativo.

Este ejercicio de desarrollo tecnológico es participativo, retoma el saber local y atiende a las necesidades del sector orgánico, oportunidades, restricciones y aspiraciones de los cafetaleros indígenas.

2. EL PLANTEAMIENTO CONCEPTUAL DEL MANEJO DE LOS RECURSOS NATURALES

El suelo debe considerarse como un recurso natural importante, esencial para la producción de alimentos, la conservación de la biología del suelo, la captura de carbono, por ello la necesidad de establecer una política pública nacional para restaurar y conservar su productividad, para que a través de él y las prácticas agrícolas adecuadas se establezca un equilibrio entre la producción de alimentos y el incremento demográfico nacional.

El suelo es un patrimonio nacional, que es un sistema disperso constituido por tres fases: (1) sólida; (2) líquida, y (3) gaseosa. En él se distinguen cuatro componentes: (a) material mineral; (b) materia orgánica; (c) agua, y (d) aire, componentes profundamente ligados, mezclados entre sí y creando un medio natural para el crecimiento de las plantas, en particular para los cultivos que son la base de la alimentación humana.

Sin embargo, en México 139 millones 997 mil 632 ha equivalentes a 70% de los suelos mexicanos poseen niveles de muy bajos a medios de materia orgánica; 62 millones 150 mil 189 ha, es decir, 31% del territorio mexicano, son suelos degradados por la acidificación; 146 millones 798 mil 64 ha que corresponden a 73% de los

suelos nacionales no poseen capacidad de intercambio catiónico suficiente, lo que explica la poca eficiencia de la absorción de los fertilizantes de síntesis química.

La materia orgánica del suelo constituye una pequeña fracción de la fase sólida; desempeña una función suprema en las propiedades físicas y químicas del suelo y en el desarrollo de los cultivos. Un suelo fértil ha permitido a lo largo de la historia del planeta Tierra el desarrollo del ciclo global del agua y la biósfera, el reciclado de elementos químicos y el funcionamiento de ecosistemas.

El crecimiento de las plantas se relaciona con la disponibilidad de nutrientes en el suelo, con las condiciones físicas y biológicas. Reconociendo que los elementos bioquímicos se transfieren en ciclos globales entre la corteza terrestre, la atmósfera y los océanos con la participación de la diversidad biológica de la vida terrestre, cuya reducción o pérdida de la biología del suelo y en general de la biósfera se asocia a una reducción de la producción primaria neta, destacando la producción de alimentos vegetales.

Por ello el empobrecimiento de nuestro patrimonio suelo amenaza la producción de alimentos, la diversidad de la biósfera y la estabilidad de la sociedad mexicana.

La fertilidad de un suelo refiere su capacidad para suministrar elementos nutritivos, por lo que el patrimonio suelo, que brinda servicios ambientales, exige la necesidad de una acción política en México para restaurar y conservar la:

Fertilidad física, que refiere el soporte de las raíces de los vegetales, así como su capacidad para almacenar y permitir el paso de agua y aire.

Fertilidad química, definida por propiedades físico-químicas y químicas del suelo, que condicionan su capacidad de reserva de elementos asimilables.

Fertilidad biológica, que refiere la actividad de la biología del suelo (microorganismos, microfauna, raíces) que influyen en el estado de la materia orgánica del suelo, que incide decisivamente en la fertilidad física y química.

Para atender el principal problema que afronta la sociedad mexicana, que es el aumento de población, lo cual exige garantizar la alimentación, se debe construir una acción de política pública en México para que se destinen recursos económicos para restaurar y conservar el patrimonio suelo, además de orientar la producción sustentable de alimentos, en particular del maíz. Esta acción política debe dirigirse a remeneralizar los suelos, a restaurar los niveles de materia orgánica y la biología del suelo.

2.1 Suelos

Los mejores suelos para los cultivos son los que cuentan con una profundidad de 50 a 150 cm, de textura media, la fertilidad del suelo de moderada a alta, bien

drenados, próximos a la neutralidad. Son escasos los suelos que poseen todos los atributos naturales que se requieren para obtener una alta productividad; sin embargo, hay suelos que con tecnología se pueden acondicionar para su utilización en cultivos de interés, como es el caso de los granos básicos.

Como ejemplo veamos las unidades de suelos en el estado de Chiapas que se reportan en el *Cuadro 1*

Cuadro 1. Unidades de suelos

Superficie de suelos en el estado de Chiapas		
Unidades	Superficie (ha)	%
Acrisol húmico	459,890.73	6.32
Acrisol órtico	272,115.36	3.74
Acrisol plíntico	111,652.95	1.53
Andosol húmico	28,766.40	0.40
Andosol ócrico	6,945.47	0.10
Arenosol cámbico	28,709.07	0.39
Cambisol cálcico (calcárico)	4,004.00	0.05
Cambisol crómico	110,282.91	1.51
Cambisol dístrico	1,339.32	0.02
Cambisol éutrico	403,043.33	5.53
Cambisol ferrálico	23,574.79	0.32
Cambisol gléyico	10,121.05	0.14
Cuerpo de agua	103,936.36	1.43
Feozem calcárico	3,141.37	0.04
Feozem háplico	250,204.57	3.44
Feozem lúvico	1,347.88	0.02
Fluvisol calcárico	3,362.78	0.05
Fluvisol dístrico	232.37	0.00
Fluvisol éutrico	60,483.13	0.83
Fluvisol gléyico	6,355.48	0.09
Gleysol éutrico	104,932.38	1.44
Gleysol húmico	8,094.51	0.11
Gleysol mólico	15,402.15	0.21
Gleysol plíntico	3,581.18	0.05
Gleysol vértico	40,270.89	0.55
Litosol	2,057,378.25	28.25

Superficie de suelos en el estado de Chiapas		
Unidades	Superficie (ha)	%
Luvisol álbico	2,052.36	0.03
Luvisol crómico	748,014.98	10.27
Luvisol férrico	46,325.49	0.64
Luvisol gléyico	5,680.63	0.08
Luvisol órtico	101,508.54	1.39
Luvisol plíntico	41,693.34	0.57
Nitosol éutrico	372,307.78	5.11
Planosol éutrico	272.95	0.00
Planosol mólico	1,944.08	0.03
Poblado	5,157.39	0.07
Regosol calcárico	100,832.30	1.38
Regosol dístrico	881.48	0.01
Regosol éutrico	728,119.36	10.00
Rendzina	678,268.19	9.31
Solonchak gléyico	102,865.43	1.41
Vertisol crómico	54,532.42	0.75
Vertisol pélico	172,153.72	2.36
TOTAL	7,281,779.13	100

2.1.1 Meteorización de los minerales del suelo

En el caso de los suelos del estado de Chiapas se identifica un proceso de meteorización: es un proceso de agotamiento y transformación de rocas y minerales en residuos no consolidados llamados regolitos, que se depositan sobre la superficie de la tierra a una profundidad variable. Los fragmentos de roca y sus minerales son atacados con las fuerzas erosivas y se transforman en nuevos minerales por alteraciones, o por cambios químicos completos (Cepeda, 1991).

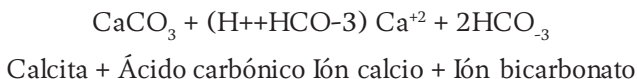
El suelo es una fase de transición, que al igual que los iones en las rocas, al encontrarse en la superficie cambia lentamente a estados químicos más estables. La meteorización es el proceso que se lleva a cabo durante esta transformación. Son de interés en la formación de suelos los procesos externos, donde destacan:

1. Meteorización. Comprende la desintegración de la roca o fragmentación física y la descomposición de las rocas mediante la alteración química.
2. Procesos gravitacionales. Por efecto de la gravedad ocurre movimiento de roca y suelo pendiente abajo.

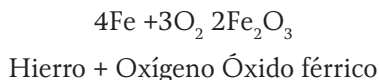
3. Erosión. Es la remoción física de material de la superficie terrestre mediante la acción de agentes: agua, viento e hielo.

Para poder dimensionar el proceso actual de los suelos de Chiapas se debe reconocer a la meteorización química como una serie de procesos complejos que influyen en la descomposición de las rocas y las estructuras internas de los minerales, lo cual libera nuevos materiales. En la meteorización química el agua es el disolvente, dando origen a los tres procesos de meteorización química: (1) disolución; (2) oxidación, y (3) hidrólisis.

Disolución. El ácido carbónico se genera cuando el dióxido de carbono atmosférico se disuelve en el agua de lluvia. Entonces esta acidificación del agua, al ingresar al suelo, entra en contacto con el dióxido de carbono contenido en el suelo, incrementa la acidez de la solución, y en consecuencia la meteorización química se incrementa, sumado a que los microorganismos liberan ácidos orgánicos, además que los sulfuros contenidos en el suelo incrementan la acidez de la solución. A manera de ejemplo, ilustremos con el caso de la calcita, mineral insoluble que se transforma en material soluble:



Oxidación. En la oxidación ocurre una reacción química donde se pierden electrones de un elemento. Como ejemplo veamos la ecuación siguiente:



En la ecuación anterior el hierro se oxidó, perdió electrones en favor del oxígeno; este tipo de reacción es común en los suelos, particularmente en los minerales ferromagnesianos. La oxidación también es importante en la descomposición de los sulfuros.

Hidrólisis. La hidrólisis es una reacción química de cualquier material con el agua; así se destruyen los silicatos. Los iones hidrógeno atacan y sustituyen a otros iones positivos que se encuentran en el retículo cristalino; así se destruye la estructura ordenada original de los átomos y se descompone al mineral primario. El agua procedente de la lluvia se encuentra enriquecida con CO₂, el cual disuelto en el agua forma el ácido carbónico, el cual se ioniza para formar iones hidrógeno, así como iones bicarbonato (HCO₃⁻). Ilustremos con la hidrólisis que sufre el feldespato potásico:



Feldespato Potásico + Ácido carbónico + Caolinita + Ión potasio + Ión bicarbonato + Sílice en solución

La hidrólisis sustituye al potasio de la estructura del feldespato; el potasio queda disponible como nutriente o bien puede convertirse en bicarbonato potásico.

2.1.2 Fases del suelo

Los materiales que constituyen el suelo forman un sistema complejo. Coexisten tres fases: (1) sólida; (2) líquida, y (3) gaseosa. Esto es lo que buscamos en los suelos con un manejo sustentable.

Fase sólida. Se representa por los minerales, donde se encuentran partículas coloidales hasta las fracciones más gruesas de arena y grava; la arena y el limo contienen minerales primarios; las arcillas minerales cristalinas poseen arquitectura de átomos que están ordenadas en el espacio, como silicio, aluminio, hierro, magnesio, oxígeno y grupos oxidrilo, relevantes en la nutrición vegetal, atribuibles a que en estos cristales ocurren sustituciones de unos átomos por otros, fenómeno identificado como capacidad de intercambio catiónico. La fracción orgánica se concibe desde los microorganismos en estado vivo hasta los residuos vegetales y animales en diferentes estados de descomposición, destacando la muy transformada y estable, conocida como sustancias húmicas.

Fase líquida. Entre los espacios de la fase sólida se identifican películas acuosas que forman la fase líquida. Esta agua en su composición depende de la fase sólida. Así, en un ecosistema la planta se nutre de la fase líquida, entonces la fase sólida restituye el equilibrio liberando ese nutrimento a la fase líquida; cuando la solución del suelo es enriquecida con un abono, una proporción de este se fija en la fase sólida. En los ecosistemas los minerales primarios y la materia orgánica liberan nutrimentos que pasan a ser asimilables por las plantas.

Fase gaseosa. Se encuentra ocupando parte de los espacios porosos que no están llenos de agua; en un suelo con buena agregación el aire representa 25% del volumen del suelo, donde el contenido de nitrógeno (78.5-80%), oxígeno (10-20%) y dióxido de carbono (0.2-3.5%) domina la atmósfera del suelo. El suelo tiene proporciones de agua y aire, ocurriendo en él interacciones de los factores: material parental, clima, organismos y relieve, determinando así a un cuerpo natural con características físicas, químicas y biológicas específicas.

El espacio poroso en un suelo es la proporción de volumen que no está ocupado por los materiales sólidos, orgánicos o minerales. Bajo condiciones de campo, los espacios porosos están ocupados todo el tiempo por aire y agua. Los poros del suelo son formas irregulares de las partículas que dejan espacios o poros entre ellas irregulares en tamaño, forma y dirección.

Los suelos de textura de arenas tienen poros continuos y grandes; las arcillas no tienen un espacio poroso total por el tamaño de las partículas de arcilla: tienen poros

muy pequeños que transmiten el agua lentamente, se convierten en pequeños “cuellos de botella”, donde los poros llenos de agua y aire bloquean el movimiento en el suelo. En los suelos arcillosos el intercambio de aire puede ser inadecuado para las raíces de los cultivos. El movimiento más rápido de agua y aire está en las arenas y suelos de agregados grandes, que actúan como granos y paquetes para formar poros grandes.

La importancia agrícola de la porosidad en el suelo es grande: sus características dependen de la textura, estructura, contenido de materia orgánica, intensidad de cultivos, labranza y otras circunstancias de manejo. El mejor balance de retención de agua ocurre en los microporos, pero el más adecuado movimiento del aire y agua de los suelos está en los macroporos de suelos de textura media, como los francos. Este balance de poros grandes y pequeños es un resultado de la textura del suelo.

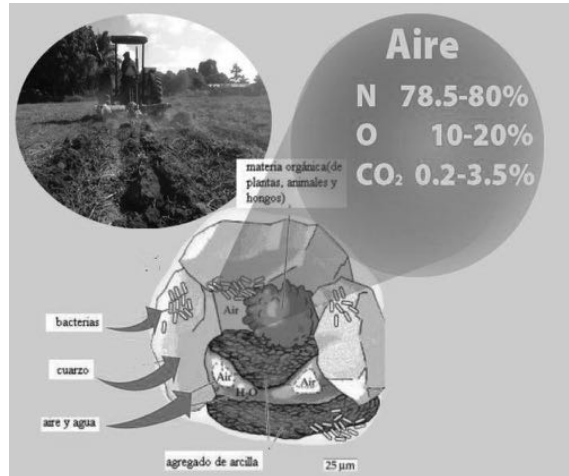
Las cantidades relativas de aire y agua en el espacio poroso fluctúan continuamente. Durante una lluvia, el agua expulsa aire de los poros, pero tan rápido como el agua desaparece del suelo por percolación profunda (movimiento hacia abajo), evaporación y transpiración (evaporación de las hojas de las plantas) el aire gradualmente reemplaza al agua que lo había desalojado antes de los espacios porosos.

La densidad aparente del suelo (D_A) es la relación entre la masa de los sólidos y el volumen total que estos ocupan; aquí se incluye el espacio poroso existente entre las partículas sólidas. Existe una estrecha relación del valor de la densidad aparente con otras propiedades y características de los suelos; destacan textura, contenido de materia orgánica, porosidad, compactación-compresión, conductividad térmica y resistencia del suelo a la penetración.

Desde el punto de vista agrícola los valores bajos de densidad aparente se asocian con una condición general más apropiada para los cultivos. Un incremento de la densidad aparente puede ser atribuido a la reducción en el contenido de materia orgánica del suelo, a la degradación de los agregados o por la aplicación de una fuerza que reduzca el espacio poroso.

La densidad aparente se considera como la cantidad de materia por una unidad de volumen. Se reporta en g/cm^3 . Su utilidad es para calcular la capacidad de almacenamiento de agua por volumen de suelo, evaluar las capas de suelo para identificar la compactación y explicar la penetración de la raíz o problemas de aireación.

Figura 1. Atmósfera del suelo



El suelo, en el contexto de sus características, representa una de las fuentes más importantes de nutrientes, sustento y humedad para las plantas y animales de importancia económica para el hombre. Por las múltiples funciones que se desarrollan en el suelo desde el punto de vista ecológico y por la vulnerabilidad de pérdida del patrimonio suelo por procesos degradativos, es más propio hablar del sistema suelo. Es el enfoque en que debe abordarse en la agricultura sustentable.

2.1.3 Suelos ácidos

Continuando con el ejemplo de los suelos de Chiapas, una propiedad química de los suelos de importancia capital es el pH, lo cual se atribuye a causas, como: (1) el carácter ácido de la roca madre; (2) la intensa lixiviación propia del trópico húmedo; (3) proceso de acidificación continua de las cosechas, y (4) los impactos de los aportes de fertilizantes nitrogenados y azufrados, además de la lluvia ácida.

La acidez del suelo se relaciona con los protones (H³O)⁺ libres en la solución del suelo (acidez activa o actual), así como con los fijados en el complejo adsorbente (acidez potencial). Agronómicamente se identifica la acidez total, que es la suma de los dos tipos de acidez; los suelos ácidos presentan un bajo porcentaje de saturación de bases (Ca⁺², Mg⁺², K⁺ y Na⁺), así como elevados porcentajes de cationes ácidos o generadores de ácidos (H⁺ y Al⁺³).

Agronómicamente, se concibe como suelos ácidos a aquellos suelos cuya acidez perjudica al desarrollo normal del cultivo. En los suelos minerales ácidos, cuando ya avanzaron en su proceso degradativo, abundan los oxihidróxidos de hierro y aluminio, lo que les confiere la capacidad para generar cargas dependientes del pH.

Una práctica en el manejo agronómico es disminuir la acidez del suelo por la incorporación de compuestos de calcio y magnesio, lo cual debe constituir una práctica agrícola en los suelos tropicales, por lo cual recomendamos incorporar minerales no metálicos ricos en calcio y Magnesio. Como ejemplo tenemos a la dolomita, bentonita cálcica, cuya adición conduce a una neutralización de H⁺ y un aumento de calcio intercambiable. El significado agrícola del pH del suelo es por la relación general existente entre el pH del suelo y la disponibilidad de nutrimentos, así como de los microorganismos. Con este manejo agronómico pretendemos que la reacción del suelo llegue a valores de 6 a 7, donde mejora la asimilación de los nutrimentos.

El pH del suelo se considera un factor determinante en la solubilidad de algunos elementos. Por ejemplo, la solubilidad de hierro y aluminio depende de los grupos OH, por lo que disminuye cuando el pH se incrementa. La concentración de H influye en la capacidad de cambio dependiente del pH, así como en la capacidad de cambio de aniones. Por ejemplo, los aniones molibdato y sulfatos absorbidos en el complejo de cambio, el fósforo ligado al hierro y al aluminio incrementa su solubilidad cuando se incrementa el pH. Por ello la práctica de encalado en los suelos ácidos. El pH influye en las solubilidades de carbonatos, silicatos, en la actividad microbiana y en la forma química del fosfato y carbono en la disolución del suelo.

La práctica del encalado o la remineralización del suelo con minerales secundarios como dolomita busca incrementar el pH, lo que significa aumentar la carga negativa, por lo cual se mejora la capacidad para retener bases de cambio.

En los suelos ácidos la toxicidad se relaciona con el alto contenido de aluminio y manganeso intercambiables, así como con la gran movilidad de elementos metálicos contaminantes del suelo. Influyen en el bajo contenido de bases la probable precipitación de fósforo por el hierro y aluminio, y se relaciona con la baja disponibilidad de molibdeno. Además, se afecta la humificación y mineralización de la materia orgánica, la fijación biológica de nitrógeno, fósforo y azufre, así como otros ciclos biogeoquímicos. En Chiapas, en 77% de los suelos las condiciones califican entre 5.1 a 6.5 de pH; son moderadamente ácidos, como se reporta en el *Cuadro 2*.

Cuadro 2. Comportamiento del pH en los suelos de Chiapas

Clase pH	Área (ha)	%
Fuertemente ácido: < 5.0	26,381.457	0.36
Moderadamente ácido: 5.1 - 6.5	5,677,824.437	77.49
Neutro: 6.6 - 7.3	1,622,444.313	22.14
Medianamente alcalino: 7.4 - 8.5	579.161	0.01
TOTAL	7,327,229.368	100

Desde el enfoque del presente planteamiento, se debe corregir la acidez del suelo, lo que requiere neutralizar los iones H⁺ de la solución del suelo (corrección de la acidez activa) y desplazar hidrogeniones del complejo de cambio que deben sustituir por bases (corrección de la acidez potencial); ello favorece un incremento del pH.

La remineralización de suelos con materiales ricos en calcio y magnesio corrige la acidez del suelo y permite mejorar la eficiencia en el uso de los fertilizantes de síntesis químicas, en la fijación biológica de nitrógeno, y frenar el deterioro de la capacidad productiva del suelo. En Chiapas la lixiviación de bases alcanza un valor medio de mil 144, lo cual califica como muy alta.

2.1.4 Materia orgánica

En los ecosistemas el contenido de materia orgánica es un componente de la fertilidad natural. La importancia del contenido de carbono orgánico es por su participación en la fertilidad natural. Por ejemplo: (a) es fuente de nutrimentos N y P; (b) mejora la capacidad de intercambio catiónico; (c) mejora la solubilidad de los micronutrientes; (d) es fuente de alimento para la actividad microbiana, y (e) aumenta la estabilidad estructural.

En los agroecosistemas con manejo sustentable el productor debe tener la decisión de incorporar los residuos de cosecha, lo cual permite sustituir las pérdidas de humus que ocurren por el proceso de mineralización. El valor de la materia orgánica en los suelos de Chiapas oscila de 0.2 a 6.72%, con un valor promedio de 2.8%. La velocidad de descomposición de la materia orgánica es de 25%, lo que significa una pérdida anual de 6,650 kg/ha, ello exige la incorporación de residuos agrícolas como una práctica más en los agroecosistemas.

Cuadro 3. Distribución porcentual de la materia orgánica en los suelos del estado de Chiapas

MO EN CHIAPAS		
Clases	Área	%
Materia orgánica nivel bajo: 0.6% - 1.5%	11710.07	0.15981583
Materia orgánica nivel medio: 1.6%- 3.5%	1368228.58	18.6732054
Materia orgánica nivel alto: 3.6% - 6.0%	4572945.82	62.4103004
Materia orgánica nivel muy alto: > 6.0%	1374344.83	18.7566783
TOTAL	7327229.31	100

En un ecosistema la materia orgánica del suelo proviene de las raíces, residuos de las plantas y organismos vivos o muertos del suelo. Es una fracción activa e importante del suelo. Químicamente es la fuente de casi todo el nitrógeno; de 5 a 60% de fósforo; hasta 80% de azufre y gran parte del boro y molibdeno. Está constituida principalmente de carbono (cerca de 58% del peso), con menos cantidades de hidrógeno, oxígeno y otros elementos.

Los átomos de Carbono unidos entre sí son el esqueleto básico de los materiales orgánicos; los átomos de hidrógeno y oxígeno relacionados a los de carbono y con pequeñas cantidades de nitrógeno, azufre y fósforo forman las moléculas básicas que dan origen a los aminoácidos esenciales, pirimidinas, purinas, complejo B y otras; posteriormente se forman las numerosas moléculas. Por ejemplo: proteínas, ácidos nucleicos, polisacáridos y el resto de las sustancias orgánicas.

La materia orgánica desempeña un papel fundamental sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Físicamente, interviene en la floculación y dispersión del sistema coloidal del suelo: (a) incrementado la capacidad de retención de humedad; (b) abatiendo las pérdidas de agua, reduciendo la erosión, además consolidando los suelos, y (c) favoreciendo la agregación de los suelos compactados (arcillosos), manteniendo de esta forma condiciones favorables para la aireación y permeabilidad.

Humus. Son las sustancias orgánicas de color pardo y negruzco que resultan de la descomposición de la materia orgánica de origen vegetal y animal, bajo la acción de los microorganismos del suelo. Al mineralizarse liberan paulatinamente los elementos nutritivos para las plantas. El humus contiene cerca de 30% de proteínas, ligninas y azúcares complejos; cerca de 60% es carbono y oxígeno, 5% es nitrógeno y contiene menos cantidad de azufre, fósforo y otros elementos. Luego entonces, las sustancias húmicas sirven como fuente de nutrimentos, como: N, P, K y S; e influyen en las propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo.

De los nutrimentos que la planta requiere para su desarrollo, como se ha mencionado, la mayoría los toma del suelo, donde la oferta que se ofrece para la producción vegetal se da en función de las reservas en el suelo, destacando el nitrógeno, que depende de la materia orgánica contenida en el suelo.

Cuando se incorpora materia orgánica a un suelo agrícola se identifican tres etapas en el proceso de descomposición: (a) la primera es la fermentación, ocurre el rompimiento de materia verde y materia seca; (b) la segunda es la síntesis de humus, y (c) la tercera es la mineralización, se volatiliza el dióxido de carbono y se liberan nutrimentos para las plantas.

Los elementos descritos permiten señalar que el suelo no sólo debe concebirse como el sustrato donde se desarrollan las plantas: es un componente de los ecosistemas, en él se almacena agua, aire, biología, energía y elementos químicos, cuya dinámica desencadena numerosos procesos. Las prácticas inapropiadas que se realizan

en la agricultura convencional han favorecido la compactación, erosión, degradación biológica y química, así como la contaminación del patrimonio suelo.

Sustancias húmicas. Son un producto de la transformación bioquímica de los residuos orgánicos en diferentes ambientes que ocurren en el suelo; también se produce en las compostas y en la vermicultura.

Las sustancias húmicas pueden ser absorbidas por las plantas, ya sea por la raíz o por las hojas, por un proceso semejante a la pinocitosis, proceso biológico que permite a algunas células obtener líquidos orgánicos del exterior para ingresar nutrientes. Estas fracciones una vez dentro de la planta intervienen en los procesos metabólicos de la misma, mejorando regularmente la producción y calidad de las cosechas. La magnitud y dirección de este efecto es en función de la fuente de sustancias húmicas, el método de extracción y de la especie vegetal.

En cualquier caso, la característica estructural más importante se relaciona con sus propiedades edafológicas y es la presencia de grupos carboxilos (-COOH) y grupos hidroxilos (-OH) (García, 2000). La actividad de los ácidos húmicos depende esencialmente del tamaño de la molécula (peso molecular) y del número de grupos (-COOH, -OH) que contenga. Esta "actividad" será mayor si el número de grupos es elevado y el tamaño de la molécula es pequeño.

Capacidad de reacción química de las sustancias húmicas. Está dada por los grupos funcionales: grupo carboxilo (-COOH) y grupo hidroxilofenólico. La mayor parte de los datos disponibles sobre la determinación de dichos grupos corresponden a ácidos húmicos aislados de turbas y lignitos. La presencia de ambos grupos define una propiedad importante de los ácidos húmicos: su participación en la capacidad de intercambio catiónico (CIC).

La transferencia de las sustancias húmicas hacia el interior de las plantas es posible a pesar de su alto peso molecular. Una condición para que este proceso ocurra es la forma de complejos solubles por las sustancias húmicas con micronutrientes metálicos. Las sustancias húmicas son buenos quelatantes y son capaces de transportar iones quelatados hacia las raíces de las plantas (Ramírez y Sustaita, 1991).

Las sustancias húmicas tienen también la capacidad para unirse a ciertos cationes minerales muy inestables (Cu^{2+} , Mn^{2+} , Fe^{2+}), formando "quelatos". Esta unión no sólo permite una mayor disponibilidad de esos elementos para la planta, sino que impide la pérdida de los mismos (Labrador, 1993). Los ácidos húmicos en pequeñas concentraciones incrementan la permeabilidad de la membrana de la planta y promueven, por lo tanto, una mayor absorción de agua y nutrientes por la planta, ayudando a la movilidad de iones metálicos transportables dentro de la planta.

Los distintos órganos de la planta responden diferencialmente a la aplicación de sustancias húmicas. Se ha encontrado que los ácidos fúlvicos a una concentración de 100 mg/L incrementan la longitud de las raíces en 31%, la altura del tallo en 81%,

el peso fresco de la planta en 130%, el número de hojas por planta en 40% y el número de flores por planta en 145% (Ramírez y Sustaita, 1991).

Los ácidos húmicos tienen un mayor efecto en las raíces que en las partes aéreas de las plantas; los tallos son menos afectados que las hojas. La intensidad del efecto depende de la especie vegetal (Flores, 2001). Los ácidos húmicos, a bajas concentraciones, incrementan la permeabilidad de las membranas celulares vegetales y promueven una absorción más activa de agua y nutrientes (Tlatempa, 2001).

Permeabilidad de la membrana y transporte de iones. Varios estudios hacen suponer que la adición de sustancias húmicas tienen efecto en la permeabilidad de la membrana celular, por lo que la absorción de nutrientes se incrementa. El modo de acción no es claro: es probable que se relacione con la superficie activa de las sustancias húmicas (Chen y Aviad, 1990).

Las sustancias húmicas influyen en la permeabilidad de la membrana y transportadores proteicos de iones, lo que provoca una entrada más rápida y selectiva de elementos esenciales; activan el ciclo de Krebs, incrementando la producción de ATP; inciden en la síntesis de ácidos nucleicos y la transcripción de RNA-m (Tlatempa, 2001).

La aplicación de sustancias húmicas muestra que a bajas concentraciones la absorción de nutrientes como K, P, Ca, Na y Mg para los tallos y N para las raíces se ve afectada, mientras que a altas concentraciones este efecto decrece. Con los micronutrientes (Fe, Cu, Zn o Mg) la absorción se beneficia a bajas concentraciones de sustancias húmicas, lo que a su vez mejora el estado nutricional de las plantas. Chen y Aviad (1990) han reportado evidencias de efectos sinérgicos cuando se realizan aplicaciones combinadas de nutrición mineral y sustancias húmicas.

Algunos autores indican que para producir formas activas en el metabolismo vegetal los ácidos húmicos deben estar comúnmente en solución o como sales de Na, K, Ca, Mg y Fe; el pH del medio resultante debe ajustarse; estos compuestos se denominan humatos.

Efecto en la respiración. Existen varios mecanismos para explicar los efectos de las sustancias húmicas en la respiración, tanto a bajas concentraciones de O₂ como a concentraciones normales:

1. Se relaciona con los radicales libres (hidroxiquinona) de las sustancias húmicas que funcionan como aceptores de H⁺ y al mismo tiempo activadores de O₂ y que actúan principalmente en las etapas de crecimiento como catalizadores respiratorios dentro de la mitocondria.
2. Las formas solubles de humatos se incorporan en la cadena redox de la respiración de la mitocondria, incrementando la velocidad del proceso.

3. Algunas evidencias indican que las sustancias húmicas se comportan como donadores y aceptores de electrones, por lo que participan directamente en el sistema transportador de electrones asociado con la respiración y pueden tomar parte en reacciones de óxido-reducción de metales de transición.

Efecto en la fotosíntesis. Se ha estudiado que las sustancias húmicas incrementan el contenido de clorofila a y b, carotenos y xantofilas; estimulan el crecimiento de plástidos incrementando el contenido de clorofila; y previenen la clorosis en las plantas. Presumiblemente esta corrección se debe al incremento de la absorción del ión Mg^{+2} , el cual forma parte de la molécula de clorofila, o Fe^{+2} , que es requerido para la formación de la misma.

En la literatura se encuentran reportes indicando que las sustancias húmicas incrementan los niveles de clorofila en plantas cuando se aplican vía foliar, vía solución nutritiva o bajo condiciones de campo.

Síntesis de proteínas. Los reportes en la literatura indican la influencia de las sustancias húmicas sobre proteínas, especialmente en la síntesis y desarrollo de enzimas. Destacan que los ácidos húmicos reducen el catabolismo de las proteínas; las mezclas simples con aminoácidos reducen la descomposición de proteínas.

2.1.5 Capacidad de Intercambio Catiónico

Hemos señalado que en el suelo existe la fase sólida, donde el tamaño de las partículas es importante. Destacan las partículas de 0.002 mm, que es un límite para la separación de los compuestos minerales. Es el caso de las arcillas, que se caracterizan por la presencia de carga eléctrica negativa. En el entramado coloidal abundante en cargas eléctricas y con una gran superficie específica coexisten componentes coloidales orgánicos, que integran el complejo de cambio iónico.

Estos coloides electronegativos del suelo retienen en su alrededor una cantidad variable de cationes. Así, entre la superficie del complejo coloidal y la solución del suelo ocurre un equilibrio dinámico donde se produce el intercambio iónico. Luego entonces, la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) es la capacidad que tiene un suelo de retener e intercambiar cationes; se determina por el número de cationes que pueden ser fijados en el complejo de cambio. En fechas recientes la unidad eran miliequivalentes/100 gramos de suelo (un miliequivalente es igual a 0.001 g de H); la unidad actual es centimoles de carga positiva por kilogramo: $Cmol (+) kg^{-1}$.

El parámetro de la CIC es en función de la cantidad y calidad de la materia orgánica y del tipo de arcillas. En el ejemplo de Chiapas los suelos con niveles bajos y medios de CIC alcanzan 50% de la superficie del estado, lo cual justifica que en la política estatal se incorpore la remineralización como un componente.

Cuadro 4. Distribución porcentual de la Capacidad de Intercambio Catiónico de los suelos del estado de Chiapas

Clase	Área	%
CIC NIVEL BAJO: 5 -15 CIC (mol (+) kg -1)	1,233,776.03	16.8382342
CIC NIVEL MEDIO: 15 - 25 CIC (mol (+) kg -1)	2,627,873.63	35.8644929
CIC NIVEL ALTO: 25 - 40 CIC (mol (+) kg -1)	3,364,030.12	45.9113531
CIC NIVEL MUY ALTO > 40 CIC (mol (+) kg -1)	101,549.52	1.38591978
TOTAL	7,327,229.30	100

Las sustancias húmicas desempeñan un papel importante en la formación del complejo de cambio. Destacan múltiples interacciones de los variados complejos que se forman. Lo más relevante es que en la interacción y adsorción de las sustancias húmicas con las arcillas, conforme se logra la estabilización del suelo se previene la degradación. Esto es la base de la estructura de los agregados del suelo, la base de la retención y disponibilidad de nutrimentos en el suelo. En suelos con pH entre 6 y 8 la materia orgánica contribuye a la CIC entre 40 y 50 por ciento.

2.2 Calidad del suelo

La calidad del suelo se concibe como un grupo de atributos del suelo que se seleccionan bajo conceptos lógicos para integrar un mínimo de propiedades que describan el proceso integral de degradación-restauración. La calidad del suelo es un indicador de sustentabilidad y de la capacidad de producir bienes y servicios, además de cumplir funciones ecosistémicas.

Las variables que se utilizan para describir el proceso de la productividad deben ser independientes. La calidad del suelo trata de que el recurso suelo desempeñe el rol regulatorio en el ambiente, lo cual exige que el suelo mantenga interacciones físicas, químicas y biológicas que garanticen un medio para el desarrollo de los cultivos, desempeñe la regulación del flujo de ciclos biogeoquímicos y del agua, además de ser un recurso natural duradero. Calidad del suelo es un concepto de los científicos, que equivale a salud del suelo en el bagaje de los productores.

En opinión de Doran (*et al.* 1994), la calidad del suelo es concebida en función de tres componentes: (1) la capacidad de un suelo para promover la productividad del sistema, sin deteriorar sus propiedades físicas, químicas y biológicas; esto significa

productividad biológica sustentable; (2) la capacidad del suelo para atenuar contaminantes ambientales y patógenos; refiere la calidad ambiental, y (3) la interrelación entre calidad del suelo y la salud de plantas, animales y humanos, que significa salud de plantas y animales. Esta conceptualización conduce a comprender que la calidad del suelo es la capacidad para funcionar dentro de los límites de un ecosistema, en el caso de la agricultura, del agroecosistema. Y su capacidad de interacción de manera positiva con su ambiente externo.

Agronómicamente la calidad de un suelo es la capacidad que este tiene para producir cultivos sanos y nutritivos en forma sustentable, además de promover la salud humana y animal sin deterioro de los recursos naturales.

2.2.1 Indicadores de calidad del suelo

Los indicadores utilizados para el proceso de evaluación de suelos deben ser robustos, no necesariamente exhaustivos. Los indicadores deben permitir medir cambios de las características del sistema en el periodo considerado para la evaluación. Por ejemplo, parámetros que prácticamente no cambian con el tiempo. En este sentido, el porcentaje de arcilla en el suelo no puede usarse como indicador. Variables como el contenido de materia orgánica cambian con el tiempo y reflejan procesos como la erosión o la capacidad de retención de agua, por lo que pueden ser un buen indicador.

Los indicadores de calidad del suelo pueden estar constituidos por una sola variable, pero también por la relación entre variables, como el índice estructural del suelo; esto significa que un índice puede ser un indicador.

La importancia de utilizar indicadores es disponer de herramientas para describir aspectos importantes de la sustentabilidad respecto de una decisión o conjunto de decisiones. Hay que destacar que se pueden construir indicadores de calidad del suelo a diferentes escalas: nacional, regional y a nivel parcelario o sitio específico.

Como indicadores de calidad del suelo se han propuesto propiedades físicas, químicas y biológicas, destacando procesos y características que pueden ser medidos para monitorear los cambios que ocurren en el suelo. Para el manejo orgánico proponemos los siguientes indicadores.

Indicadores físicos. Son propiedades que revelan la manera en que se recibe, retiene y proporciona el agua a las plantas, así como limitaciones para el crecimiento de raíces, emergencia de plántulas, infiltración y movimiento del agua dentro del perfil del suelo. Se pueden citar: estructura, profundidad, infiltración, densidad aparente, capacidad de retención de agua, compactación, porosidad, conductividad hidráulica, estabilidad de agregados, resistencia a la erosión, pendiente, y otros.

Indicadores químicos. Son propiedades que influyen en la relación suelo-planta, calidad del agua, capacidad amortiguadora del suelo y disponibilidad de nutrimentos para

las plantas y microorganismos. Destacan: pH, conductividad eléctrica, contenido nutricional (por ejemplo, N-P-K extractables, materia orgánica, carbono orgánico total y lábil), capacidad de intercambio catiónico (CIC), capacidad de adsorción de fosfatos y contenido de micronutrientes disponibles, entre otros.

Indicadores biológicos. Se relaciona con la biología del suelo que realiza una variedad de funciones. Destaca la descomposición de la materia orgánica, el reciclaje de nutrientes, la asociación con plantas, la degradación de residuos tóxicos, el control biológico de plagas y enfermedades, la formación de estructura del suelo, control de la disponibilidad nutricional, activación de los ciclos biogeoquímicos. Se pueden utilizar como indicadores biológicos: biomasa microbiana, poblaciones de lombrices, carbono (C) y nitrógeno (N) de la biomasa microbiana, materia orgánica, fijación biológica de Nitrógeno, Nitrógeno potencialmente mineralizable y otros.

La propuesta de manejo que aquí se desarrolla concibe la calidad del suelo como la capacidad de funcionar dentro de los límites ecológicos y de interactuar de manera positiva con el ambiente externo al ecosistema. El enfoque que se propone busca la sustentabilidad agronómica, que se concibe como la capacidad de mantener la productividad agrícola de un terreno; la sustentabilidad ecológica, que refiere la capacidad de mantener la calidad ambiental; la sustentabilidad económica está dimensionada para que a nivel de las unidades de producción se tenga solvencia económica, mientras que a nivel de país nuestros sistemas de producción compitan en los mercados.

3. PROPUESTA TECNOLÓGICA

La presente propuesta fomenta la innovación en la productividad agrícola atendiendo a los factores de la producción, donde destacan: (a) uso de materiales de genética rústica; (b) clima; (c) restauración de la fertilidad física, química y biológica del suelo; (d) restauración de la materia orgánica y la biología del suelo; (e) fertilización racional al suelo y complementaria vía foliar, y (f) manejo del cultivo mediante el uso de energía de baja frecuencia.

Considerando el cambio climático como un escenario para la producción de alimentos, donde destaca el incremento de la temperatura ambiental, la evaporación y la precipitación, entre otros, hemos desarrollado una propuesta tecnológica que atiende los factores limitantes de la producción, por lo que se promueven innovaciones agronómicas, que se describen a continuación.

1. **Genética.** Aquí destaca la alternativa de utilizar materiales rústicos con el propósito de adaptarse al cambio climático.
2. **Clima.** Tomando como referencia elementos como la radiación solar, la humedad relativa y la temperatura ambiental se propone impulsar prácticas de densidad de población que optimicen la tasa fotosintética.

Para el caso de Chiapas, reconociendo la vulnerabilidad de las regiones del trópico húmedo, como el caso de las zonas cafetaleras, susceptibles al paso de tormentas y ciclones tropicales que han contribuido a la lixiviación de los suelos, se fomenta un proceso de remineralización de suelos haciendo uso de minerales secundarios no metálicos.

- 3. Suelo.** Concebido como un medio compuesto por tres fases: sólida, líquida y gaseosa, que influyen en el almacenamiento de agua y suministro de nutrientes, bajo esta concepción se atienden factores de la producción con innovaciones como las que se describen a continuación.

3.1 Diagnóstico nutrimental

El análisis de suelos representa una herramienta para diagnosticar la oferta de nutrientes en la solución del suelo, que al relacionarlos con el rendimiento meta e integrándolos con información de campo permiten diseñar la estrategia de abonadura. Se fomenta un muestreo de suelos por regiones. Los análisis de suelos se trabajan por dos enfoques: (1) el método tradicional, cuyo análisis recomendamos se realice en laboratorios que apliquen los procedimientos establecidos en la norma oficial mexicana NOM-021-RECNAT-2000, que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos: estudios, muestreo y análisis, y (2) analizando la composición elemental del suelo por espectrometría de rayos X, dispersión (EDS) y fluorescencia (XRF) acopladas a microscopía electrónica de barrido. Esto permite el manejo de aspectos como:

3.2 Manejo de la reacción del suelo

En la rizosfera, zona de contacto del suelo y la raíz, el pH disminuye por las excreciones de la raíz producto de la actividad microbiana. Así la formación de ácidos orgánicos por la raíz abate el pH de esta zona. En circunstancias como el ejemplo de Chiapas, las condiciones de alta pluviometría explican cómo el agua disuelve las bases solubles que por lixiviación se pierden del perfil del suelo; otra fuente de remoción de nutrientes son los cultivos.

3.3 Remineralización del suelo

Este método utiliza materiales pétreos para incrementar la fertilidad del suelo; se aplican minerales procedentes de la molienda de rocas, con una malla fina para mezclarlos al suelo, utilizando minerales no metálicos. Al remineralizar el suelo se devuelven los minerales que se han extraído durante muchos años (agricultura intensiva) y se devuelve el equilibrio al mismo, lo que permite que este sea más saludable, tenga una mayor diversidad de nutrientes, mejorando la calidad de los productos. Al mismo tiempo, al tener todos los nutrientes necesarios para el cultivo, mejora su sistema inmunológico.

De esa forma se vuelve más resistente al ataque de plagas y enfermedades; es decir, se promueve la resistencia sistémica inducida, particularmente con el uso del silicio.

3.4 Diseño de dosis de abonadura sustentable para incorporar al suelo

Con base en el análisis de suelos y en el rendimiento que se propone en el manejo agronómico, se formula la dosis de abonadura de los minerales secundarios no metálicos, así como de la cantidad de materia orgánica mínima a aplicar y los microorganismos que deben inocularse.

3.5 Incremento de la Capacidad de Intercambio Catiónico mediante el uso de sustancias húmicas

Considerando los resultados del análisis de suelos, el incremento de la CIC como una estrategia para incrementar la eficiencia de absorción nutrimental es clave, por lo cual el compostaje debe alcanzar un nivel de humificación previo a su incorporación al suelo, además de utilizar minerales no metálicos, como zeolitas.

3.6 Restauración de la materia orgánica del suelo

Estrategia dirigida a mejorar el hábitat de la fauna edáfica, el almacenamiento de agua y la eficiencia de aprovechamiento de los minerales secundarios no metálicos, al efficientar la solubilización de ellos.

3.7 Restauración de la biología del suelo

Se propone que para iniciar la restauración de la biología del suelo se incorpore un consorcio microbiano con la biología de los ecosistemas donde se encuentra la biología nativa de los agroecosistemas que son de interés, además se incorporen cepas procedentes de laboratorio. El consorcio microbiano debe ser tratado con energía de baja frecuencia para estimular a los microorganismos; se recomienda que el consorcio, además de los microorganismos procedentes de diferentes ecosistemas, incluya las especies siguientes:

Azospirillum brasilense. La capacidad de *Azospirillum* para estimular el crecimiento de las plantas no leguminosas ha promovido numerosos estudios sobre la ecología, fisiología y genética de esta bacteria, los cuales hoy abundan en la literatura. Del género *Azospirillum* actualmente se reconocen seis especies. *A. lipoferum* y *A. brasilense* son las más estudiadas. Etimológicamente, *azote* significa nitrógeno; *spirillum* quiere decir pequeña espiral; *Azospirillum* significa pequeña espiral de nitrógeno.

Una bacteria del suelo debe sobrevivir a las múltiples interacciones con la comunidad microbiana antes de que ocurra cualquier interacción con las raíces de la planta.

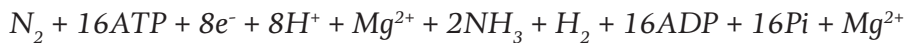
Azospirillum brasilense se encuentra en el suelo en forma libre o asociada con las raíces de las plantas. La asociación con las raíces se desarrolla por varios procesos, a saber: (a) quimiotaxis; (b) reconocimiento; (c) adsorción, y (d) colonización e infección de la raíz.

Las investigaciones existentes revelan diversas interacciones en la comunidad microbiana. Por ello la inoculación con *Azospirillum* sp. se orienta en dos vertientes: (a) la inoculación de *Azospirillum* con otros microorganismos de la rizosfera (*Rhizobium*, hongos micorrízicos y *Pseudomonas*), y (b) la inoculación en plantas.

El ciclo del nitrógeno en el suelo se compone de cinco fases: (1) mineralización; (2) nitrificación; (3) desnitrificación; (4) fijación, y (5) inmovilización. *Azospirillum brasilense* tiene la capacidad de participar en dos reacciones importantes: (a) fijación de nitrógeno atmosférico, y (b) desnitrificación.

En el proceso de fijación biológica de nitrógeno, el N_2 se reduce a amoníaco, la bioquímica de la fijación supone la transferencia de átomos de hidrógeno de los glúcidos al nitrógeno, donde el responsable de la transferencia es la enzima nitrogenasa. Consta de dos componentes: (a) el componente menor (componente II), posee dos subunidades y contiene cuatro átomos de hierro en total (dinitrogenasa reductasa o proteínas de Fe), y (b) el componente mayor (componente I) consta de cuatro moléculas de proteína con 24 átomos de hierro; posee un pequeño cofactor que contiene dos átomos de molibdeno (dinitrogenasa o proteína Mo-Fe).

En la transferencia de átomos de hidrógeno hasta el transporte activo de electrones, los protones o núcleos de hidrógeno pueden soltarse y capturarse libremente a través del medio acuoso de la célula. Los electrones procedentes de los glúcidos son donados primero al componente II y luego al componente I, donde ocurre la verdadera reducción del nitrógeno. El funcionamiento de ambos componentes requiere energía que se proporciona en forma de adenosintrifosfato (ATP).



La ecuación anterior corresponde a la fijación de nitrógeno catalizada por nitrogenasa; cuando *Azospirillum* sp. se encuentra dentro de la planta el principal sitio de la fijación de nitrógeno es el xilema de la raíz debido a la baja presión de oxígeno.

La energía recibida por la bacteria se ubica en el carbono que proviene de las raíces en forma de azúcares y ácidos orgánicos, suficientes para una fijación significativa de nitrógeno. De 10 a 20% del carbono fijado y transformado en la hoja es aprovechado por *Azospirillum* sp. El nitrógeno fijado no es inmediatamente transportado hacia la parte aérea de la planta, sino retenido por la bacteria en el suelo o en la raíz por un tiempo.

Los resultados experimentales de numerosas investigaciones indican que la inoculación de *Azospirillum* en las plantas tiene resultados en varios aspectos:

(1) incrementa la acumulación de materia seca en partes vegetativas y reproductivas; (2) se promueve el crecimiento, al estimular la raíz, aparición de raíces laterales y pelos absorbentes, así como incrementar el diámetro de la raíz, por lo que se incrementa la nutrición; (3) aumenta el contenido de nitrógeno en la planta; (4) *Azospirillum* sp. produce sustancias reguladoras de crecimiento: ácido indolacético, giberelinas, citocininas en la zona radical, y (5) en algunos casos actúa en el control biológico de patógenos.

Las experiencias de inoculación con *Azospirillum* sp. arrojaron un incremento en: (1) la germinación; (2) el desarrollo y tamaño de la planta; (3) en el rendimiento; (4) en el contenido de nitrógeno, fósforo y calcio en el tejido vegetal, y (5) mejora las condiciones del suelo.

***Azotobacter* sp.** Es una bacteria aerobia de vida libre. Participa en la fijación biológica de nitrógeno y en la solubilización de fósforo. Sintetiza sustancias promotoras del crecimiento, como vitaminas y hormonas de crecimiento.

Micorriza arbuscular *Glomus intraradices*. El término micorriza se deriva de los vocablos griegos *mikes*, que significa hongo, y *rhiza*, que significa raíz.

En la naturaleza se reconocen seis tipos de micorrizas: (1) micorriza arbuscular; (2) ectomicorriza; (3) micorriza orquideoide; (4) micorriza ericoide; (5) micorriza monotropoide, y (6) micorriza arbutoide. La presencia de uno u otro tipo se da en función de aspectos ecológicos como el clima, contenido de fósforo y nitrógeno en el suelo, y especificidad hacia algunas familias de plantas. De los seis tipos de micorrizas conocidos, por el interés agrícola, hortícola, frutícola y forestal destacan dos: (1) micorriza arbuscular, y (2) ectomicorriza.

En las micorrizas arbusculares aparecen dos fases del sistema micelial: (1) un micelio interno en la corteza de la raíz de la planta, y (2) el micelio externo en el suelo, que se extiende de manera radial y tridimensional alrededor de la raíz hospedera. Este desarrollo se produce mediante las hifas exploradoras primarias, que se ramifican, originando hifas exploradoras de órdenes superiores. El grosor de las hifas disminuye según aumenta el orden. Las hifas exploradoras de orden secundario y superior forman unas ramificaciones cortas que a su vez se ramifican de manera dicotómica, son estructuras ramificadas de absorción.

Los niveles de población de micorrizas arbusculares y las especies que se encuentran en un ecosistema son variables. Están influenciados por las características de la planta hospedera y por un gran número de factores ambientales, entre ellos: (1) temperatura; (2) luz; (3) disponibilidad de nutrientes, en particular de fósforo; (4) pH; (5) humedad del suelo; (6) presencia de otros microorganismos; (7) aplicación de fertilizantes, y (8) salinidad del suelo.

Existen interacciones recíprocas entre los hongos micorrízico arbusculares y otros microorganismos del suelo. Las interacciones pueden ser de dos tipos: (1) sinérgicas, se conoce que los hongos micorrízicos ayudan al crecimiento de varios grupos de bac-

terias fijadoras de N, promotoras del crecimiento de plantas y solubilizadoras de fósforo; también se conocen hongos saprofiticos que se desarrollan mejor en presencia de micorrizas, y (2) antagonistas, muchas interacciones negativas de las micorrizas suceden con hongos patógenos de plantas y nematodos; algunos de estos pueden impedir el crecimiento de las micorrizas; las micorrizas evitan que varios patógenos de las plantas se desarrollen.

El principal mecanismo de acción de las micorrizas es el aumento del volumen del espacio de suelo disponible para la planta. Las micorrizas arbusculares que colonizan las raíces de las plantas forman una extensa red tridimensional de micelio en el suelo, con lo cual aumentan la relación superficie/volumen del sistema radical. Al explorar un mayor volumen de suelo, las hifas del hongo llegan a nutrientes poco móviles en el suelo. Es el caso del fósforo: lo transloca directamente a la planta hospedera, con lo que aumenta la adquisición de nutrientes y agua para el hospedero.

Existen tres hipótesis para explicar la manera en que las micorrizas eficientizan la disponibilidad fósforo para la planta hospedera: (1) interacción entre el hongo y bacterias solubilizadoras de fósforo; (2) producción de fosfatasa por el hongo, y (3) producción de ácidos orgánicos por las micorrizas que solubilizan el fósforo.

Los resultados de las numerosas investigaciones sobre la inoculación de micorrizas a plantas hospederas indican bondades como: (1) transporte y solubilización de minerales, además de estimular el desarrollo de la planta hospedera al producir hormonas promotoras del crecimiento para la planta; (2) proporcionan protección a metales pesados y contaminantes del suelo; (3) confieren mayor resistencia patógenos, temperaturas adversas, pH del suelo adversos y salinidad, y (4) aporte de fósforo a la planta hospedera.

Hongos entomopatógenos. Los hongos entomopatógenos causan la muerte del insecto plaga debido a una deficiencia nutricional, invasión y destrucción de tejidos y liberación de toxinas. La patogenicidad está influenciada por varios factores en interacción, además de la capacidad del hongo para matar un hospedero. La patogenicidad depende de los mecanismos de defensa de hospedero y las condiciones ambientales.

Trichoderma harzianum. Muchas especies de *Trichoderma* hoy en día se utilizan como agentes de biocontrol de hongos fitopatógenos. Bajo condiciones de laboratorio, en medio de cultivo con agar, se caracteriza por presentar tonos de color verde, verde-amarillento. Algunos micelios presentan un olor a coco. Visto al microscopio parece un árbol pequeño.

Trichoderma está ampliamente distribuido en todo el mundo, propiamente en todos los suelos y ecosistemas naturales con alto contenido de materia orgánica. Se ha observado que cuando existen condiciones secas en el suelo por largos periodos de tiempo, las poblaciones del hongo decrecen.

Los numerosos trabajos de investigación revelan que *Trichoderma* se ha utilizado para el manejo de enfermedades inducidas por hongos patógenos. Por ejemplo: (1)

control de “oidio” (*Sphaeroteca pannosa*); (2) control de *Fusarium oxysporum*; (3) manejo de *A. solani*, *F. oxysporum*, *S. rolfsii* y *M. phaseoli*; (4) control de “escoba de bruja” (*Fusarium spp*); (5) podredumbre de pimiento *Phytophthora capsici*; (6) control de *Sclerotium rolfsii*; (7) control de *Botrytis cinérea Pers*; (8) control de *Sclerotium rolfsii*, y (9) control contra *F. oxysporum* y *t* (Tucker).

También se reportan efectos de *Trichoderma spp.* en la promoción de desarrollo de las plantas, atribuible a: (1) tiene habilidad de colonizar cerca de las raíces e impedir el daño de los patógenos, y (2) produce sustancias promotoras y estimuladoras del crecimiento, aunque no se ha esclarecido qué sustancias son, ni cómo actúan.

Beauveria bassiana. El hongo en el cultivo puro a una edad de 21 días presenta un micelio de aspecto algodonoso de color blanco y tiene una esporulación abundante de color crema. El micelio se ramifica formando conidióforos simples e irregulares que terminan en vértices en forma de racimos el conidióforo es abultado en su base, sufriendo un adelgazamiento en el área donde se insertan los conidios los cuales son globosos. La cantidad de conidios aumenta en el transcurso del tiempo; a los doce a 15 días de edad, la colonia presenta abundante esporulación de color crema; la temperatura óptima para su crecimiento micelial se encuentra desde una mínima de 10°C y máxima de 30°C.

Metarrhizium anisopliae. El proceso de infección a un hospedero ocasionado por un hongo entomopatógeno como *Metarrhizium anisopliae* puede ser separado en tres fases: (1) adhesión y germinación de la espora sobre la cutícula del insecto; (2) penetración en la cutícula, y (3) desarrollo del hongo.

Bacillus spp. Se utiliza como inductor de resistencia sistemática. En las plantas la resistencia inducida es el tipo de resistencia que aparece después de que las plantas han sido inoculadas con varios agentes bióticos o previamente tratados con varios agentes químicos o físicos.

Las sustancias extracelulares segregadas por las bacterias tienen una acción inhibitoria y pueden funcionar de igual forma que los antibióticos, ya que son capaces de penetrar en las plantas a través de las hojas, raíces, tallo, pero tienen un periodo determinado de acción y no se reproducen.

Casi todas las especies de *Bacillus* son saprófitas; están ampliamente distribuidas en la naturaleza, particularmente en el suelo, polvo, agua y materiales de origen animal y vegetal. Está ampliamente estudiado que varias especies de *Bacillus* son útiles para el control biológico de una amplia gama de microorganismos fitopatógenos. Un método alternativo para inducir la activación de las defensas de la planta es a través de microorganismos no patógenos, estrategia conocida como resistencia sistémica.

3.8 Nutrición mineral complementaria

La atención de las necesidades nutricionales de micronutrientes y elementos benéficos se realiza mediante la fertilización foliar, teniendo como referencia las necesidades de los cultivos, así como atender situaciones de estrés, particularmente bajas temperaturas y sequías. La fertilización foliar deriva del análisis de suelos y comprende la incorporación vía foliar de insumos, como:

- a. sustancias húmicas;
- b. aminoácidos, y
- c. minerales: Cu, Zn, Mn, Fe, Mo, B, Mg, Si, Se y Ni, principalmente.

3.9 Manejo de plagas

Se fomenta el uso de microorganismos entomopatógenos como agentes de control de plagas aéreas, donde los hongos entomopatógenos ocasionan una reducción de la población del insecto plaga, invadiendo la cutícula del insecto y causando la muerte de este por daño mecánico y desnutrición; los insectos infectados son el nuevo foco de infección para los individuos de la población plaga. Para las plagas aéreas se impulsa el fortalecimiento del sistema inmunológico mediante la fertilización foliar que incluye silicio, además de la incorporación de minerales no metálicos ricos en silicio, los cuales son en el suelo.

3.10 Energía de baja frecuencia

Se parte de que el electromagnetismo es una fuerza en la naturaleza. Su manifestación es en los campos magnéticos. En la naturaleza los campos magnéticos aceleran partículas; el campo magnético terrestre protege como si fuera una pantalla o calcomanía al planeta Tierra de la radiación cósmica de alta energía, permitiendo la vida. Se promueve el uso de energía de baja frecuencia mediante un campo magnético.

Los campos magnéticos superiores al campo magnético terrestre (de flujo de unos 30 microtesla) producen efectos sobre los organismos vivos. Ello explica que las semillas tratadas germinen con mayor intensidad una vez que se han atendido las condiciones de humedad, temperatura, luz, oxígeno. Se recomiendan 24 horas como tiempo de exposición en campos magnéticos de baja frecuencia, por arriba de 150 microtesla, lo cual incide en la bioquímica de la semilla. Por ejemplo, se incrementa la actividad de la alfa amilasa, aumentando la producción de giberelinas y la enzima hidrolítica fosfatasa ácida.

Para realizar la energización de semillas, los insumos que se formulan, así como la ionización del agua, se diseñan dispositivos que emiten energía de baja frecuencia, son portátiles y de fácil utilización en campo.

4. CONCLUSIONES

En México se cuenta con un uso agrícola de temporal y riego. A partir de los sesenta del siglo pasado la agricultura recibió innovaciones como: variedades productivas derivadas del mejoramiento genético, uso intensivo de fertilizantes y plaguicidas de síntesis química, entre otros componentes del modelo conocido como Revolución Verde, que hoy se manifiesta en suelos degradados con baja productividad, los híbridos de maíz han agotado su potencial de incrementar los rendimientos y la escasez alimentaria persiste.

El reto en la actualidad es impulsar estrategias orientadas a: (a) reducir emisiones de carbono; (b) garantizar la alimentación a la población; (c) restaurar los agroecosistemas, en particular del recurso suelo, así como los ecosistemas en general, y (d) erradicar la pobreza, en particular en el sector rural. En este paradigma emergente los suelos se conciben como un ecosistema vivo donde ocurren ciclos biogeoquímicos, biológicos y físicos. Estos sistemas tienen la función de regenerar y restaurar la fertilidad del recurso suelo, la cual se consume permanentemente por las plantas que ahí se desarrollan; además ocurre la mitigación de Gases de Efecto Invernadero. El planteamiento es que los suelos agrícolas deben ser de alta calidad y deben funcionar de una manera similar a los ecosistemas naturales; esta propuesta se orienta a la biomimesis.

Este planteamiento de ecointensificación agrícola, si se maneja apropiadamente, no daña al ambiente. La experiencia obtenida en campos de productores agrícolas es que la productividad puede incrementarse combinando las prácticas agrícolas tradicionales con las técnicas agrícolas modernas. La intensificación agrícola es deseable y puede ser sustentable en zonas de vulnerabilidad y deterioro ambiental, bañadas de pobreza, lo que exige un enfoque participativo para el desarrollo de la agricultura y la difusión tecnológica.

Es factible que una estrategia nacional de estas características ayude a solucionar problemas de pobreza, de inseguridad alimentaria, de deterioro ambiental y de impulso a la producción agrícola.

Sostenemos que el manejo de los recursos naturales puede lograr incrementos sustentables en la productividad de las zonas cafetaleras de manejo orgánico tradicional y de alta vulnerabilidad a los riesgos naturales como tormentas y ciclones tropicales.

Este ejercicio que se presenta debe ser parte del diseño de un programa de la política pública para el manejo de los recursos naturales con un enfoque participativo, con base en innovaciones tecnológicas para la agricultura orgánica tradicional con insumos seleccionados para alcanzar la alta productividad. Ello requiere la cooperación entre los diferentes niveles de gobierno, las organizaciones sociales, las Organizaciones No Gubernamentales, las universidades, la comunidad científica y técnica, así como la sociedad civil.

La invitación es a dejar de copiar la investigación y la extensión agrícola de las naciones industrializadas; el Estado mexicano debe asumir su responsabilidad por adquirir modelos de desarrollo ajenos a nuestras condiciones; requerimos de una política nacional de reconversión agrícola que permita a los pequeños agricultores mexicanos agregar valor a sus productos, participar en la soberanía alimentaria. Para ello tiene que haber formas de asociación, infraestructura, investigación científica, extensionismo rural, además de búsqueda de mercados. Tenemos una responsabilidad conjunta los técnicos, el gobierno y los pequeños agricultores, pero no vemos que esa responsabilidad se esté asumiendo: ni siquiera se comprende la propuesta, aunque las consecuencias de no hacer una reconversión productiva son fáciles de comprender.

Un sistema de soluciones acabado y desarrollado que aporta resultados contundentes para la producción de granos básicos se basa en la integración de acciones dinámicas de vinculación universitaria y prácticas agroecológicas, donde destacan: (1) rescate del conocimiento campesino combinado con las aportaciones de la sociedad del conocimiento; (2) diagnóstico de la fertilidad del suelo; (3) aprovechamiento intensivo del potencial genético del maíz; (4) la remineralización del suelo; (5) restauración de la materia orgánica del suelo; (6) restauración de la biología del suelo; (7) manejo adecuado y suplementario de fertilizantes químicos; (8) complementación nutrimental con fertilizantes foliares; (9) manejo de malezas; (10) manejo de plagas y enfermedades, y (11) prácticas de conservación de suelo y agua.

Estas prácticas, sustentables en todas sus fases, constituyen el eje de la propuesta de capacitación, investigación y transferencia de tecnología para atender, restaurar y mantener la productividad de los suelos en México, así como para garantizar el cultivo integral de maíz y otros granos básicos.

BIBLIOGRAFÍA

- Benmostefa, F. Z., 2006. Estimating soil contamination with Kriging interpolation method. *American Journal of Applied Sciences* 3(6): 1894-1898
- Burrough P. A., Me Donnell, R. A., 1998. Principles of geographical information system. Oxford University. 333 p.
- Carvajal, J. F., 1984. Cafeto: cultivo y fertilización. Instituto Internacional de la Potasa. Berna, Suiza.
- Cepeda D. J. M., 1991. Química de suelos. Trillas. México.
- Chen, Y. and Aviad, T., 1990. Effect of humic substances on plant growth.
- Doran, J. W.; Coleman, D. C.; Bezdicek, D. F. and Stewart, B. A., 1994. Defining soil quality for a sustainable environment. SSSA. Special publication 35. SSSA/ASA. Madison, Wisconsin, USA. 244 p.
- Fassbender W. H. y Bornemisza E., 1987. Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. Servicio Editorial IICA. San José Costa Rica.
- García, R. R., 2000. Fertilizantes de uso especial: quelatos, aminoácidos, ácidos húmicos, correctores de salinidad. Tecnología para cultivos de alto rendimiento. Alarcón, A. L. (coordinador). Novedades Agrícolas S. A. España.
- Labrador, M., J., 1996. La materia orgánica en los agroecosistemas. Ministerio de agricultura, pesca y alimentación. Madrid, España.
- Ramirez, S. F y Sustaita R. F., 1991. Efecto de dos ácidos húmicos comerciales (Humitron y Carbo-vit) y un extracto de estiércol sobre el rendimiento de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench.) bajo condiciones de invernadero. Tesis profesional. Departamento de Suelos. UACH. México.
- Tlatempa, L. M., 2001. Efecto de nitrógeno y ácidos húmicos sobre tomate de cascara en hidroponía. Tesis profesional. Departamento de suelos UACH. México.

VII. SISTEMAS DE CAPTACIÓN Y USO INTEGRAL DEL AGUA

SAMUEL ESCOBAR VILLAGRÁN

1. INTRODUCCIÓN

Cada vez es más evidente que el uso actual, el desarrollo y la gestión de los recursos hídricos del planeta y de los servicios que se prestan son insostenibles. El uso del agua ha aumentado a más del doble de la tasa de crecimiento de la población en el siglo pasado, y aunque a nivel mundial no hay escasez de agua como tal, un número creciente de regiones se enfrentan a una escasez crónica de agua (www.fao.org/post-2015-mdg/es).

El agua es un factor determinante en todos los aspectos del desarrollo social, económico y medioambiental, y por tanto debe ser un ámbito fundamental de cualquier política para la erradicación de la pobreza, la seguridad alimentaria, la resiliencia ante los desastres naturales y de origen humano, y el desarrollo sostenible mundial.

El agua se ve afectada por una serie de factores externos tales como el desarrollo económico, el cambio de estilos de vida y patrones de consumo, una creciente y móvil población mundial, el cambio climático y los cambios tecnológicos y sociales.¹

La agricultura, en general, y la agricultura de riego en particular, son actividades que han cambiado significativamente tanto el paisaje de nuestro planeta, como alterado muchos de los delicados ecosistemas que existían antes del desarrollo humano que se viene dando en los últimos 10 000 años. Sin embargo, el desarrollo de las comunidades, las comunicaciones, la industria y la consiguiente generación de energía y la agricultura, particularmente la altamente tecnificada y de riego, alcanzan un crecimiento de características exponenciales en los últimos 100 o 150 años, de los cuales los últimos decenios son los más preocupantes.

Esta situación se interpone en la transición hacia el desarrollo sustentable, entendido como un desarrollo que permita satisfacer las necesidades de la presente generación, pero sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer, de manera similar, sus propias necesidades.² Solucionarla requiere mucho más que un esfuerzo tecnológico o de inversión, ya que este desarrollo sustentable considera tres características: debe ser socialmente aceptable, económicamente viable y ambientalmente responsable. Por otra parte, la dimensión del problema requiere una progresiva

¹ *Manual de Captación y Aprovechamiento del Agua de Lluvia*. Oficina Regional de la FAO para América Latina y El Caribe. Experiencias en América Latina Serie: Zonas Áridas y Semiáridas Núm. 13, 2000.

² Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo y el Ambiente, comúnmente conocida como Cumbre de Río de Janeiro, que tuvo lugar en 1992.

implantación de una cultura de utilización racional de los recursos naturales que impacte a la población en su conjunto y que sustituya a la actual cultura del desperdicio, la no valoración y el no pago.

El rápido crecimiento de la población junto con la industrialización, la urbanización, la intensificación agrícola y las formas de vida, está dando por resultado una crisis global del agua. Cerca del 20% de la población mundial no tiene acceso al agua potable segura, mientras que 50% carece de un sistema seguro de saneamiento del agua. El abatimiento de los acuíferos se ha extendido considerablemente y causa serios problemas tales como la escasez de agua e intrusión salina.

La contaminación del agua potable de los ríos, lagos y almacenamientos superficiales, son problemas comunes en el mundo. La OMS (Organización Mundial de la Salud) indica que la contaminación mata a 3 millones de niños por agua insalubre y aire impuro. El 86% de las aguas residuales urbanas de América Latina y el Caribe y el 65% de las de Asia, se vierten sin tratar en ríos, lagos y mares.³

La agricultura bajo riego está limitada en las regiones áridas y semiáridas por la escasa disponibilidad de recursos hídricos y por la factibilidad económica de las obras, muchas veces costosas. En América Latina y el Caribe, sólo el 10% de la agricultura cuenta con sistemas de riego. Los sistemas de captación de lluvia son útiles, por lo tanto, para las mayores extensiones agrícolas, ganaderas y forestales de las regiones áridas y semiáridas.

La circunstancia de que las prácticas y obras de captación de agua de lluvia sean poco costosas, las hace asequibles a los productores rurales de bajos ingresos que predominan en la agricultura de secano de las zonas semiáridas. Por ese motivo, el aumento de rendimientos que pueden generar estas prácticas, debe considerarse no sólo como un medio realista y práctico para obtener el aumento de producción, sino también para lograr el alivio de la pobreza de los productores rurales de esas zonas.

A pesar de estas ventajas, las técnicas de captación de lluvia están poco extendidas entre los productores, lo que fundamenta la importancia de este documento.

La captación de agua de lluvia es considerada como la recolección o cosecha de la escorrentía superficial para propósitos de producción agropecuaria y forestal. Las prácticas de captación de lluvia además aminoran el riesgo de erosión al disminuir la escorrentía libre del agua sobre las tierras.

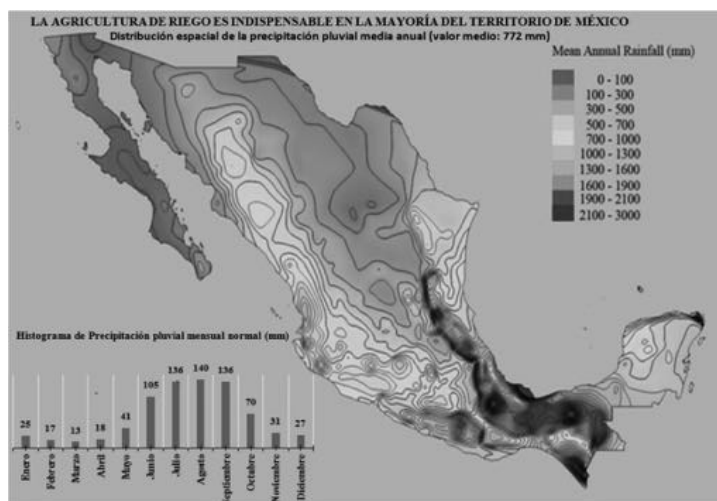
Por todo esto, el recurso agua de lluvia, en el futuro cercano se convierte en un elemento estratégico que debe ser regulado sobre bases claras y sostenibles para satisfacer las necesidades humanas y para usos de agricultura, ganadería y forestería.

³ Anaya Garduño M. Centro Internacional de Demostración y Capacitación en Aprovechamiento del Agua de Lluvia (CIDECALL). Colegio de Postgraduados. 2004.

2. SITUACIÓN HÍDRICA ACTUAL EN MÉXICO

En México, la precipitación pluvial media anual es del orden de 772 mm, sin embargo, y como suele suceder, el agua que se precipita no está distribuida espacialmente de manera homogénea en el territorio nacional, ni en las distintas épocas del año, ya que se tienen variaciones anuales que van desde menos de 100 mm hasta 3 000 mm de lluvia y variaciones en los diferentes meses del año caracterizados como periodos de estiaje con valores de entre 13 mm y 31 mm y periodos de lluvia que van desde 41 mm hasta 140 mm mensuales (Figura 1). En el norte y en algunas áreas del centro del país (40% del territorio nacional), donde la precipitación es escasa y sujeta a sequías recurrentes, se encuentran las zonas árida y semiárida, destacan los problemas vinculados con la baja disponibilidad natural y, por lo tanto, la alta presión sobre el recurso; la sobreexplotación de las aguas superficiales y los acuíferos; la baja eficiencia en la conducción y aplicación del agua en la agricultura de riego, y la vulnerabilidad ante sequías, por sólo mencionar algunos de los más destacados.

Figura 1. Distribución espacial de la precipitación pluvial en México



La presión productiva y la gran concentración poblacional son otras de las condiciones que agravan los problemas del agua en esta gran parte del país; mientras que en las zonas húmedas y subhúmedas, la disponibilidad natural y jurídica del recurso hidráulico no es una limitante para el desarrollo, y el problema radica, fundamentalmente, en la alteración del ciclo hidrológico por la deforestación, que implica erosión y azolvamiento de cauces de ríos, lagos y presas, así como el riesgo de inundaciones y deslaves, y la contaminación por la industria petroquímica y azucarera, principalmente.

Quizá el mayor contraste en esta región es, por un lado, el alto grado de pobreza de su población, consecuencia de muchos factores, y, por el otro, la abundancia de recursos naturales; en particular, la alta disponibilidad del recurso hídrico, prueba fehaciente de que el agua es sólo un prerequisite para el desarrollo de las comunidades.

De toda el agua empleada en la agricultura de riego de nuestro país (unos 61.82 km^3), aproximadamente la tercera parte (20.78 km^3) proviene del subsuelo. En México la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) ha identificado y delimitado 653 acuíferos, habiendo evaluado y publicado en el *Diario Oficial de la Federación* (DOF) la disponibilidad de agua en 2013 y resultando que 106 de ellos están sobreexplotados, es decir se extrae más agua que la recarga media estimada, por lo que los niveles piezométricos se van abatiendo año con año.

Es decir, el régimen de extracciones no puede perdurar indefinidamente, haciéndose necesaria una profundización o reubicación de los pozos de bombeo. La situación es verdaderamente crítica en el Valle de México, así como en los estados como Querétaro, Guanajuato, Sonora, Baja California Sur y Aguascalientes, donde el agua se utiliza preferentemente para fines municipales e industriales.

El problema que se tiene para el desarrollo sustentable es que “algunos expertos opinan que para mantener la seguridad alimentaria se necesitará un incremento del 15 al 20% en la extracción de agua hasta el año 2025, mientras que, —por otro lado,— algunos ambientalistas opinan que para preservar los ya estresados recursos hídricos, las extracciones deberían reducirse por lo menos en un 10% durante el mismo periodo” (Castro *et al.*, 2006).

Dado que muchos de los acuíferos sobreexplotados son una fuente importante, o la única fuente, de abastecimiento de agua a poblaciones, la solución no puede consistir solamente en eliminar los subsidios al costo del agua, así como de la energía utilizada para el bombeo y dejar que las fuerzas del mercado vayan descartando a los usuarios que obtienen menos beneficios por metro cúbico de agua utilizada. Sin embargo, el aumento de las cuotas por el servicio de agua, tanto a usuarios agrícolas, como domésticos —más que los usuarios industriales, que ya tienen cuotas mucho más elevadas— es un imperativo que la sociedad debe afrontar ya.

Existen varias maneras de definir el “estrés hídrico”. La más conocida es la de Falkenmark y Widstrand (1992), quienes utilizaron por primera vez un índice, de acuerdo con el cual una población con más de $1700 \text{ m}^3/\text{hab.}/\text{año}$ no tendrá dificultades de disponibilidad; entre 1700 y $1000 \text{ m}^3/\text{hab.}/\text{año}$ sufrirá periodos de escasez. Si este valor es de menos de $1000 \text{ m}^3/\text{hab.}/\text{año}$, se tendrá escasez de agua y el recurso se convertirá en un factor limitante del desarrollo de las actividades humanas; si se llega a un valor de menos de $555 \text{ m}^3/\text{hab.}/\text{año}$, se tendrá una condición de “escasez absoluta”.

El consumo de agua per cápita en los países desarrollados (entre 500 y 800 litros/día) es ocho veces mayor que en los países en vías de desarrollo (entre 60 y

150 litros/día). En México el consumo directo de agua por persona al día (agua para beber, cocinar, lavar, bañarse, etcétera.) se puede clasificar en básico y habitual, que difieren en el volumen consumido de agua, teniéndose 50 y de entre 300 a 500 litros respectivamente. Es decir, el uso diario promedio por persona de 300 litros equivale a 110 metros cúbicos por año.

De acuerdo con las cifras mencionadas por Falkenmark y Widstrand (1992), la disponibilidad de agua por habitante y por año en el caso, como ejemplo del Valle de México —una de las regiones de México más pobladas del país— es de alrededor de 140 m³ anuales, 30 veces inferior a la disponibilidad media anual del país, pero superior al consumo indicado, se tendrá una condición de “escasez absoluta”.

Cabe aclarar que según FAO (*Information System on Water and Agriculture*, Aquastat. 2008) la disponibilidad media per cápita en México era en 2008 de 4 312 m³/hab./año cifra que pone de manifiesto que no se tendrían problemas de disponibilidad, sin embargo, dicho valor no refleja las diferentes regiones áridas y semiáridas de México donde las disponibilidades de agua per cápita son inferiores a la media nacional y que tienen que ver también con el crecimiento demográfico.

México recibe aproximadamente 1 488 819 hm³ de agua en forma de precipitación al año. De esta agua, se estima que el 71.6% se evapotranspira y regresa a la atmósfera, el 22.2% escurre por los ríos o arroyos, y el 6.2% restante se infiltra al subsuelo de forma natural y recarga los acuíferos.

Tomando en cuenta los flujos de salida (exportaciones) y de entrada (importaciones) de agua con los países vecinos, el país anualmente cuenta con 471 498 hm³ (suma del escurrimiento natural medio superficial total 378 873 hm³ y la recarga media de acuíferos 92 625 hm³) de agua dulce renovable naturalmente disponible. A mediados del año 2013, con una población de 118.40 millones de habitantes, la disponibilidad natural media por habitante se calculó en 3 982 m³ anuales. Esta cifra solo muestra que la disponibilidad natural de agua viene disminuyendo con el tiempo (comparada con la cifra en el año 2008 de 4 312 m³/hab./año ya mencionada en párrafos anteriores), debido principalmente al crecimiento demográfico.

Del total de agua naturalmente disponible, se estima que en el año 2013 se extrajeron de ríos, lagos y acuíferos del país alrededor de 81.65 km³ para los principales usos. De ellos, 63% procede de los escurrimientos superficiales y 37% de los acuíferos. De ese mismo volumen, el uso agrícola representa 76% de la extracción (61.82 km³), seguido por el abastecimiento público con 15% (12 km³) y la industria autoabastecida con 4% (3.3 km³) (Estadísticas del Agua en México 2014).

El agua extraída para uso agropecuario (76 % de la extracción total) es en su mayoría utilizada para el riego de 6.4 millones de hectáreas (3.5 millones de hectáreas se ubican en 85 distritos de riego, y 3.0 millones en 39 492 unidades de riego). Por otra parte, un volumen de 62 km³/año es usado en la irrigación y de este volumen una tercera parte, 21 km³/año, se extrae de acuíferos, por lo que el agua subterránea es de gran importan-

cia para la producción agrícola. Además esta proporción se ha venido incrementando con el tiempo, pues ya no se construyen sistemas de riego gravitacional.

Sin embargo, el riego que depende del agua subterránea se enfrenta a problemas crecientes debido a la sobreexplotación de los acuíferos. Los costos de extracción de agua se han incrementado, ya que los pozos son cada vez más profundos y se requieren motores de mayor potencia y consumos crecientes de energía eléctrica, cuyo costo también ha aumentado.

Las carencias y deficiencias en la tecnología e infraestructura de riego hacen que la eficiencia sea tan solo de 46%, es decir, que 54% del agua asignada para riego regresa al ciclo hidrológico sin ser aprovechada en la agricultura.

La presión sobre los acuíferos se ha incrementado debido a que, además de la extracción excesiva, los volúmenes de infiltración se reducen por la pérdida de zonas de recarga a consecuencia de la deforestación y de los cambios de uso del suelo. Desde 1975 ha aumentado sustancialmente el número de acuíferos sobreexplotados: 32 en 1975, 36 en 1981, 80 en 1985, 97 en 2001 y 106 en 2013. Debido a la sobreexplotación, la reserva de agua subterránea del país se está minando a un ritmo de casi 6 km³/año.

A escala nacional se estima que la recarga de los acuíferos es del orden de 77 km³/año, de los cuales se calculan extracciones de 25.7 km³/año, por lo que éstas equivalen a cerca de 33.3% de la recarga. Empero, esta cifra que aparenta un balance positivo, es un promedio nacional que no revela la crítica situación que prevalece en algunos acuíferos de las regiones áridas, donde el balance es negativo.

Como ya se mencionó, el problema del agua en el país se debe, entre otros problemas, al crecimiento demográfico, la industrialización, la disminución de la disponibilidad del agua potable debido a la contaminación, y al mal uso de este vital líquido por parte de la población.

Poco más de 10 millones de personas ubicadas en zonas rurales y urbanas carecen de agua potable, personas que en muchas ocasiones están ubicadas en comunidades dispersas y con poca población, actualmente existen 139,156 localidades con menos de 100 habitantes y 49,437 localidades que cuentan entre 100 y 2,499 habitantes consideradas como localidades rurales. La población rural es de 30.1 millones de habitantes y de esta población, 7.3 millones de habitantes no tienen cobertura de agua potable.

La población urbana sin cobertura de agua potable es de 2.7 millones de habitantes.⁴ Ocupando los primeros lugares los estados de Veracruz, México, Guerrero, Oaxaca, Chiapas y Puebla. Aún cuando la evolución en cobertura de agua potable a nivel nacional ha mejorado, se tiene problemas de escasez y mala calidad del agua.

⁴ *Estadísticas del Agua en México*, Edición 2014. SEMANART. CONAGUA.

El reconocimiento de estas realidades contrastantes, a escala nacional, obliga a ajustar la política hídrica para cada una de las regiones, aunque los principios de manejo integral del recurso hídrico sean comunes.⁵

Por tal motivo, nuestro país debe resolver diversos retos:

- Mantener un uso equitativo del recurso agua, este punto comprende un abastecimiento a toda la población, manteniendo como objetivo fundamental una buena calidad de la misma,
- Revertir la sobreexplotación de los recursos hídricos,
- Realizar un Manejo Integral de Cuencas, y
- Subsidios para sectores desprotegidos.

Para resolver estos desafíos será necesario considerar un programa permanente de abastecimiento de agua potable para todas las comunidades con el apoyo recurrente del gobierno, a través de subsidios para la construcción de diversos tipos de cisternas, a nivel familiar y a nivel comunitario, y de sistemas de tratamientos de aguas residuales.⁶

Otro aspecto importante se refiere a reforzar los programas de investigación, transferencia de tecnología y organización de productores en lo referente a la utilización racional del agua de lluvia.

El IV Foro Mundial del Agua en México en el 2006 concluyó con la necesidad de construir un enfoque integral para el manejo del agua y recomendó ampliar los usos del agua pluvial en los centros urbanos y rurales. El aprovechamiento del agua lluvia no debería permanecer, como lo es hoy día, una actividad aislada de los programas nacionales y locales, sino convertirse en una estrategia que reafirma el camino hacia la sostenibilidad urbana y rural para la satisfacción de necesidades vitales del conjunto de la población.⁷

3. SISTEMAS DE CAPTACIÓN Y USO INTEGRAL DEL AGUA

Como se mencionó, se considera a la captación de agua de lluvia como la recolección de la escorrentía superficial para propósitos productivos. El aumento de la disponibilidad de agua para cultivos en las zonas áridas y semiáridas puede mejorar los rendimientos de la producción, así como la rentabilidad de esta producción o hacer posible la cosecha en zonas donde no existía esta posibilidad. La disponibilidad de agua para los cultivos

⁵ Carabias J. y Rosalva L. Agua, *Medio Ambiente y Sociedad*, 2005.

⁶ Anaya Garduño M. Centro Internacional de Demostración y Capacitación en Aprovechamiento del Agua de Lluvia (CIDECALL). Colegio de Postgraduados. 2004.

⁷ Pacheco Montes M. *Avances en la Gestión Integral del Agua Lluvia (GIALL): Contribuciones al consumo sostenible del agua, el caso de "Lluviatl" en México*. Revista Internacional de Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo. Año 2008, núm. 3.

podría ser mejorada a través de varios tipos de manejo de plantas, del suelo y del agua, tales como labranza, prácticas conservacionistas, riego y captación de agua de lluvia.⁸

Se conoce una amplia variedad de técnicas sobre captación de agua de lluvia de diferentes fuentes —precipitación, niebla, nieve—, con diferentes técnicas y para diferentes usos. Existen diferentes opiniones sobre cómo considerar una técnica como de captación de agua de lluvia o no. Especialmente existen diferencias entre lo que consideran *captación de agua de lluvia y conservación de agua* y entre captación de agua de lluvia y riego. Hudson (1987), por ejemplo, distingue entre conservación de suelos —labranza, terrazas, bordos y surcos—, conservación de aguas, definida como captar y almacenar agua donde cae —surcos, terrazas y derivación de agua e inundaciones— y captación de agua de lluvia, descrito con énfasis en el almacenamiento de agua para su utilización en otra parte.⁹

Mientras estas diferencias, entre conservación y captación de agua, sirven para describir las técnicas, en las zonas áridas y semiáridas, donde se está practicando la captación de agua de lluvia, se tienen formas permanentemente productivas con conservación de suelos y conservación del agua *in situ*. Una diferencia importante y obvia es que para conservar el agua se requiere prevenir la escorrentía, mientras que las técnicas para captar el agua necesitan un área con alta escorrentía.

Por otra parte, la captación de agua de lluvia puede ser considerada como una forma rudimentaria de riego. La diferencia está en que con la captación de agua de lluvia, el productor no tiene control sobre la oportunidad de la aplicación del agua, ya que la escorrentía superficial puede ser solamente aprovechada cuando llueve. Otra diferencia podría ser que en la captación de agua de lluvia se utiliza solamente el agua que cae localmente, lo que se ve claramente en las *técnicas de microcaptación o captación externa* por bordos y surcos, pero será más difícil de diferenciar cuando se capta agua en embalses o de un caudal subterráneo para utilizar el agua posteriormente.

En el citado estudio del Banco Mundial, se discuten diferentes clasificaciones de los *sistemas de captar agua*, por diferentes autores, según la *f fuente de agua* (ríos, pozos, aguas subterráneas y agua de lluvia o niebla), *tipo de escorrentía* (por techos, dentro del campo, grandes o pequeñas áreas de captación y grandes o pequeños caudales), *tipo de almacenamiento* (tanques, cisternas y el suelo) y *uso principal* (humano, animales, plantas, etcétera). Entonces dentro del estudio se encierran a técnicas de captar agua —de lluvia— para producción de plantas que usan el suelo para almacenar el agua, agrupándolas como:

- Captación de agua en rampas pequeñas (también referido a “microcapta-

⁸ Banco Mundial. 1988. *Water harvesting for plant production*. World Bank Technical.

⁹ *Manual de Captación y Aprovechamiento del Agua de Lluvia*. Oficina Regional de la FAO para América Latina y El Caribe. Experiencias en América Latina. Serie: Zonas Áridas y Semiáridas, núm. 13, 2000.

ción”, “captación dentro del sistema de captación” o “captación de microcuencas”);

- Captación de agua en rampas largas (también referido a “captación externa” o “captación de subcuencas o cuencas”);
- Captación de agua de inundaciones dentro del cauce (solamente corrientes efímeras), y
- Derivación de corrientes para control de inundaciones (de corrientes efímeras a otro lugar).

Según el análisis de la literatura hecho por Reij, *et al.* (1988), existe un consenso general sobre las siguientes características:

- Aunque en teoría se puede utilizar técnicas de captación de agua de lluvia en cualquier lugar del mundo donde haya escorrentía y posibilidades para captar. Las técnicas de captación de agua de lluvia se usan en las zonas áridas y semiáridas donde la escorrentía tiene un carácter intermitente, y en las cuales está integrado el almacenamiento del agua, y
- La captación de agua de lluvia está basada en el uso de la escorrentía, y entonces se caracteriza por tener un área para producir la escorrentía y un área para recibir esta escorrentía.

La mayoría de los sistemas de captación de agua de lluvia, usan el agua captada cerca de donde cae y entonces no incluyen el almacenamiento de agua de ríos en tanques, ni el consumo de aguas subterráneas captada de pozos. Respecto al área de captación, volumen de almacenamiento e inversiones, los sistemas de captación de agua son de relativamente pequeña escala.

Las técnicas de captación de agua de lluvia se clasifican en tres categorías básicas: Microcaptaciones o captación dentro del sistema, Sistemas de Captación Externa y Sistemas de Inundación derivación y distribución (FAO, 1990).

En México, desde hace muchos años, se han practicado los sistemas de *captación de agua de lluvia para uso doméstico y el manejo de escurrimientos superficiales para su almacenamiento* en presas de tierra, estanques, jagüeyes y aljibes, que aún representan la fuente principal de agua en muchos ejidos y ranchos.¹⁰

En resumen, las técnicas o sistemas de captación del agua de lluvia se pueden cla-

¹⁰ Anaya Garduño M. Centro Internacional de Demostración y Capacitación en Aprovechamiento del Agua de Lluvia (CIDECALL). Colegio de Postgraduados. 2004.

sificar en: a) Sistemas de Captación Externos, b) Sistemas de Microcaptación o Captación “In Situ” y c) Sistemas de Colección de Esguerrimiento en Techos. Este último es sobre todo utilizado para propósitos no agrícolas.¹¹

- a) *Los Sistemas de Captación Externos* involucran la colección de agua desde un área grande a una distancia substancialmente lejana del área donde se desarrollará el cultivo. Los tipos de sistemas de captación externa incluyen la Agricultura de Escurrerías, o lo que se conoce como Manejo de Escurrerimientos Superficiales (Anaya, 2002). Éste involucra la colección del escurrerimiento de áreas de laderas en áreas planas, y la cosecha de aguas de inundación dentro de los cauces de corrientes utilizando barreras para desviar el flujo hacia un área adyacente, de manera que se incrementan los volúmenes de agua en el terreno cultivado y el agua infiltrada en el suelo.

El manejo de los escurrerimientos superficiales tiene como objetivo suministrar agua adicional a los cultivos con técnicas de riego por inundación o avenidas, a veces conocido como “derramaderos” y se aplica en valles y en laderas de las regiones áridas y semiáridas de México (Anaya, 2002). Con estas tecnologías se reducen los efectos de la sequía y permite asegurar la producción de alimentos, elevar el nivel de vida y mejorar el entorno ecológico. En estas tecnologías, los aspectos técnicos susceptibles de mejoramiento pueden agruparse en los siguientes rubros:

1. Diseño de las estructuras de toma, conducción y manejo de los escurrerimientos a la parcela;
2. Mejoramiento del manejo de suelos y cultivos en la parcela que recibe los volúmenes escurreridos;
3. Manejo de las áreas de captación;
4. Incremento de la productividad de la mano de obra mediante esquemas de mecanización adecuados a unidades de tamaño pequeño y de capital limitado;
5. Integración de actividades frutícolas, hortícolas y ganaderas, dando especial atención a la autosuficiencia en agua, granos básicos y forrajes, y
6. Organización de los productores en torno a las obras del manejo colectivo, en la compra de insumos y comercialización de productos.

El diseño de las técnicas de captación de agua de lluvia se refiere a obras de deriva-

¹¹ Ventura E. Jr., M.A. Domínguez, L. D. Norton, K. Ward, M. López-Bautista and A. Tapia-Naranjo. 2003. *A New Reservoir Tillage System for Crop Production in Semiarid Areas*. ASAE Paper Núm. 032315. St Joseph, Michigan.

ción que se utilizan en forma tradicional y se refieren a lo siguiente: bordos de piedra, bordos de mampostería, zanjas de derivación, presas derivadoras y diques filtrantes de piedra. Estas obras requieren de mantenimiento. Su costo varía en función del grado de complejidad de las estructuras y de los materiales que se utilicen (tierra, piedra y concreto).

Considerando periodos de siete a diez años, las ganancias son satisfactorias ya que se pueden obtener relaciones costo beneficio de uno a dos y de uno a tres, dependiendo del tipo de cultivo. Sin embargo, los sistemas de comercialización de los diversos productos siguen representando un riesgo para los productores, ya que no hay seguridad permanente para lograr buenos precios.

Las técnicas de derivación y distribución de torrentes en las zonas áridas y semiáridas conllevan a sistemas de producción sostenibles, ya que estas obras implican la conservación de suelos, el incremento de la fertilidad del suelo, una mejor utilización del agua de lluvia y una mayor producción de cultivos, lo que permite mejorar el nivel de vida de los productores y mejorar el ambiente.

A continuación se presentan imágenes de algunas obras de captación externos y sus características más importantes.

OBRA PRINCIPAL



Bordo para abrevadero con cortina de tierra (presa de tierra, represo)

Definición: Es una pequeña presa con cortina de tierra compactada que almacena los escurrimientos superficiales, provenientes de una corriente intermitente o de un área de drenaje bien definida.

Finalidad y beneficios: Se usa para captar y almacenar agua de escurrimientos en pequeñas área de drenaje, su función principal es abastecer de agua al ganado, cuando el abrevadero se conforma aguas abajo del vaso, y eventualmente para el uso doméstico de las comunidades rurales que se encuentren anexas a la obra.

Descripción general. Requiere se verifiquen las condiciones topográficas, hidrológicas, geológicas y de mecánica de suelos de los bancos de material (lo más próximo posibles).



Pequeña presa de mampostería (presa, represo)

Definición: Es una presa con cortina de material rígido, a base de mampostería de piedra y mortero (no lleva varilla), de no más de 14 m de altura máxima, que se construye con herramientas manuales de manera transversal al flujo del agua de un arroyo. Este tipo de estructuras basan su estabilidad en el peso total de la cortina y se construyen con un talud aguas abajo de 0.7:1.

Finalidad y beneficios: Se usan para captar y almacenar el agua de escurrimientos para el abrevadero de ganado, el riego de pequeñas superficies y eventualmente el uso doméstico de las comunidades rurales aledañas a la obra.

Descripción general: Requiere se verifiquen las condiciones topográficas, hidrológicas, geológicas y de mecánica de suelos. Las condiciones topográficas para tener una sección transversal estrecha para conformar la boquilla donde se ubique la presa, así como un valle aguas arriba, como vaso de almacenamiento.



Pequeña presa de concreto (presa, represo)

Definición: Es una presa de tipo gravedad con cortina de material rígido a base de concreto ($f'c = 150 \text{ kg/cm}^2$), de no más de 14 m de altura máxima, que se construye transversalmente al flujo del agua de un arroyo. Este tipo de estructuras se construyen con un talud aguas debajo de 0.7:1.

Finalidad y beneficios: Se usan para captar y almacenar agua de escurrimientos, destinada como abrevadero de ganado; el riego de pequeñas superficies y, eventualmente, el uso doméstico de las comunidades rurales aledañas a la obra.

Descripción general: Requiere se verifiquen ciertas condiciones topográficas que aseguren tener un estrechamiento que permita conformar la boquilla donde se ubique la presa, así como un valle aguas arriba, como vaso de almacenamiento. Se buscará que al menos la relación entre el volumen de almacenamiento y el de obra sea de 10:1, para que sea recomendable su construcción.



Ollas de agua (jagüey, bordos de agua)

Definición: Son depresiones sobre el terreno, que permiten almacenar agua proveniente de los escurrimientos superficiales. Son cuerpos de agua más pequeños que una presa de tierra compactada, el cual permite almacenar y distribuir, de manera controlada y por gravedad, el agua captada de los escurrimientos superficiales.

Finalidad y beneficios: Es una obra de captación de bajo costo, con horizontes de recuperación de inversión de uno a dos años, usada para captar y almacenar agua para diversos usos del medio rural; pero principalmente el pecuario. Su uso disminuye la mortandad y/o estrés del ganado, causado por escasez de agua durante la época de estiaje. Mejoran el entorno micro climático y la recarga de acuíferos. No se requieren conocimientos técnicos avanzados para su manejo y administración. Son compatibles con proyectos de acuicultura para autoconsumo.

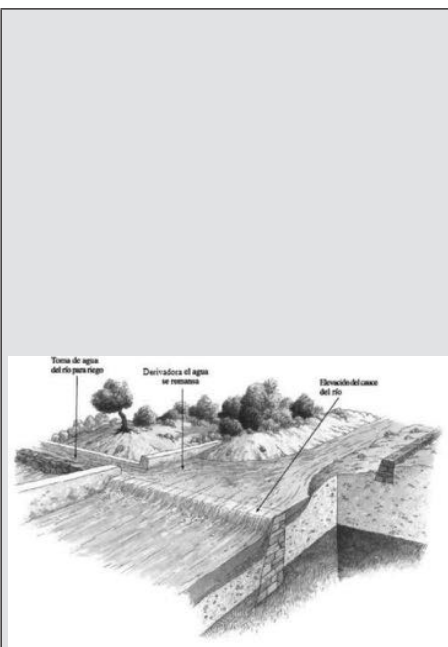
Descripción general: El volumen de almacenamiento deberá calcularse en función del balance de masa crítico, calculado a través del consumo diario y las aportaciones de agua; lo anterior tiene como propósito de garantizar la disponibilidad del líquido durante el periodo de sequía.

Cajas de captación (trampas de agua, aljibes, aguaje y estanques)

Definición: Es una estructura para captar y almacenar temporalmente los escurrimientos sub-superficiales (manantiales), que fluyen de una ladera para uso principalmente humano.

Finalidad y beneficios: La caja de captación es un depósito construido para evitar la contaminación del agua de los manantiales y para crear una carga piezométrica (posición), para la operación de la línea conducción de tal forma que esté siempre llena y no haya entrada de aire en su interior.

Descripción general: Son obras cerradas e impermeables que se construyen a base de concreto reforzado o de mampostería de piedra o tabique, con diversas formas y dimensiones, en función de las características del terreno y el aforo del manantial a aprovechar.



Presas derivadoras o de desviación de escurrimientos (presas vertedoras, azudes)

Definición: Estructuras de diversos materiales empotradas sobre los taludes y suelo firme del cauce, con la cortina orientada generalmente de manera diagonal al cauce, con dimensiones variables en función del caudal a conducir.

Finalidad y beneficios: El objetivo de las presas de derivación es elevar el nivel del agua de una corriente para proporcionar los gastos requeridos por los canales de derivación, en forma regular. La obra sirve para interceptar los escurrimientos superficiales y conducirlos, de manera controlada, hacia áreas de cultivo donde puedan ser aprovechados sin provocar daños. La sedimentación del cauce se debe evitar para que no se obstruyan las bocatomas de derivación.

Descripción general: Estas presas constan de una cortina vertedora y una de toma. La primera, alojada en el cauce del río, y puede estar coronada por una batería de compuertas, mientras que la segunda, generalmente posee una compuerta para regular el gasto que va hacia el canal de derivación que se ubica a una margen del río.

Estos sistemas de captación se conocen también como obras principales y también se construyen obras complementarias como son: afinamiento de taludes zampeado seco, vertedor de demasías, canales de llamada, colchón hidráulico, desarenadores, instalación de líneas de conducción, recubrimiento con geomembrana, bebederos pecuarios, etcétera.

OBRAS COMPLEMENTARIAS AL PROYECTO PRINCIPAL





Afinamiento de taludes

Definición: Consiste en suavizar y uniformizar la inclinación de los taludes, con el fin de estabilizar las paredes de un terraplén o excavación eliminando rocas salientes y restos de vegetación. Esta actividad radica en rasar o remover el material sobrante, en la construcción de una presa de tierra nueva, para ajustar el terraplén a la línea de la sección y pendiente, fijadas en el proyecto.

Finalidad y beneficios: Se ejecuta en terraplenes o cortes en material clase I (cortinas de tierra, drenes, canales, terrazas, etcétera), para eliminar las irregularidades dejadas por el equipo de construcción y para remover material suelto, a fin de que resulten las líneas, niveles, y taludes establecidos en proyecto.

Descripción general: Los taludes se afinarán quitando materiales gruesos como pueden ser rocas salientes, material punzocortante o vegetación, para ello se harán cortes y desmontes cuando se requiera.

	<p>Canales de llamada (zanjas alimentadoras)</p> <p>Definición: Son estructuras para la captación de agua, las cual se excavan a lo largo de una ladera natural, con diversas dimensiones para alimentar a un jagüey u ollas de agua.</p> <p>Finalidad y beneficios: Los canales de llamada tienen por objeto conducir los escurrimientos superficiales de las laderas naturales, a fin de incrementar la capacidad de almacenamiento de un depósito. Esta obra tiene la ventaja adicional de servir como brecha cortafuego</p> <p>Descripción general: Este tipo de obra se construye en la parte superior o media de la ladera para capturar la escorrentía procedente de las partes altas.</p>
---	---

	<p>Recubrimiento con geomembrana</p> <p>Definición: La geomembrana es un tipo de material geosintético de larga duración, elaborado a base de polímeros sintéticos y usados para impermeabilizar depósitos de agua.</p> <p>Finalidad y beneficios: Recubrir la superficie de obras de almacenamiento de agua para impedir la filtración y la contaminación del líquido a través del fondo de la estructura.</p> <p>Descripción general: Las geomembranas son laminas impermeables fabricadas con materiales sintéticos y cuya principal función es la de impermeabilizar el suelo.</p>
---	--

	<p>Tanques, pilas o depósitos de agua (tanque de regularización)</p> <p>Definición: Estructura impermeable construida a base de concreto armado, mampostería o anillos metálicos, generalmente techada, ubicada en la parte alta del terreno para facilitar la distribución del agua por gravedad.</p> <p>Finalidad y beneficios: Estructura destinada al almacenamiento y regulación del volumen de agua disponible. Su función es almacenar en horas de bajo consumo (noches), para revertirlo en las de máximo consumo (mañanas, mediodía).</p> <p>Descripción general: Para este tipo de proyectos es usual elegir un periodo de vida útil dependiendo del incremento poblacional. El gasto horario se estima en función de número de habitantes, su tasa de crecimiento, el consumo diario por habitante (de acuerdo con usos y costumbres), y la distribución del consumo horario a lo largo del día. El volumen del tanque de almacenamiento se estimará en función de un análisis de masas, que considere la demanda horaria, y del gasto de la tubería de alimentación. Para un gasto de alimentación de 1.0 lps; se deberá tener en cuenta que este tipo de obra se aprovechará anualmente 31,536 m³.</p>
--	--

Además, para que se haga un uso integral, se construyen obras como: cabeceo de cárcavas, suavizado de taludes de cárcavas, presa filtrante de costales, presa filtrante de gaviones, presas filtrantes de piedra acomodada, presa filtrante de troncos o ramas, tinas ciegas, pozos de absorción, entre otras.

OBRAS COMPLEMENTARIAS AL PROYECTO INTEGRAL



Presas filtrante de costales (geocostales)

Definición: Es una estructura permeable, que se ordena en forma de barrera o trinchera, usada para el control de la erosión en cárcavas y la retención de sedimentos. Esta obra se construye de costales rellenos de tierra que se colocan transversalmente al flujo del agua o escurrimiento.

Finalidad y beneficios: Retener los sedimentos en suspensión, favorecer la infiltración, disminuir la velocidad del agua, estabilizar el lecho de la cárcava, y prolongar la vida útil de obras de almacenamiento aguas abajo.

Descripción general: Las presas de costales se recomiendan para pendientes máximas de 35%, donde el escurrimiento superficial no es de gran volumen.



Presas filtrantes de gaviones

Definición: Estructura de gravedad consistente en gaviones que se colocan transversalmente al flujo del agua o escurrimiento. El gavión se define como cajas o canastas formadas por malla de alambre de acero galvanizado, las cuales se rellenan de piedra con el objeto de formar el cuerpo de la obra que constituye la presa de control.

Finalidad y beneficios: Se recomiendan en corrientes turbulentas cuando se quiere evitar el azolvamiento de estructuras hidroagrícolas, aguas abajo y/o el control de una cárcava.

Descripción general: Para definir la sección de la obra, se requiere de un análisis estructural a través de la sección crítica unitaria que de las condiciones de seguridad al volteo y al deslizamiento, según las fuerzas desestabilizadoras y estabilizadoras que actúan sobre la presa. En función del caudal máximo de diseño (para un periodo de retorno de 10 a 20 años o estimado por el método de sección y pendiente), se diseña un vertedor rectangular de cresta gruesa. El espaciamiento de cada presa está en función de la pendiente del cauce y una pendiente de sedimentación.




Tinas ciegas (zanjas trinchera)


Definición: Son excavaciones que se hacen siguiendo la curva de nivel, para capturar la esorrentía procedente de las partes altas, con el fin de establecer vegetación perenne y controlar la erosión laminar.


Finalidad y beneficios: Interceptar los escurrimientos superficiales, propiciar la infiltración del agua al subsuelo, atenuar las condiciones que propician erosión hídrica y mejorar las condiciones de humedad para el prendimiento de plantaciones establecidas en las laderas.

Descripción general: Las tinajas ciegas tienen como objetivo principal la recarga de mantos acuíferos, por lo que su establecimiento es recomendado en las áreas de captación de los manantiales. Se recomienda su implementación en regiones con lluvias superiores a 700 mm y suelos con alta permeabilidad relativa, es decir, con tasas de infiltración superiores a la lluvia máxima en 24 hr, para un periodo de retorno de cinco años (asumiendo que el evento ocurre en una hora).

	<p>Zanja-bordo para retención de humedad</p> <p>Definición: Consiste en un conjunto de zanjas perpendiculares a la pendiente y de una longitud igual al ancho de la parcela, diseñada y construida para interceptar la escorrentía procedente de las partes altas de las laderas.</p> <p>Finalidad y beneficios: Interceptar los escurrimientos superficiales, favorecer la infiltración del agua al subsuelo, atenuar las condiciones que propician erosión hídrica, conducir los escurrimientos a velocidades no erosivas a cauces de arroyos naturales o a cárcavas estabilizadas y captar agua para la implantación exitosa de árboles frutales o forestales.</p> <p>Descripción general: Estas obras se construyen manualmente con herramientas o con maquinaria y siguiendo una curva de nivel que se traza usando el aparato A, clisímetro, nivel de manguera, o nivel montado. Se recomienda su establecimiento en regiones con precipitaciones superiores a 700 mm por lo que la zanja debe de tener el fondo a nivel, para que el agua no se estanque en un determinado tramo. Son estructuras limitadas por la profundidad del suelo y que se proyectan cuando no es posible la construcción de terrazas de base ancha.</p>
---	--

- b) *Los Sistemas de Microcaptación o Captación “In Situ” del agua de lluvia* son aquellos en los que el área de captación y el área de cultivo están adyacentes pero diferenciadas. Algunas de las técnicas de captación incluyen **barreras semicirculares o al contorno** y otros sistemas en los cuales el área de cultivo está inmediatamente abajo del área de captación, la cual se ha limpiado de vegetación para incrementar el escurrimiento (terrazas de banco, terrazas de bancos alternos, terrazas de base ancha, entre otras).

	<p>Terrazas de banco (bancales)</p> <p>Definición: Es una práctica mecánica que consiste en construir terraplenes o escalones formados por cortes y rellenos, contruidos en sentido perpendicular de la pendiente del terreno, y separados por paredes casi verticales o con talud protegidas con vegetación, piedra acomodada o mamposterías.</p> <p>Finalidad y beneficios: Reducir la velocidad del escurrimiento, minimizar la erosión del suelo, conservar la humedad del suelo y facilitar las labores de cultivo o la plantación de árboles. Permiten mecanizar áreas con topografía abrupta, promover el uso intensivo de la tierra, y aumentar los rendimientos.</p> <p>Descripción general: Los bancales es una práctica costosa, su construcción se justifica en localidades muy pobladas, con minifundio, y con carencia de alimentos. Serán más rentables si existen posibilidades de irrigación, de cultivos de alto valor comercial y la posibilidad de mecanización.</p>
---	--

	<p>Surcado en contorno (surcos a nivel)</p> <p>Definición: El surcado al contorno es una operación de labranza para el establecimiento de cultivos, que se realiza de forma perpendicular a la pendiente natural del terreno y siguiendo las curvas de nivel.</p> <p>Finalidad y beneficios: Aumentar la infiltración del agua, reducir la erosión hídrica, aumentar la humedad disponible para el crecimiento de las plantas, y reducir los riesgos de formación de cárcavas y canalillos.</p> <p>Descripción general: Esta práctica es recomendable para la conservación de suelos y del agua, en terrenos de ladera donde se desarrollan los cultivos. El surcado al contorno es recomendable en pendientes hasta de 8 %, en casos de pendientes más pronunciadas se recomienda combinar el surcado al contorno con terrazas o con barreras vivas.</p>
---	---




Barreras de piedra en curvas a nivel

Definición: Consiste en la colocación lineal de rocas o piedras, siguiendo las curvas a nivel y distribuidas de forma transversa a la pendiente predominante del terreno.

Finalidad y beneficios: Disminuir la velocidad de los escurrimientos en terrenos de ladera, incrementar la infiltración de agua y captar los sedimentos producidos por las labores culturales. Tienen la ventaja de favorecer la disponibilidad de humedad y disminuir la erosión

Descripción general: Es una solución sencilla en predios con pendientes superiores a 15% que presentan problemas de erosión laminar, pero que dispongan de piedra brasa suficiente. Son recomendables en terrenos con piedras calizas para escoger, para maíz en pendientes escarpadas, ya que el muro permite pasar el agua, pero retienen el suelo y la materia orgánica cuando se presentan lluvias fuertes.

	<p>Terrazas de muro vivo</p> <p>Definición: Establecimiento de especies vegetales de fácil enraizamiento fundamentalmente perennes, alineadas dentro del bordo o zanja que la conforman a una terraza.</p> <p>Finalidad y beneficios: Brinda estabilidad al suelo, reduce la longitud de la pendiente, minimizar la velocidad del viento y de los escurrimientos de agua previniendo la formación de cárcavas, este tipo de práctica vegetativa aumenta la infiltración, concentra la humedad por más tiempo en el suelo para el buen desarrollo de los cultivos temporales, aporta materia orgánica y propicia la retención de suelo que a la larga conforma una terraza de banco.</p> <p>Descripción general: El establecimiento de los muros vivos se hace específicamente en las secciones transversales que conforman una terraza con especies perennes de rápido enraizamiento, o la siembra de especies arbóreas o pastos (vetiver, limón) que se siembran en hilera y que al crecer forman una barrera viva que detiene el suelo y van formando una terraza.</p>
---	--



Contreo (pileteo, labranza en microcuencas)

Definición: El contreo es una práctica de labranza que se utiliza en cultivos de escarpa en condiciones de secano, la cual consiste en levantar, en el surco, montículos de tierra a intervalos regulares con el propósito de formar pequeñas áreas de captación de lluvia.

Finalidad y beneficios: Incrementa la infiltración y le resta agua al escurrimiento superficial y la evaporación.

Descripción general: El contreo es de especial importancia cuando la intensidad de la lluvia excede la capacidad de infiltración del suelo. No se recomienda esta práctica en lugares con problemas de drenaje o inundación.

Anaya (2002), apoya esta definición al mencionar que los sistemas de microcaptación de agua de lluvia para cultivos anuales y perennes se conocen también como sistemas de captación *in situ*, y que para su establecimiento es necesario obtener información sobre la cantidad y distribución de la lluvia en el año, la capacidad de almacenamiento de agua en el perfil del suelo, las necesidades hídricas del cultivo a explotar y considerar los recursos con que se cuenta para establecer el sistema de captación *in situ* que mejor se adapte a las condiciones del área de trabajo.

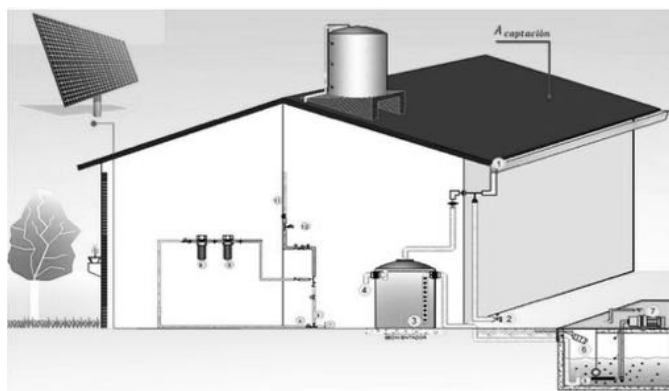
En el Colegio de Postgraduados se han desarrollado sistemas de microcaptación de agua de lluvia cuyos objetivos son: 1) Prevenir y hacer reversible el proceso de degradación originado por la erosión hídrica, 2) Aumentar la eficiencia del uso del agua de lluvia, 3) Reducir el riesgo de pérdida de cosecha por efecto de la sequía, y 4) Incrementar la productividad y el bienestar social (Tovar y Anaya, 2002).

c) Sistemas de Colección de Esguerrimieuto en Techos. La Organización Mundial de la Salud definió la seguridad en la disponibilidad del agua dulce como el acceso de al menos 20 a 40 litros por persona en el hogar (UACH, 2004). Pese a lo bajo de este volumen mínimo recomendable, su abastecimiento en las comunidades rurales requiere de la construcción de ciertas obras, infraestructura hídrica para garantizar el abastecimiento del vital líquido, desde lugares remotos.

En las comunidades rurales, las obras de aprovechamiento hídrico, además de considerar aspectos agropecuarios, también son utilizadas por sus habitantes para el consumo humano. Entre las obras, con usos múltiples, destacan la recolección de agua en techos y los tanques de amortiguamiento principalmente; mismas que son analizadas a continuación.

3.1 Recolección de agua en techos

La recuperación del agua de lluvia consiste en utilizar las cubiertas de los edificios. De este modo el agua se recoge mediante canalones y se conduce a través de tuberías para hacer pasar el líquido por un filtro que elimina sedimentos y material vegetal; posteriormente se conduce al almacenamiento. Mediante una bomba solar el agua se potabiliza o purifica para sus diferentes usos.



Las ventajas de la recolección del agua de lluvia en techos, desde el punto de vista económico es que genera un ahorro energético en la extracción y distribución del agua, pues el agua de lluvia se recolecta y almacena cerca de la casa o edificio, se puede usar en comunidades y ciudades para actividades de uso doméstico, riego e industrial. Desde el punto de vista social puede aplicarse prácticamente de inmediato a todas las comunidades que no cuenten con redes de agua potable. Ambientalmente se contribuye a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, pues se reduciría el consumo de gasolina y diésel que actualmente se usan para el acarreo de agua en pipas.

Como desventajas se consideran la falta de mantenimiento en este tipo de infraestructura que ocasiona una disminución en la calidad del agua. Solamente se puede aprovechar el agua durante los meses con lluvia y generar un ahorro en las formas de abastecimiento de agua pública o particular.

Existen también otras tecnologías como las plantas de purificación automática y móvil, que suministran de manera inmediata agua de óptima calidad a poblaciones

aisladas, situaciones de emergencia y para procesos agroindustriales. Los beneficios de este tipo de tecnologías radican en los tratamientos avanzados de filtración y desinfección que garantizan la calidad del agua purificada de diferentes fuentes de suministro (agua de lluvia, aljibes, manantial, pozo y presa). Sin uso de reactivos químicos ni consumibles innecesarios que generen costos y dependencias. Su operación es completamente autónoma lo que garantiza la calidad del agua y la máxima protección de los equipos, sin la necesidad de personal capacitado y permanente en la planta.



3.2 Tanque de amortiguamiento

El tanque de amortiguamiento o de regulación es la parte del sistema de abastecimiento de agua potable que recibe un gasto desde la fuente de abastecimiento para satisfacer las demandas variables de la población a lo largo del día. Éste permite el almacenamiento de un volumen de agua cuando la demanda en la población es menor que el gasto de llegada y el agua almacenada se utiliza cuando la demanda es mayor. Generalmente, esta regulación se hace por periodos de 24 horas.¹²

¹² Estimado de las demandas de consumo de agua. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. 2011.



El diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable, se basa en una estimación de la población futura a la que servirá, denominada población de proyecto; este número de habitantes corresponde al que se tendrá al último día del periodo de diseño que se fijó. La mejor base para estimar las tendencias de la población futura de una comunidad es su pasado desarrollo, y la fuente de información más importante sobre el mismo en México son los censos levantados por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) cada diez años.

Los datos de los censos de población pueden adaptarse a un modelo matemático como son: el aritmético, geométrico, parabólico, etc. Cuando se supone un crecimiento en progresión geométrica, los valores que se obtienen para la población futura son mayores que los que se obtendrían si se supone un crecimiento en progresión aritmética.

4. BASES TÉCNICAS

Se denomina captación de agua, sea de lluvia, a la recolección de la escorrentía superficial, para su utilización en el consumo humano, la producción agropecuaria o forestal.

En todo diseño y construcción de los sistemas de captación de agua de lluvia y su uso integral, es necesaria la realización de estudios técnicos y socioeconómicos que permitan que las obras de captación sean eficientes, de tal forma que los usuarios se apropien de esa infraestructura. Para ello, a continuación se hace una breve descripción de requerimientos técnicos en los sistemas de captación de agua, clasificados según su uso.

4.1 Requerimientos técnicos en los sistemas de captación de agua de lluvia

La ocurrencia y cantidad de la escorrentía superficial para uso agropecuario o forestal dependen de las características de la precipitación, clima, suelo, vegetación, pendiente y tamaño del área.

Para determinar cuánto volumen de agua es necesario captar hay que evaluar el requerimiento de agua del cultivo seleccionado. A ese requerimiento se le llama también “uso consuntivo” de las plantas. El coeficiente de escorrentía depende de las características del suelo en el área de captación, el suelo más conveniente es el que facilita la escorrentía. En cambio en el área de cultivo los requerimientos de suelo, son diferentes. Las características del clima son importantes para determinar tanto los requerimientos del cultivo como el volumen de agua que se puede captar.

Todo sistema de captación de agua de lluvia consta de un área de captación (recolección) y de un área cultivada (de almacenamiento, de siembra, o de plantas).

Para el diseño apropiado de un sistema, es recomendable determinar la relación entre el área de captación (A_c) y el área cultivada (A_s). El cálculo de la relación A_c/A_s es principalmente útil para sistemas de captación de agua de lluvia donde se pretende el establecimiento de cultivos.

Para determinar el potencial de la captación y para planificar las obras es necesaria la obtención de información técnica como son:

- *Precipitación*: las características de la lluvia más importantes para determinar la cantidad, son frecuencia, duración e intensidad.
- *Suelos*: los aspectos importantes del suelo que afectan el desarrollo de la planta bajo sistemas de captación de agua de lluvia son la textura, estructura, profundidad del suelo, infiltración, coeficiente de escurrimiento, lámina aprovechable y pendiente de la cuenca.
- *Planta*: las necesidades de agua de los cultivos dependen principalmente del clima (como principales factores: luz solar, temperatura, humedad y velocidad del viento) que se reflejan en la evapotranspiración, tipo de cultivo y estado de desarrollo.
- *Balance hídrico*: una vez obtenido los datos de precipitación y consumo de agua por los cultivos considerados, el siguiente paso es determinar si hay necesidades de agua de riego, o sea si son necesarias las obras de captación de agua de lluvia, para lo cual se debe analizar las deficiencias o excesos de agua, por medio del balance hídrico. La ecuación del balance hídrico, para cualquier zona o cuenca (o cualquier masa de agua) indica los valores relativos de entrada y salida, flujo y variación del volumen de agua.

- *Características morfológicas de la cuenca*: determina el caudal mínimo y máximo y caudal de diseño, entre otros parámetros para el diseño de la captación.

Como se mencionó, para que los beneficiarios puedan apropiarse de una infraestructura, estos deben participar activamente y proponer medidas de acuerdo con sus necesidades y para ello es necesario realizar un diagnóstico socioeconómico que permita definir la problemática y proponer soluciones.

BIBLIOGRAFÍA

- Anaya Garduño M. Centro Internacional de Demostración y Capacitación en Aprovechamiento del Agua de Lluvia (CIDECALL). Colegio de Postgraduados. 2004.
- Anaya Garduño, M. 2002. Sistemas de Captación de Agua de Lluvia. Memoria de la VIII Reunión Nacional sobre Sistemas de Captación de Agua de Lluvia. Chihuahua, México.
- Banco Mundial. 1988. *Water harvesting for plant production*. World Bank Technical.
- Carabias J. y Rosalva L. Agua, Medio Ambiente y Sociedad, 2005.
- Castro, José Esteban, María Luisa Torregrosa Armentia, Adriana Alle, Román Gómez González Cosío, Jordi Vera y Karina Kloster. “Desarrollo Institucional y Procesos Políticos”. IV Foro Mundial del Agua. México, Marzo de 2006.
- Catálogo de obras y prácticas de conservación de suelo y agua. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. 2011.
- Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo y el Ambiente, comúnmente conocida como Cumbre de Río de Janeiro, 1992.
- Estadísticas del Agua en México, Edición 2014. SEMARNAT. CONAGUA.
- Estimación de las demandas de consumo de agua. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. 2011.
- Falkenmark, M., y C. Widstrand. 1992. *Population and water resources: A delicate balance*. Population Bulletin. Population Reference Bureau.
- Information System on Water and Agriculture, Aquastat. 2008.
- Manual de Captación y Aprovechamiento del Agua de Lluvia. Oficina Regional de la FAO Para América Latina y El Caribe. Experiencias en América Latina Serie: Zonas Áridas y Semiáridas Núm 13. 2000.

- Pacheco Montes M. Avances en la Gestión Integral del Agua Lluvia (GIALL): Contribuciones al consumo sostenible del agua, el caso de “Lluviatl” en México. Revista Internacional de Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo. Año 2008 Núm. 3.
- Tovar S., J.L., y M. Anaya G. 2002. Implementos Agrícolas para los Sistemas de Microcaptación de Lluvia en Zonas de Temporal Deficiente. Memoria de la VIII Reunión Nacional sobre Sistemas de Captación de Agua de Lluvia. Chihuahua, Mex.
- Ventura E. Jr., M.A. Domínguez, L. D. Norton, K. Ward, M. López-Bautista and A. Tapia-Naranjo. 2003. A New Reservoir Tillage System for Crop Production in Semiarid Areas. ASAE Paper No. 032315. St Joseph, Michigan.

VIII. ALTERNATIVAS PREVENTIVAS Y DE CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES EN LAS PLANTAS

JESÚS JESÉ CORRAL MARTÍNEZ

1. INTRODUCCIÓN

En la agricultura moderna, se ha soslayado la sostenibilidad de la productividad agrícola. El uso de agroquímicos ha permitido obtener incrementos substanciales en la producción; no obstante, sus efectos adversos han estado impactando de manera significativa la sostenibilidad de la agricultura. La práctica del monocultivo y la contaminación por el uso indiscriminado de agroquímicos, han reducido la biodiversidad de los agroecosistemas, causando la inestabilidad de los mismos, la cual se manifiesta, entre otros efectos nocivos, en una mayor incidencia de plagas y enfermedades en los cultivos. Esto y los problemas de seguridad y salud pública inherentes a la fabricación y uso de agroquímicos, han conducido a la búsqueda y establecimiento de alternativas de manejo de plagas y enfermedades.

Así, surge el interés por el control ecológico que puede definirse como:

...cualquier forma de control que reduce la incidencia o severidad de la enfermedad, o incrementa la producción del cultivo, aun cuando no haya aparentemente un efecto significativo en la reducción de la enfermedad o inóculo, y su impacto nocivo en el ambiente sea mínimo o nulo (Zavaleta-Mejía, 1994).

Actualmente, muchas instituciones están en la búsqueda de alternativas menos dañinas, aprovechando las defensas naturales de los organismos y reorganizando completamente las técnicas de cultivo tradicionales (Brechelt, 2004).

1.1 Objetivos

- Proporcionar al productor alternativas al uso de agroquímicos,
- Disminuir la contaminación que causan los plaguicidas al ambiente,
- Reducir los riesgos en la salud humana y animal, por el uso de plaguicidas, y
- Proporcionar alternativas de control de plagas y enfermedades que sean fácilmente disponibles, económicamente viables y socialmente aceptables.

1.2 Justificación

De acuerdo con las estadísticas del 2005 y después de un desarrollo acelerado, la agricultura orgánica es practicada en aproximadamente 110 países en el mundo. Tanto la

superficie como el número de agricultores continúan creciendo; actualmente más de 26 millones de hectáreas son manejadas orgánicamente por al menos 558,449 agricultores en todo el mundo (Yussefi, 2005).

La demanda de productos orgánicos, sobre todo de hortalizas frescas y procesadas se incrementa continuamente, lo que permite a los productores orgánicos un mayor potencial de desarrollo económico, al mismo tiempo que protege sus recursos naturales (Zamorano-Ulloa, 2005). Por su naturaleza, este tipo de agricultura promueve la sostenibilidad integral de los recursos genéticos, agronómicos y ecológicos (Álvarez-Rivero *et al.*, 2005).

El control biológico (CB) aparece ahora como una de las principales alternativas de solución; sin embargo, este tipo de control no es sencillo, requiere entender las relaciones entre organismos y encontrar los enemigos naturales adecuados para manejar correctamente una plaga (Rechcigl y Rechcigl, 2000).

La agricultura orgánica también llamada biológica, se define mejor como aquellos sistemas holísticos de producción que promueven y mejoran la salud del agroecosistema, incluyendo la biodiversidad, los ciclos biológicos y la actividad biológica del suelo, prefiere el uso de prácticas de manejo dentro de la finca al uso de insumos externos a la finca, toma en cuenta las condiciones regionales que requieren de sistemas adaptados a las condiciones locales, lo que se logra al utilizar en lo posible métodos culturales, biológicos y mecánicos en oposición a materiales sintéticos para satisfacer cualquier función específica dentro del sistema (Gómez, 2000).

2. CONTROL CULTURAL

Es la manipulación concienzuda del medio ambiente para hacerlo menos favorable a las plagas con el fin de interrumpir sus ciclos reproductivos, reducir disponibilidad de alimentos y favorecer la multiplicación de sus enemigos naturales.

Entre los procedimientos culturales se encuentran: destrucción de las fuentes de infestación de la plaga, vigorización de las plantas, interrupción de sus ciclos de desarrollo, formación de condiciones microclimáticas desfavorables al insecto, eludir las épocas del año favorables para los insectos, establecimiento de fechas de siembra, preparación de la tierra, riego, cosecha, aplicación de fertilizantes, uso de cultivos asociados, cultivos trampas o rotación de cultivos, destrucción de plantas hospederas alternas de plagas y resto de cosechas, entre otros.

2.1 Cultivos asociados

Consiste en sembrar diferentes especies vegetales en el mismo lugar, área y tiempo, creándose un ambiente con diversidad de especies de insectos que se alimentan de plantas y de sus enemigos naturales, en estrecha relación en cada variedad de planta y

entre diferentes especies que reduce la posibilidad de aumento poblacional de una plaga en particular, puesto que establece una condición hacia el equilibrio de poblaciones.

Muchos de los organismos nocivos más importantes son monófagos, es decir, se han especializado en alimentarse de un género de especies vegetales o incluso de una sola especie. El cultivo de una planta o el cultivo continuo de esta misma planta, crea las condiciones de vida para la multiplicación acelerada de algunas plagas. Ciertas combinaciones de diferentes cultivos, reducen drásticamente el peligro de infestación por una plaga. Un buen ejemplo para esta práctica es la combinación de maíz con frijol.

Los cultivos asociados favorecen las poblaciones de organismos benéficos, dichos cultivos sirven como barrera para impedir que un organismo nocivo se desplace hacia el cultivo y aumentan la diversidad. La idea es, utilizar plantas de diferentes familias que por lo general tienen diferentes exigencias acerca del lugar y son sensibles o resistentes contra diferentes tipos de plagas y enfermedades. Además, en un cultivo mixto las plantas hospedadoras de una plaga se encuentran a más distancia. Algunos experimentos han demostrado que por todos estos efectos se puede reducir la incidencia de plagas desde un 30 hasta un 60% (Brechelt, 2004).

Es mucho mejor también la integración de cultivos perennes, como por ejemplo frutales, palmas u otro tipo de árboles. Una forma especial es la siembra de plantas repelentes, muchas veces no comestibles, contra algunas plagas específicas aprovechando, por ejemplo, su fuerte olor para alejar a los insectos y otros tipos de animales. Algunas plantas que se pueden usar como repelentes son las siguientes: cilantro, perejil, apio, menta, hierba-buena, crisantemo, sésamo, y algunas gramíneas.

Recientemente se ha propuesto y soportado con evidencias, que los agroecosistemas en asociaciones proporcionan un control de plagas en forma natural, debido en parte a que los enemigos naturales suelen requerir hospedantes alternos para reproducirse (Sekamatte, *et al.*, 2002).

Dentro de los tipos de asociaciones se encuentran: a) el establecimiento de dos cultivos asociados, b) maleza en asociación con un cultivo, c) cultivo para cría, acolchado vivo o cubierta vegetal que se nombra cuando se siembra en asociación a una planta sin fines económicos, y d) policultivos, más de dos genotipos, independientemente de la especie, coexisten en tiempo y espacio (Vet y Dicke, 1992).

Huertos familiares

Los huertos familiares son un claro ejemplo de asociación de cultivos, en ellos podemos encontrar, hortalizas, frutales, cultivos básicos, medicinales, aromáticas, entre otros.

Por otra parte, los huertos también cumplen una función económica fundamental de ingresos monetarios y producción para el consumo familiar, e importantes funciones sociales, dando una mayor seguridad alimentaria y mejor nivel nutricional, pues en menor espacio hay gran diversidad de cultivos y especies animales y menor riesgo agrícola. Existe mejor distribución de la fuerza de trabajo, del uso de implementos

agrícolas y de transporte, así como también reciclaje de micronutrientes y del agua, protección del suelo y contra la erosión, que dan como resultado el mantenimiento o el aumento de la biodiversidad (Landon-Lane, 2005) y ofrecen un ejemplo a seguir en la conservación de la biodiversidad. También el estudio de su dinámica permite entenderlos como una alternativa de desarrollo adaptándolos a las condiciones que dan los cambios socioeconómicos (Méndez, *et al.*, 2001).

2.2 Rotación de cultivos

La rotación de cultivos es la plantación sucesiva de diferentes cultivos en el mismo terreno. Las rotaciones son opuestas al cultivo continuo y pueden ir de 2 a 5 años de duración. Generalmente el agricultor planta cada año una parte de su terreno con cada uno de los cultivos que forman parte de su rotación. Los organismos nocivos pueden sobrevivir en los rastrojos, en otras plantas que actúan como hospederos provisionales, o incluso en el suelo, invadiendo el próximo cultivo. Sin embargo, mediante una sucesión de cultivos no adecuados para las plagas, puede interrumpirse el ciclo de vida de estos organismos.

La rotación específica de cultivos es la única medida rentable de control de determinados nemátodos (que son organismos en forma de gusano que pueden afectar las raíces de las plantas) u organismos patógenos (que son organismos que causan alguna enfermedad en plantas), por ejemplo hongos que viven en el suelo. El principio de este método consiste en retardar la siembra siguiente de la planta huésped hasta que las condiciones de vida para los organismos no les permitan sobrevivir.

Una rotación adecuada de cultivos es especialmente eficaz para privar de nutrientes a organismos que debido a su escasa movilidad, dependen de una única planta hospedera, demostrando menor eficacia contra organismos polívoros, es decir, organismos que se alimentan de varias especies que se plantan (Brechelt, 2004).

2.3 Destrucción de las fuentes de infestación de las plagas

Pueden distinguirse dos tipos de fuentes de infestación o reservorios de donde los insectos invaden a los cultivos. Aquellos que permiten la sobrevivencia de los insectos plagas de un ciclo de siembra a otra por ejemplo: los residuos de cosechas anteriores. Aquellos que favorecen el incremento de las poblaciones de insectos en el transcurso de la campaña o ciclo evolutivo como son la presencia de malezas hospederas, persistencia de frutos y otros órganos infestados de la planta que caen al suelo.

En consecuencia, para eliminar las fuentes de infestación se recomienda destruir los residuos de cosechas infestados, esto ayuda a evitar daños en algunas plantaciones como es el caso del cultivo de algodón. Los insectos y plagas pueden alimentarse y reproducirse en las malezas silvestres y posteriormente infectar los cultivos adyacentes. Se recomienda limpiar los bordes del campo sembrado, podar y destruir los órganos

infestados, así como destruir los estados del insecto en el suelo. Todo esto ayuda a destruir las fuentes de infestación (Martínez, 2010).

Preparación del suelo

La preparación adecuada del suelo es una buena medida contra plagas que desarrollan sus estados larvales o papales en el mismo suelo o en residuos orgánicos que se quedan después de la cosecha. El arado influye de dos formas:

- Huevos, larvas y pupas pueden ser transportadas a niveles tan profundos en el suelo que no les es posible llegar a la superficie.
- También es posible que sean transportados a la superficie, donde se secan por la acción del sol, aves u otros animales los comen.

Debe tenerse cuidado, especialmente en regiones calientes, cualquier tipo de arado tiene también efectos negativos y causa problemas en el equilibrio del suelo. El humus puede destruirse y se acelera la erosión. La decisión sobre este tipo de trabajo hay que tomarla sobre la base de la infestación del suelo, la situación del lugar y con mucho cuidado (Brechelt, 2004).

2.4 Vigorización de las plantas

Siempre se ha considerado que las plantas más vigorosas y saludables, bien sea porque crecen en suelo fértil o sean bien fertilizadas, están mejor capacitadas para tolerar los ataques insecto-plagas. Sin embargo, hay que tener mucha precaución porque existen ciertos fertilizantes que de acuerdo con su composición pueden incrementar la población de insectos plagas. Esta razón obliga a balancear la fertilización potásica con la fertilización nitrogenada.

2.5 Resistencia sistémica

Si sobreviven a un ataque inicial de patógenos ya sean virus, hongos o bacterias; las plantas pueden protegerse contra ataques posteriores de ellos. También se puede advertir la protección después de un ataque de insectos plaga, un daño mecánico o después del contacto con algunos químicos (Hammerschmidt, 1993). Se ha observado que el primer patógeno que ataca a la planta, o algún daño, “inmuniza” a la planta contra infecciones posteriores por patógenos parecidos.

Obviamente, el primer patógeno que ataca a la planta, o un daño, “indujo” la expresión de reacciones de resistencia contra las siguientes infecciones de patógenos, independientemente si son virus, hongos o bacterias. Esta capacidad de las células para repeler los ataques siguientes, se dispersa a través de toda la planta. A esta respuesta se le llama Resistencia Sistémica Adquirida (RSA).

También se ha descubierto otra forma de resistencia inducida por rizobacterias promotoras del crecimiento de la planta denominada “Resistencia Sistémica Inducida” (RSI). Las bacterias mejor caracterizadas son las cepas de varias especies de *Pseudomonas* que no causan daños visibles en el sistema de raíces de las plantas (Valland y Goodman, 2004).

La resistencia sistémica adquirida tiene un aspecto práctico muy interesante. En agricultura se puede inducir la resistencia sistémica infectando el cultivo para ser protegido, empleando como el primer patógeno una raza que puede o no causar daño en el cultivo, pero en cualquier caso la respuesta a la infección debe producir una necrosis grande. De manera alternativa, se pueden rociar las plantas ya sea con filtrados de cultivos de bacterias gram-positivas o gram-negativas o aún mejor, con uno de los químicos identificados como señales, como el ácido salicílico. Dado que estas sustancias son descompuestas biológicamente y que el rango de patógenos que pueden ser repelidos es muy amplio, su aplicación en la liberación de la respuesta sistémica tiene un buen potencial en la protección de las plantas (Camarena-Gutiérrez, 2007).

También existen formulaciones comerciales a base de aminoácidos, fosfitos de calcio y potasio, micronutrientes, entre otros, que pueden inducir resistencia en los cultivos.

2.6 Época de siembra

Esto consiste en establecer la siembra en la época más adecuada, la cual sería hacer coincidir la etapa más frágil del desarrollo de la siembra con la época del año en que la plaga es menos abundante o se encuentra ausente. De acuerdo con esto pueden hacerse siembras adelantadas o siembras tardías.

2.7 Formación de condiciones microclimáticas desfavorables para las plagas

Cuando se modifican las condiciones microclimáticas del cultivo o la morfología y fisiología de la planta, muchas prácticas agrícolas resultan desfavorables para el crecimiento y desarrollo de los insectos-plagas. Entre las que se pueden citar: densidad de la siembra, regulación de los riesgos y la fertilización.

2.8 Cultivos trampas

Consiste en practicar una pequeña siembra antes o simultáneamente a la principal, para atraer a los insectos o alejarlos. Generalmente estas pequeñas siembras son preferidas por plagas y normalmente son infestadas antes que el cultivo principal. Los cultivos trampa, se pueden utilizar para atraer insectos en etapas muy tempranas, estimulando la reproducción de parásitos depredadores, permitiéndose así un control biológico más efectivo. Estos cultivos pueden ser destruidos conjuntamente con las

plagas antes que éstas lleguen a completar su primer ciclo, o también ser fumigados con los plaguicidas (Martínez, 2010).

2.9 Podas sanitarias

Estas son de suma importancia para reducir la incidencia de enfermedades, así como para reducir la fuente de inóculo. En muchos cultivos se realiza la poda de ramas llamado aclareo, esto con el fin de reducir la incidencia de enfermedades por la ventilación que se le da a la planta al realizar la poda. Para el caso de mango se realiza la poda de ramas afectadas por “escoba de bruja” a 80 cm detrás de los síntomas, se hace una protección de las heridas con algún fungicida o incluso con caldo bordelés y se queman los residuos, dichas podas sanitarias se realizan en momentos fenológicos críticos como la floración (Mora, 2003).

2.10 Adición de materia orgánica

Es importante mantener el cultivo con abundante materia orgánica ya que mejora la estructura del suelo, proporciona nutrientes al cultivo, mejora la retención de agua en el suelo, es hábitat de organismos benéficos o antagonistas de plagas y enfermedades, entre otras. La materia orgánica puede ser estiércol o composta.

La descomposición de materia orgánica. Los efectos sobre los ecosistemas del incremento del CO₂ atmosférico, deposición de nitrógeno, modificaciones climáticas y, en general, procesos de cambio global generados por la acción humana, no pueden ser analizados sin considerar convenientemente la descomposición de materia orgánica, especialmente al componente microbiano asociado a la misma, debido a su carácter clave en el funcionamiento de los sistemas.

El proceso de descomposición puede actuar como sumidero o fuente de nutrientes del sistema, dependiendo de cómo varíen las condiciones ambientales y de una serie de umbrales no totalmente conocidos en la actualidad (Álvarez, 2005).

3. CONTROL FÍSICO

En este grupo se encuentran el fuego, la temperatura, el drenaje y la inundación. Estas prácticas son de poco uso en agricultura y no han sido incorporados en los programas de Manejo Integral de Plagas, aunque en algunos casos resultan de mucha utilidad.

En relación con la temperatura, cuando ésta se encuentra por encima de los 60°C o por debajo de -5°C, son suficientes para matar o paralizar las actividades de algunos insectos o plagas. Este método es básicamente utilizado contra insectos de alimentos almacenados, debido a que los insectos por no tener mecanismos que regulen su temperatura, dependen en mayor parte de la temperatura ambiente para mantener su actividad.

Las zonas de distribución energética que han sido utilizadas para el control de insectos, son aquellas de radiación luminosa, sonora, infrarroja y gamma. Trampas de luz que consisten en estructuras destinadas a atraer y capturar a insectos de vuelo nocturno, que son atraídos por la luz (fototrópicos positivos).

Entre otras técnicas de control físico se puede mencionar: el uso del sonido de muy alta densidad para matar por destrucción física, ruidos intensos para repeler, uso de imitadores de sonidos de insectos para influir sobre el comportamiento y trampas adhesivas de color amarillo ya que muchas especies son atraídas por este color.

4. CONTROL ETOLÓGICO O DEL COMPORTAMIENTO DE LA PLAGA

Las aplicaciones del control etológico incluyen la utilización de atrayentes en trampas y cebos, repelentes, inhibidores de alimentación y sustancias diversas que tienen efectos similares conocidos como semioquímicos. Estos compuestos son:

“Sustancias que son secretadas hacia el exterior por un individuo y recibidas o detectadas por un segundo individuo de la misma especie, en el cual se genera una reacción específica, por ejemplo, un comportamiento definido o un proceso de desarrollo” (Karg y Suckling, 1997).

Utiliza algunas características del comportamiento de las plagas para diseñar estrategias de control. Se conoce que muchas especies de insectos son fuertemente atraídas a fuentes de luz y el color amarillo. Estas características han permitido el perfeccionamiento de técnicas de trampeo para algunas mariposas y escarabajos (trampas de luz) y para algunas moscas (trampas amarillas).

Con el avance del análisis bioquímico, se han logrado sintetizar compuestos naturales que son excretados hacia el exterior del cuerpo de los insectos, que actúan como mensajes químicos y afectan varios tipos de comportamiento. Estos compuestos son conocidos como semioquímicos, y de ellos, las feromonas sexuales son el grupo que posee mayor aplicación práctica.

Las feromonas sexuales son sustancias producidas por un organismo y percibidas por otro perteneciente a la misma especie para provocar reacciones específicas en su comportamiento y fisiología.

Debido a la creciente demanda por un uso adecuado de los agroquímicos sintéticos, se puede esperar que en el futuro cercano se incrementará la investigación y el uso práctico de las feromonas sexuales como un componente importante del manejo de las plagas agrícolas.

Además de las feromonas, existen otros semioquímicos (alomonas, sinomonas y kairomonas) que cumplen funciones diferentes como por ejemplo atracción floral para polinización (Millar y Cowles, 1990).

5. CONTROL BIOLÓGICO

Consiste en la destrucción de las plagas por otras plagas, mediante la manipulación directa o indirecta de los enemigos naturales, controlando así por medio de éstos, la densidad de población de la plaga a promedios inferiores a los que existirían en ausencia; utilizándose para el control de plagas a parásitos y depredadores que pertenecen al grupo de entomófagos y los patógenos (parasitoides) (Salas, 1993).

En los sistemas ecológicos intactos las plagas potenciales tienen sus enemigos naturales, que ayudan a mantener su población a un nivel aceptable.

Dentro de los enemigos naturales más conocidos en México están las catarinitas (especialmente *Hippodamia convergens*) para control de plagas en invernadero (Cranshaw et al. 1996), la crisopa (*Chrysoperla spp.*) para el control de áfidos y mosquitas blancas (García-Hernández et al., 2002), las avispidas *Trichogramma* y una gran cantidad de avispidas braconíidas, diferentes especies de chinches piratas (*Orious spp.*), *Nabis spp.*, entre otras (Loya et al., 2003).

5.1 Patógenos

Entre los patógenos que atacan a los insectos plaga se encuentran bacterias, hongos, virus y protozoarios. Los patógenos están siempre latentes en el ecosistema. Bajo condiciones favorables, se produce de forma espontánea un aumento de su población y se reducen las de los organismos dañinos. Ya existen varios productos comerciales de este tipo en el mercado internacional.

Los más conocidos son:

- Bacterias: *Bacillus thuringiensis* (contra larvas de lepidópteros). El producto más conocido y vendido de este grupo.
- Hongos: *Beauveria bassiana* (contra *Hypothenemus hampei*, *Diaprepes abbreviatus*), *Metarhizium anisopliae* (para el control de *Hypothenemus hampei*, *Empoasca sp.*), *Verticillium lecanii* (contra *Bemisia tabaci*), entre otros.
- Virus: Poliedrosis nuclear o granulosis (que afectan larvas de lepidópteros).

5.2 Parasitoides

Los parasitoides son insectos cuyo desarrollo tiene lugar en el cuerpo de un insecto huésped, causando la muerte de éste. El control biológico se puede realizar importando, adaptando y criando grandes cantidades de parasitoides de otras regiones y liberándolos en la zona, o fomentando a tiempo la densidad de las poblaciones de parasitoides existentes. Ambos métodos requieren una considerable capacidad para la conservación y la cría masiva de insectos.

Los parasitoides más conocidos son:

- *Trichogramma sp.* (para larvas y huevos de lepidópteros).
- *Cephalonomia stephanoderis* (contra la broca del café).
- *Encarsia formosa* (contra la mosca blanca).

5.3 Depredadores

Los depredadores exterminan a los organismos dañinos cazándolos y devorándolos.

Los depredadores más importantes son:

- Chinchas y ácaros depredadores.
- Mariquitas (*coleópteros coccinélidos*).
- Los cárabos, arañas y *Chrysopidae*.

5.4 Control genético

Comprende la esterilización por medio de hibridación de las especies, por radiación y utilizando sustancias quimioesterilizantes, pero no todos los insectos pueden ser esterilizados por estos programas debido a que se necesitan varios requerimientos fundamentales:

- a) El método de crianza en grupos debe ser factible.
- b) Se debe obtener una dispersión adecuada de los machos estériles.
- c) El procedimiento de esterilización no debe afectar adversamente al comportamiento sexual de los insectos.
- d) La hembra del insecto a ser controlada debe copular solamente una vez y si ocurren cópulas frecuentes, los espermatozoides irradiados deben ser competitivos con los normales.
- e) La densidad de la población debe ser baja, de no ser así, debe ser reducida por otros medios a un nivel en la cual es factible la liberación de una población dominante de machos estériles en un periodo prolongado de tiempo.

Entre las unidades de control genético se pueden citar: la esterilización por radiación, los quimioesterilizantes y la esterilidad de los híbridos.

Esterilización por radiación: se practica utilizando bombas de cobalto. Por medio de esta técnica se esterilizan los machos que posteriormente son liberados, cuando el tamaño de la población sea bajo; trayendo como consecuencia, una reducción de la

población de la plaga, al ser superado por los machos estériles. Para la optimización de esta técnica debe haber un cultivo masivo de machos que al ser liberados deben dispersarse rápidamente por toda la población nativa y que las hembras preferiblemente se aparen una sola vez, por ejemplo, la mosca *callitroga*. (Martínez, 2010).

5.5 Formulaciones microbiológicas

En hortalizas, los productos de mayor uso son insecticidas a base de distintas cepas de bacterias, virus, hongos y nematodos, aunque no son los únicos (Rechcigl y Rechcigl, 2000). Sin embargo, no se debe pensar que los productos a base de microorganismos están permitidos por su origen biológico; muchos de ellos están prohibidos hasta que no se compruebe que los microorganismos de los que parten no han sido manipulados genéticamente y no han estado expuestos a ningún tipo de radiación (OCIA, 2005).

En el caso de bacterias entomopatógenas (que causan alguna enfermedad en insectos), la mayoría pertenecen a las familias *Bacillaceae*, *Pseudomonadaceae*, *Enterobacteriaceae*, *Streptococcaceae* y *Micrococaceae*. A la primera de éstas pertenece *Bacillus thuringiensis*, la bacteria entomopatógena más estudiada y utilizada en todo el mundo (Lamas Nolasco, et al., 2003).

De las cepas *kurstaki* y *aizawai* de *B. thuringiensis* se han formulado aproximadamente 50 productos comerciales para control de lepidópteros (mariposas), mientras que de la cepa *israelensis* se han desarrollado más de 15 formulaciones comerciales para control de dípteros (moscas) (Rechcigl y Rechcigl, 2000). Otras cepas de *B. thuringiensis* y de otras bacterias como *B. sphaericus* y *Serratia entomophila* también se han formulado para controlar diferentes plagas (Copping, 1998).

Con respecto a virus, se han aislado miles de ellos de al menos 13 órdenes de insectos (Tanada y Kaya, 1993) y actualmente se cuenta con al menos 23 productos comerciales formulados a base de virus que controlan larvas de lepidópteros principalmente (Rechcigl y Rechcigl, 2000).

En relación a los hongos, el número de productos comerciales es similar al de productos a base de bacterias. Los hongos entomopatógenos más importantes son: *Entomophthorales* (*Zygomycotina: Zygomycetes*) y *Moniliales* (*Deuteromycotina. Tanada y Kaya, 1993*). Existen varias decenas de productos comerciales para control de una variedad de plagas. Las principales especies en el mercado son *Beauveria bassiana*, *Metarhizium spp.* y *Verticillium lecani* (Rechcigl y Rechcigl, 2000).

De acuerdo con Gaugler y Kaya (1990), los nematodos ocupan un lugar intermedio entre los depredadores, parasitoides y entomopatógenos. Actualmente se encuentran más de 35 productos comerciales en el mercado, con varias especies de los géneros *Heterohabditis* y *Steinernema* principalmente para control de plagas del suelo (Rechcigl y Rechcigl, 2000).

6. EXTRACTOS VEGETALES

El potencial de uso de extractos botánicos debe ser explorado y explotado en México, país que cuenta con una riqueza biológica incalculable (García-Hernández, 2005). La naturaleza ha creado durante siglos varias sustancias activas que, correctamente aplicadas, pueden controlar insectos plagas de manera eficiente. El reemplazo de los insecticidas sintéticos por sustancias vegetales representa una alternativa viable, pero no significa que estos extractos de plantas pueden restablecer por sí mismos el equilibrio ecológico que reclamamos para un sistema agro ecológico estable.

El control directo con este método no deja de ser una medida de emergencia y debe utilizarse con mucha precaución. Además, como no son sistémicos hay que aplicarlos con mucha precisión en el envés de las hojas, donde habitan la mayoría de los insectos plagas. Las ventajas de las sustancias botánicas son obvias: la mayoría son de bajo costo; están al alcance del agricultor; algunas son muy tóxicas pero no tienen efecto residual prolongado y se descomponen rápidamente; en su mayoría no son venenosas para los mamíferos.

Los compuestos químicos encontrados en ciertas plantas tienen reacciones de diferente índole frente a los organismos que se desean eliminar. Así, se han detectado sustancias inhibitoras del crecimiento y fitohormonas. Estas nos pueden dar una idea sobre las posibles reacciones entre planta y planta. Las reacciones de planta a hongo parecen basarse en la presencia de una sustancia “antihongo”, cuyo mecanismo de defensa es inducir la lignificación (acumulación de lignina que causa endurecimiento de las paredes celulares).

Las reacciones planta-insecto son las que mejor han sido estudiadas. En la literatura aparecen descritos alrededor de 866 diferentes plantas que funcionan como insecticidas, 150 que controlan nemátodos y muchas más que ayudan a combatir ácaros, babosas y ratas.

En su forma más simple los insecticidas botánicos pueden ser preparaciones crudas de partes de plantas para producir un polvo o talco, que en ocasiones se diluye en agua o algún polvo de arcilla o tierra de diatomeas, entre otros (García, 2009).

- El Nim (*Azadirachta indica* A. Juss), Fam. *Meleaceae*

Todas sus partes contienen sustancias activas que desde hace siglos se están utilizando en la India en la protección vegetal pero también en la medicina veterinaria y humana. Se han aislado 25 diferentes ingredientes activos, de los cuales por lo menos 9 afectan el crecimiento y el comportamiento de los insectos.

La *Azadirachtina* y sus derivados causan generalmente una inhibición del crecimiento y alteran la metamorfosis. Estas sustancias provocan un desorden hormonal en diferentes etapas en el desarrollo del proceso de crecimiento del insecto, influyendo a las hormonas de la muda y de la juve-

nilidad. Así los insectos no son capaces de desarrollarse de una manera normal y se producen deformaciones de la piel, de las alas, patas y otras partes del cuerpo. Por su modo de acción básicamente es un veneno por digestión.

- La Violeta (*Melia azedarach*), Fam. *Meliaceae*

La Violeta pertenece a la misma familia del Nim y contiene como sustancias activas también derivados de los triterpenoides. Es un veneno de contacto y por digestión. Controla larvas de lepidópteros, áfidos, ácaros, langostas, entre otros.

- El Ajo (*Allium sativum*), Fam. *Liliaceae*

El ajo por lo general se cultiva para la alimentación humana pero también puede ser usado en la protección vegetal como insecticida, fungicida y antibacterial. Tanto los bulbos como las hojas contienen sustancias activas que se pueden extraer con agua, o el aceite con una prensa, y aplicarlas en los cultivos. Controla larvas de lepidópteros, áfidos, chinches pequeñas y varias enfermedades causadas por hongos.

- El chile (*Capsicum frutescens*), Fam. *Solanaceae*

Muy conocido por su alto contenido de alcaloides en las frutas maduras. Estas sustancias tienen efecto como insecticida, repelente y antiviral. Controla larvas de lepidópteros, áfidos y virus.

- La papaya (*Carica papaya*), Fam. *Caricaceae*

Las hojas de este árbol, que se cultiva por sus frutas dulces y aromáticas, contienen enzimas y alcaloides que pueden ser utilizadas como fungicida y nematocida.

- La Guanábana (*Annona muricata*), el Mamón (*Annona reticulata*), Fam. *Anonaceae*

Las frutas inmaduras, las semillas, hojas y las raíces de los árboles de esta familia contienen una gran cantidad de sustancias muy efectivas en el control de plagas. Funcionan como veneno de contacto e ingestión pero el proceso es lento. Aproximadamente dos hasta tres días después de la aplicación aparecen los primeros efectos. Controla larvas de lepidópteros, áfidos, esperanzas, trips, saltamontes, escamas, entre otros.

- El Tabaco (*Nicotiana tabacum*), Fam. *Solanaceae*

El tabaco tiene como principio activo la nicotina que es uno de los tóxicos orgánicos más fuertes en la naturaleza. La nicotina actúa sobre el sistema nervioso de los insectos a través de la respiración, ingesta y contacto. Funciona como insecticida, fungicida, repelente y acaricida.

- El Piretro (*Chrysanthemum cinerariifolium*), Fam. Asteraceae

El piretro se obtiene a partir de las flores secas de crisantemos. Controla larvas de lepidópteros, áfidos, saltamontes, mosquitos, etc.

6.1 Otros extractos

En la agricultura de subsistencia o en pequeños huertos se utilizan también otros tipos de extractos como por ejemplo:

- Extracto acuoso de jabón (insecticida, acaricida).
- Extracto acuoso de ceniza vegetal (fungicida).
- Azufre, cobre o cal (fungicida).

7. AGROHOMEOPATÍA

Entre las alternativas ecológicas utilizadas destacan polvos y extractos de diversas plantas; en este contexto, la homeopatía es una alternativa nueva con gran potencial para combatir plagas, consiste en aplicar sustancias de animales, minerales y plantas, con previa sucusión. Su metodología es de fácil implementación, los preparados homeopáticos se obtienen a bajos costos y no generan resistencia como los productos químicos (Ruiz, 2003).

La sucusión es un proceso de agitación de cada una de las diluciones homeopáticas, para lo cual el frasco debe contener menos del 75% de su capacidad y consiste en golpear fuertemente la base del envase contra una superficie suave; así se facilita que el soluto se integre al solvente con todas sus propiedades medicinales (Zepeda, 2002).

Se evaluó polvo, extracto y homeopático de algunas especies para determinar el efecto sobre la población del gorgojo *Z. subfasciatus* y la protección al grano del frijol almacenado. El polvo de la semilla al 1% y el homeopático de la hoja de Nim a la 10CH reducen la emergencia y el daño al grano del frijol almacenado, del mismo modo el homeopático de abeja *A. mellifera* a la 10CH reduce en 30.2% el daño al grano del frijol (Alcántara *et al.*, 2013).

8. CONTROL LEGAL

Es el conjunto de medidas técnicas legales administrativas que permiten controlar la introducción y dispersión de una plaga perjudicial, sus productos, sub-productos e insumos que podrían ocasionar pérdidas significativas a la agricultura nacional.

El “Manejo Integrado de Plagas” debe estar fundamentado sobre regulaciones legales (Leyes, Resoluciones, Decretos, Reglamentos) fitosanitarias, con el propósito de actuar eficazmente para ampliar el área de influencia de las recomendaciones técnicas.

El control legal permite la fiscalización de los productos agrícolas importados a través de los diferentes puestos de entrada del país: aeropuertos y fronteras, con el objeto de evitar la introducción de plagas perjudiciales a nuestra agricultura. De igual manera garantiza el buen estado fitosanitario de los productos agropecuarios sujetos a exportación (Martínez, 2010).

El control legal puede ser aplicado a través de:

- a) Cuarentena Vegetal.
- b) Control Fitosanitario.
- c) Regulaciones de Insumo.

VENTAJAS DEL PROGRAMA

- Reducción del uso de agroquímicos.
- Protección al ambiente-ser humano.
- Mejora rendimiento.
- Incremento de la productividad.

LIMITANTES DEL PROGRAMA

- La dificultad en realizar programas de concientización.
- Inversión inicial alta.
- Requiere tiempo.
- Heterogeneidad de cultivo.
- Escasez de proveedores.

9. MANEJO INTEGRADO

Según la definición de la FAO:

El Manejo Integrado de Plagas es una metodología que emplea todos los procedimientos aceptables desde el punto económico, ecológico y toxicológico para mantener las poblaciones de organismos nocivos por debajo del umbral económico, aprovechando, en la mayor medida posible, los factores naturales que limitan la propagación de dichos organismos.

De acuerdo con esta definición, el objetivo del manejo integrado de plaga es minimizar el uso de productos químicos y dar prioridad a medidas biológicas, biotécnicas y de fitomejoramiento, así como a técnicas de cultivo.

Características básicas del MIP:

- El control se basa en conocimientos sobre los organismos nocivos y benéficos.
- La meta es, establecer las poblaciones de organismos dañinos a bajo nivel de densidad no eliminarlos.
- La combinación de varias medidas de control.
- La inclusión del ecosistema en la estrategia del control para lograr manejar.
- La aplicación de estrictas reglas de rentabilidad. Quiere decir, sólo se implementen medidas de control cuando el perjuicio esperado es mayor que los costos de dicha medida. Esto nos lleva al concepto del umbral de intervención.
- Realización de las aplicaciones de las medidas a su debido tiempo, con esto se renuncia al “calendario de aplicaciones”, por ser éste un método que induce a un empleo excesivo e indiscriminado de plaguicidas.

10. CONCLUSIÓN

La misión fundamental de la agricultura es la producción de materias primas y alimentos en cantidad y calidad suficiente para atender las necesidades de la población mundial en constante aumento. Sin embargo, cada vez es más necesario que la agricultura encuentre un punto de equilibrio entre la productividad y la sostenibilidad.

En el futuro inmediato, la agricultura deberá desarrollar los mecanismos de equilibrio entre los muy diversos factores físicos, químicos, biológicos, sociales y ambientales que convergen en la finca. Se debe fundamentar una cultura adecuada en la sociedad para que los nuevos especialistas en agricultura orgánica desarrollen paquetes tecnológicos de manejo de plagas que sean capaces de controlar la incidencia de las plagas en niveles en que los bienes del hombre no sufran daños, pero que permitan mantener un estado ambientalmente saludable (García, 2009).

En la agricultura orgánica, el manejo de plagas puede ser el reto más difícil de resolver. Se requiere aprender a administrar los recursos disponibles en bienestar de la generación presente y de las futuras. Se deben valorar y aprovechar las innumerables especies vegetales con potencial repelente o insecticida.

Es importante aprovechar la guerra interna que se desarrolla en la clase *Insecta*, encontrar y desarrollar los enemigos naturales de las plagas que amenazan los cultivos. El ser humano tiene ante sí otra oportunidad de demostrar su capacidad de ingenio y creatividad para sostenerse como parte de los ecosistemas del planeta.

BIBLIOGRAFÍA

- Alcántara, S., *et al.*, (2013). “Polvos, extractos y homeopáticos para disminuir gorgojo de frijol”. *Ciencia y Tecnol. Agrop. México*. Vol.1, Núm. 1: 37-42
- Alvarez, R. J., Díaz G. J., López N. J., (2005). “Agricultura orgánica v.s. agricultura moderna como factores en la salud pública. ¿Sustentabilidad?” *Horizonte Sanitario*, 5: 28-40.
- Álvarez, S. (2005). “La descomposición de materia orgánica en humedales: la importancia del componente microbiano”. *Ecosistemas*, vol. 14, núm. 2, pp. 17-29 Asociación Española de Ecología Terrestre Alicante, España.
- Brechelt, A. (2004). *El manejo ecológico de plagas y enfermedades*. FAMA. Republica Dominicana. 36 pp.
- Camarena, G. G., De la Torre, A. R., (2007). “Resistencia sistémica adquirida en plantas: estado actual” *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, vol. 13, núm. 2, julio-diciembre, pp. 157-162 Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- Copping, L.G., (1998). *The Biopesticide Manual. British Crop Protection Council*. Franham, Surrey, UK. 333 p.
- Cranshaw, W., Sclar, D.C., Cooper, D. (1996). *A review of 1994 pricing and marketing by suppliers of organisms for biological control of arthropods in the United States*. *Biological Control* 6: 291-296.
- García, H. J., Troyo, D. E., Fraga, P. H., Murillo, A. B., (2002). *Manual práctico para reconocimiento y control de plagas del naranjo en B.C.S*. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. Publicación para la transferencia y divulgación No. 9. 38 p.
- García, H. J., Nolasco, H., Troyo, D. E., Murillo, A. B., Flores, H. A., Orona, C., Valdez, C. (2005). *The effects of insecticides on the peroxidase activity in hot pepper plants (Capsicum annum L.)*. *Revista Chapingo-Serie Horticultura*. 11: 129- 133.
- García, H. J., Valdez C. R., Servín, V. R.; Murillo, A. B., Rueda, P. E., Salazar, S. E., Vázquez, V. C., Troyo, D. E. (2009). “Manejo de plagas en la producción de hortalizas orgánicas” *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, vol. 10, núm. 1, pp. 15-28 Universidad Autónoma de Yucatán Mérida, Yucatán, México.
- Gaugler, R., Kaya, H. (1990). *Entomopathogenic Nematodes in Biological Control*. CRC Press. Boca Raton, FL, EUA.
- Gómez, A. (2000). *Agricultura Orgánica en el Codex Alimentarius. Seminario Protección del Consumidor desde las ONG's y el Codex Alimentarius*. CEADU. Montevideo. http://internet.com.uy/rusinek/tf/04agroecologia/ag_r01.htm (10 mayo 2005).

- Karg, G., Suckling, D.M. (1997). *Polyethylene dispensers generate large scale temporal fluctuations in pheromone concentrations*. *Environmental Entomology*, 26: 896-905.
- Lamas, N., M., Neri, F. O., Sánchez, R. G., Galaviz, R. J. (2003). "Agricultura Orgánica, Una Oportunidad Sustentable de Negocios para el Sector Agroalimentario Mexicano". FIRA Boletín Informativo Núm. 322, Volumen XXXV. 123 pp.
- Landon, L. C. (2005). "Los medios de vida crecen en los huertos. Diversificación de los ingresos rurales mediante las huertas familiares". Folleto de la FAO sobre diversificación 2. Dirección de Sistemas de Apoyo a la Agricultura. ONU. Roma. 48 pp.
- Loya, R. J., García, H. J., Ellington, J.J, Thompson. D.V. (2003). "Impacto de la asociación de cultivos en la densidad de insectos hemípteros entomófagos". *Inter-ciencia* 28: 415-420.
- Martínez N. (2010). "Manejo integrado de plagas: una solución a la contaminación ambiental". *Comunidad y Salud*. vol.8, n.1, pp. 073-082. ISSN 1690-3293.
- Méndez, V. E., Lok R. y Somarriba E. (2001). "Interdisciplinary analysis of homegardens in Nicaragua: microzonation, plant use and socioeconomic importance". Kluwer Academic Publishers. Netherlands. Agroforestry Systems, 51: 85-96.
- Millar, J.R., Cowles, R.S. (1990). "Stimulo-deterrent diversion: a concept and its possible applications to onion maggot control". *Journal Chemical Ecology*, 16: 3197-3212.
- Mora, A. A., Téliz, O. D., Mora, A. G., Sánchez, G. P., Javier, M. J., (2003). "Progreso temporal de escoba de bruja (*fusarium oxysporum* y *f. subglutinans*) en huertos de mango (*Mangifera indica* L.) cv. Haden en Michoacán", México Revista Mexicana de Fitopatología, vol. 21, núm. 1, pp. 1-12 Sociedad Mexicana de Fitopatología, A.C. Texcoco, México.
- OCIA (Organic Crop Improvement Association International, Inc.). (2005). *Estándares Internacionales de Certificación*. OCIA Internacional. Lincoln, NE, EUA. 198 pp.
- Rechcigl, J.E., Rechcigl, N.A. (2000). *Biological and Biotechnological Control of Insect Pests*. Lewis Publishers, Boca Raton, New York. 451 p.
- Ruiz, E.F. (2003). *Agrohomeopatía una alternativa ecológica, tecnológica y social*. Tesis doctoral. Departamento de Sociología Rural, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- Salas J. (1993). "Manejo Integrado de Plagas: Una alternativa ante la Problemática del uso Creciente e Irracional de Plaguicidas". En: VI Curso de Manejo Integrado de Plagas. FONAIAP. Centro de Investigaciones Agropecuarias del Estado Monagas.

- Sekamatte, B.M., Ogenga, M., Russell, A. (2002). *Effects of maize-legume intercrops on termite damage to maize, activity of predatory ants and maize yields in Uganda*. *Crop Protection* 22: 87-93.
- Tanada, Y., Kaya, H.K. (1993). *Insect Pathology*. Academic Press. San Diego, CA, EUA.
- Valland, G. E.; Goodman, R. M. (2004). *Systemic Acquired Resistance and Induced Systemic Resistance in Conventional Agriculture*. *Crop Science* 44: 1920-1934.
- Vet, L.E.M., Dicke, M. (1992). Ecology of infochemical use by natural enemies in a tritrophic context, *Annual Review Entomology*, 37: 141-172.
- Yussefi, M. (2005). *Current status of organic farming worldwide*. pp: 9-16. In H. Willer and M. Yussefi (Eds.) *The World of Organic Agriculture, Statistics and Emerging Trends*. International Federation of Organic Agriculture Movements.
- Zamorano, U. J. (2005). "Evolución y perspectivas de la agricultura orgánica en México". *Claridades Agropecuarias* 140: 3-19.
- Zavaleta, M. E. (1994). "Control biológico de fitopatógenos". pp 115-125. En: R. Alatorre R. y A.W. Guzmán F. (eds.). *Memorias V Curso de Control Biológico*. *Sociedad Mexicana de Control Biológico*, México.
- Zepeda C.L. (2002). *Diccionario médico homeopático ilustrado*. Editorial Porrúa. México, D.F. 349 p.



PROCURADURÍA
AGRARIA

IX. INTRODUCCIÓN A LA AGROHOMEOPATÍA. UNA ALTERNATIVA DE VIDA PARA EL PRODUCTOR AGROPECUARIO

FELIPE DE JESÚS RUIZ ESPINOZA

1. INTRODUCCIÓN

El conocimiento es un proceso de continuo acercamiento a la verdad y la ciencia es la comprobación de esa verdad. En el caso de la aplicación de las sustancias elaboradas bajo el método homeopático, que es la temática del presente trabajo, se abordará a partir del nexo real con la realidad, que representa el efecto biológico que genera una sustancia infinitesimal en un organismo vivo.

Si bien, dicho conocimiento se puede evidenciar al aplicar una sustancia infinitesimal y generar una respuesta en un organismo vivo, falta descubrir cómo actúa una sustancia que de la 12C en adelante, ya no contiene el soluto inicial y su mecanismo de acción en el proceso celular y molecular de un organismo vivo, sin embargo, se puede evidenciar el efecto biológico en cualquier momento.

En el caso de la producción agropecuaria, hablar de alternativas reales para los productores agrícolas es interesante y representa un reto, porque muchas propuestas se basan en soluciones hipotéticas. Sin embargo, hablar de agrohhomeopatía como una *alternativa de vida* que incida en la sustentabilidad, es aludir a la realidad y sobre todo a la práctica cotidiana del agricultor, quien tiene que lidiar siempre con problemas en el ámbito social, económico, ecológico y sobre todo productivo. Es necesario insistir que la agrohhomeopatía es un *conocimiento científico*, que se está construyendo y que por ello, puede contribuir al avance del conocimiento actual en beneficio de los productores.

La agrohhomeopatía puede abordarse desde diversas vertientes; ya sea en su aspecto ecológico, en su vertiente económica o en su incidencia social, en todas ellas la agrohhomeopatía puede incidir y, por esa versatilidad, es factible que el productor puede incorporarla en su vida cotidiana, sobre todo, por la particularidad de nula contaminación de los alimentos producidos.

Actualmente la sociedad atraviesa un periodo difícil, no sólo por la problemática económica, sino por la problemática ecológica, dónde se muestran los problemas generados por los procesos de contaminación que afectan directamente la calidad de las enfermedades denominadas “crónico-degenerativas”, que han dañado su calidad de vida.

Es posiblemente ahí, donde cualquier alternativa debe incidir para mejorar la calidad de vida y salud de los productores y consumidores. La salud en este momento adquiere una relevancia fundamental, en la medida en que han aparecido enfermedades propias de los países ricos como la obesidad, los problemas circulatorios, una diversidad de cánceres, problemas de hipertensión y altos niveles de azúcar en la sangre.

La necesidad de alimentos sanos lleva implícito la inocuidad y nula toxicidad de los mismos, aunque algunos consideren que siempre se han consumido sustancias tóxicas y no ha existido mayor consecuencia, sin embargo, el problema de salud lleva directamente a un sufrimiento innecesario y una menor calidad de vida, por lo que es humanamente indispensable la búsqueda de alimentos que nutran y no dañen a la salud, más aún, hacen falta alimentos que nutran e incidan en mejorar la salud de consumidores y productores; asimismo, que dichos alimentos sean accesibles a toda la población.

1.1 Antecedentes

Las posibles alternativas para el momento actual requieren de aspectos concretos, que puedan instrumentarse de forma inmediata por los productores. Parte de los esfuerzos en esta búsqueda pretenden encontrar soluciones a los diversos problemas técnicos, como la contaminación de los alimentos, generado por el uso de sustancias tóxicas en la producción agropecuaria, la disminución de la producción por el daño de plagas, enfermedades y la disminución de la productividad de los suelos, así como la dependencia de los productores del mercado de los agroquímicos y del continuo aumento de los costos de producción de los insumos agropecuarios; ante ello, se han retomado las experiencias de la agricultura tradicional, ya sea reconceptuándola como es el caso de la agroecología, implementado la agricultura orgánica o agricultura biológica, incluso la agricultura biológico-dinámica.

El común denominador de estos diversos tipos de producción, es que se busca la eliminación de la contaminación en el proceso de producción y en los alimentos producidos. En ésta búsqueda resaltan experiencias como la agricultura biológico-dinámica que implementó Rudolf Steiner el siglo pasado y las experiencias de la señora Lili Kolisko, quien implementa el uso de dinimizaciones homeopáticas, en lo que denominó la agricultura del futuro.

Cabe señalar, que de los diversos tipos de agricultura, esencialmente la agricultura biológico-dinámica y la que llamaremos agrohomeopatía cumplen con la característica no contaminante por su proceso de elaboración, aplicación y efecto sobre los organismos vegetales y animales en los que se aplica.

La agrohomeopatía se ha conformado en un conocimiento moderno, novedoso, efectivo y prometedor proceso de producción agropecuaria, para incidir en resolver

de otra forma los problemas que afectan a los cultivos y al ganado en el ámbito de las plagas y enfermedades, e incremento de biomasa vegetal y muscular. Ésta búsqueda de alternativas incluye los aspectos ecológicos, buscando que éstas no sean contaminantes; porque este es un aspecto importante para la vida no sólo de las comunidades campesinas e indígenas sino de toda la sociedad, debido a que el uso de agroquímicos inciden negativamente en la calidad de vida y salud de toda la población.

2. PROBLEMÁTICA DEL PRODUCTOR

Cualquier productor de manera cotidiana tiene diversos problemas, que van desde la propiedad de la tierra, la baja rentabilidad de la producción, la disminución del volumen de la producción por el ataque de plagas y enfermedades, el bajo rendimiento por los suelos con menor cantidad de nutrientes, la carencia de agua suficiente para los cultivos, en fin, una serie de problemas que desmotivan a los productores a continuar trabajando en el campo y que lo obligan en ocasiones a abandonar su tierra o cambiar de actividad.

Hay que señalar que una constante de los productores y del resto de la población es el continuo deterioro de su salud, lo que reduce su calidad de vida. Hasta este momento los diversos tipos de agricultura, incluyendo la agrotóxica, no han resuelto de manera real el problema de plagas y enfermedades, un ejemplo de ello son los problemas virales. Dentro de los aspectos económicos encontramos los bajos precios de los productos agrícolas y pecuarios y los altos precios de los insumos, sobre todo de los agroquímicos.

En el ámbito ecológico encontramos la permanente contaminación que afecta a todo y todos, situación que aqueja directamente la salud de los productores no sólo por el contacto directo con los agrotóxicos, sino por el consumo de los alimentos producidos. Evidentemente la poca rentabilidad de la agricultura se manifiesta en el problema social de aumento de la miseria, la desnutrición y el aumento de la emigración de la mano de obra del campo.

La agrohomeopatía puede contribuir a resolver dos de los problemas más importantes a resolver en el agro mexicano: primero arraigar a los productores garantizándoles condiciones de vida más humanas y segundo contribuir a mejorar su nutrición y salud.

2.1 Los agroquímicos

El uso de agroquímicos en la agricultura que en su inicio se planteó como la panacea, en este momento han generado un proceso inverso en términos de beneficio, por un lado, se planteaban como una alternativa contra la falta de alimentos, situación que ha quedado demostrada que si bien incidió en aumentar la biomasa, los beneficios económicos no llegaron a los productores minifundistas.

Por otro lado, se ha generado un proceso natural de resistencia de las plagas y enfermedades a los pesticidas, situación que se ha incrementado con la contaminación y aumento del costo, que se ha vuelto contra los productores.

Ello se ha manifestado más directamente, por ejemplo, con el uso de sustancias como las hormonas de crecimiento que inducen mayor cantidad de leche en las vacas, pero le generan problemas de contaminación por secreciones muco purulentas, que además producen cáncer en quienes toman esa leche.¹

En el caso de la agricultura se conoce que los pesticidas han contaminado todo, al suelo, a las plantas, a los animales y al propio hombre que consume esos cultivos y que incorpora de manera cotidiana cantidades “*pequeñas*” de los agrotóxicos, que al paso de algún tiempo, se manifestaran como enfermedades que se harán crónicas. La explicación de la falta de salud de los mexicanos, se encuentra en el consumo habitual de productos con diversos contenidos de sustancias tóxicas, que al final incidirán directamente en su salud.

Un ejemplo de lo anterior es abordado por Restrepo (1998), quien citando a investigadores de la UAM, sobre sustancias encontradas en la leche comercial, que sirve de base para la alimentación a nuestra población, señala que *encontraron en esa leche residuos de lindano, aldrín, dieldrín, HCH, heptacloro, endrín y sus metabolitos, todos ellos con mala fama por los efectos negativos que causan a la salud y al medio, y que generalmente se manifiestan en el largo plazo.*²

Otro de los problemas que el productor tiene con los agrotóxicos es la dependencia de ellos. El productor sólo es el receptor y aplicador de los productos que incluso le pueden causar la muerte si su empleo es inadecuado. La organización mundial de la salud alude a daños ocasionados por los pesticidas como cancerígenos, mutagénicos, con efectos sobre la reproducción y daños prenatales (Véase anexo 1).

2.2 La calidad de vida

La salud de la población se ha visto deteriorada por la aparición de enfermedades consideradas de primer mundo: diabetes, hipertensión, obesidad, cáncer, infarto al miocardio. Si bien no se reconoce oficialmente, por las implicaciones que tiene para los negocios de los agroquímicos, existe una relación directa entre la alimentación en ocasiones inadecuada por la cantidad de sustancias tóxicas y la salud.

La mayoría de los alimentos agrícolas y pecuarios en su proceso de producción, se les incorpora alguna cantidad de tóxicos para controlar que dichos alimentos se

¹ Ruiz, M., C. 2004. “La hormona recombinante de crecimiento bovino. Pus en la leche”. Periódico *La Jornada*. Masiosare Núm. 315. 4 de enero de 2004. p. 12.

² Restrepo, I. 1998. “Residuos de plaguicidas en leche”. Periódico *La Jornada*. La Jornada virtual. Lunes 16 febrero de 1998.

produzcan con menor daño por plagas y enfermedades, así como para producir mayor cantidad de los mismos. Son esas pequeñas cantidades las que al paso del tiempo generarán los problemas de salud, que se manifestarán en ocasiones cuando el organismo ya está dañado y se presenta ya como un problema crónico en el individuo.

Es claro que un pueblo o individuo que pierde la salud reduce su calidad de vida, por ello para una política agrícola es imprescindible considerar no sólo el mercado, sino las condiciones de producción y alimentación de los productores; sin olvidarse que todos somos consumidores y, por lo mismo, dicha política debe contemplar a toda la población, su alimentación y su salud.

En una alimentación adecuada, deben combinarse los alimentos y existir una buena proporción entre ellos, además, en la actualidad debe consumirse alimentos accesibles a todos, donde se garantice la nula contaminación y toxicidad; tal como pueden hacerlo posible los alimentos elaborados mediante la agricultura orgánica, la biológico-dinámica y fundamentalmente por la agrohomeopatía, la cual garantiza mayor cantidad de alimentos libres de toxicidad, de contaminación y con inocuidad.

2.3 La agricultura moderna

Desafortunadamente la agricultura desarrollada por la Revolución Verde ha tenido un impacto negativo sobre la salud de los productores y consumidores, ello se muestra con la permanente contaminación que se realiza con sus productos de síntesis. Se ha contaminado el suelo, las plantas, los animales y al propio hombre, lo cual ha incidido negativamente sobre la vida y la calidad de vida; ya que tanto los suelos como los hombres se encuentran contaminados en diversos grados con los agroquímicos, lo que repercute en su salud.

Los alimentos que se consumen de la agricultura moderna son alimentos con innegable presentación, sin embargo, con un alto grado de toxicidad, ya que cantidades muy pequeñas de insecticidas pueden generar desde cáncer, leucemia, diabetes, problemas serios de gestación, hasta la muerte de quien por accidente o por descuido llegue a tener contacto con ellos.

Se conoce que los pesticidas además de la contaminación que generan, han sido incapaces de controlar las plagas, las cuales se han hecho resistentes a dichos productos. La mayoría de los pesticidas pueden generar problemas cancerígenos, los hay que pueden modificar el sexo de las ratas de laboratorio como el elaborado con atrazina.

Muchos de los pesticidas no sólo contaminan, sino que son incapaces de incidir en forma positiva sobre los problemas crónicos de plagas y enfermedades que afectan a la producción agropecuaria.

En este momento los transgénicos son la parte “más avanzada”, sin embargo, implica para países como México, incursionar en una mayor dependencia y daño a la

autosuficiencia alimentaria, incluso no han demostrado que su uso genere en el caso del maíz, en una mayor producción, resistencia a la sequía y control de plagas y enfermedades y reducción de pesticidas.³

2.4 Otra posibilidad

Los diversos tipos de agricultura pueden dividirse según los recursos económicos (capitalista, no capitalista); la cantidad de tierras (intensiva, extensiva); la disposición de agua (riego, temporal), el tipo de propiedad (propiedad privada, ejidal, comunal); el uso de sustancias de síntesis (química, orgánica).

Por ello, a pesar de vivir en la época de los transgénicos y de la biología molecular, existe la revaloración y actualización de un conocimiento que puede impactar y contribuir adecuadamente en el proceso de mejorar la calidad de vida de los productores y consumidores, además que no daña cultivos, ni animales, ni al suelo, y de esta manera, incidir en hacer más adecuada la vida de todos los seres humanos, sin contaminar los medios donde se desarrolla la producción agropecuaria.

Hasta este momento, no ha quedado evidenciada la nula toxicidad y daño de los transgénicos, más aún, las transnacionales controlan directamente el proceso de investigación y de exposición de resultados, y con ello, controlan directamente a investigadores aun cuando exista conflicto de interés.

Las investigaciones independientes son satanizadas por los conglomerados económicos y de investigación institucionalizada, como es el caso de la investigación de Gilles-Eric Seralini, quién en una investigación de 2 años, alimentó ratas con el maíz transgénico NKp63 que contiene glifosato, y ese consumo, las hizo susceptibles a cáncer, les generó tumores mamarios, y daños severos en hígados y riñones.⁴

A diferencia de los transgénicos, lo que se propone, está relacionado con la aplicación de un conocimiento nuevo, denominado agrohomeopatía, que según Ruiz (2004), concibe como un conocimiento científico que aplica dinimizaciones homeopáticas en la producción agropecuaria, conforme a los principios de la homeopatía.⁵ Este conocimiento está sustentado en la homeopatía.

En el caso de la Universidad Autónoma Chapingo, el primer trabajo se realiza en 1971, por Lara, quien investiga sobre los medicamentos de patente. El grupo de agrohomeopatía comienza a trabajar desde 1990, y en 1997, se la define como el conoci-

³ Turrent F., A. 2012. "Plan de Monsanto para sembrar maíz transgénico en México". Periódico "La Jornada" miércoles 24 de octubre. Sección Opinión. México. p. 24.

⁴ Seralini G.-E. 2012. "Causa cáncer en ratas maíz transgénico de Monsanto". Periódico *La Jornada*. Sección Ciencias. Jueves 20 de septiembre. México. p. 2.

⁵ Ruiz E., F. de J. 2004. "Aportaciones de la Agrohomeopatía a la Agricultura." Ponencia para el V. Congreso Internacional de biotecnología y Agricultura. Realizado en la Universidad de Ciego de Ávila del 7 al 11 de febrero de 2005. p. 1.

miento de aplicación de las dinamizaciones infinitesimales en la producción agrícola en su inicio, y posteriormente en lo pecuario.

La agrohomeopatía es parte del conocimiento agronómico y veterinario en la medida que pretende incidir en la producción de alimentos sanos, libres de contaminantes, sin dañar al medio ambiente o a cualquier organismo vivo que tenga relación con la producción, distribución y consumo de dichos alimentos.

Además, se tienen dos aspectos importantes: incidir en el incremento de la producción, para ello se aplican dinamizaciones infinitesimales que rebasan el número de Avogadro y por el otro, dar elementos para ampliar el conocimiento a través de las dinamizaciones infinitesimales, que se convierten en el completo de las dosis químicas cuantificables.⁶



Foto: Inspeccionando un cultivo de crisantemo con problemas de roya.

2.5 Antecedentes de la homeopatía

La homeopatía, es un conocimiento científico, que se aplica desde hace más de 200 años. Su creador fue el médico alemán Samuel Cristiano Federico Hahnemann quién en 1796 la plantea y muestra los resultados de la experimentación directa que realizó, a partir del convencimiento que la medicina de la época no funcionaba conforme a principios y era inhumana.⁷

La historia menciona que el Dr. Hahnemann partió de una aseveración del Dr. William Cullen, famoso médico escocés en la que éste aseguraba, al hablar de la *China* o corteza del árbol del Perú, nombre con el que también se le conocía, que siendo esta sustancia amarga, originaba en el estómago del enfermo un nuevo producto contrario a la fiebre.

⁶ Ruiz E. F. de J. 2004. "Hacia un nuevo paradigma en la agricultura". Revista *Aquí Centros Regionales*. Año 11, Núm. 39. Septiembre 2004. Chapingo, México. p. 21.

⁷ Hahnemann, S. 1984. *Organón de la Medicina*. Prefacio del autor a la sexta edición. Ed. Porrúa. México. pp. 15-16.

Tal explicación no satisfizo al Dr. Hahnemann que, deseoso de conocer la verdadera forma de obrar de la *China*, experimentó en sí mismo, tomando dos veces al día una porción de la sustancia pura, efectuando así la primera experimentación en el hombre sano, método que después habría de servir como base para su sistema médico.⁸

El hecho de que el Dr. Hahnemann consumiera durante varios días la chinchona, y cada vez que la ingería, aparecían los síntomas de la enfermedad, motivó que considerara que existía una relación directa entre el consumo de la chinchona y los síntomas que presenta la malaria. Se desconoce cómo fue que el Dr. Hahnemann consideró que con la atenuación de la chinchona y aplicada en un enfermo se podría revertir la enfermedad, situación que quedó evidente al aplicarse la chinchona “atenuada” en un enfermo de malaria. Con ello nació la homeopatía y su principio central que enuncia que el similar se cura con el similar.⁹

La homeopatía tiene la virtud de poder influir de forma directa sobre cualquier organismo vivo, sea este un animal, una planta o el mismo hombre; incluso se puede incidir sobre los microorganismos.

El hecho de que las plantas y animales respondan a las dinamizaciones homeopáticas, evidencia que el llamado efecto placebo adjudicado a la homeopatía es falso, ya que se han aplicado dinamizaciones medias (30C, 60C) o altas (200C, 1,000 C) y se han mostrado respuestas a pesar de no tener ya el soluto inicial de una concentración química, ya que de la 12C en adelante, una dinamización ya no contiene ninguna partícula de la sustancia utilizada para su elaboración.¹⁰

Debe señalarse que el principio del similar fue planteado inicialmente por Hipócrates, quien consideraba que existían tres formas de curar a la enfermedad: por medio de contrarios, por medio de similares y otros.¹¹ Posteriormente, Mendiola (1996) señala que Paracelso recuperó el principio del similar en su práctica médica y planteó que con ese principio se podían curar las enfermedades, indicando que lo que produce la ictericia cura la ictericia. Posteriormente el Dr. Hahnemann retoma o redescubre el principio del similar en la experimentación pura realizada para corroborar el efecto de la chinchona.

La homeopatía se ajusta a los principios de la ciencia en la medida que por medio de ésta, se tiene la hipótesis de que una sustancia que en dosis cuantificable produce un determinado síntoma en un organismo sano, en un organismo enfermo con ese

⁸ Larnaudie R. 1975. *La vida sobre humana de Samuel Hahnemann. Fundador de la Homeopatía*. Colección LEA 1. Fernando Aldape Barrera. Editor. Ed. Costa AMIC. México. pp. 133-137.

⁹ García T. E. 1984. *Compendio de Materia Médica Homeopática*. 4a Edición. Ed. Propulsora de Homeopatía. México. pp. 14-16.

¹⁰ Scofield, A. M. 1984. “Homeopathy and its Potential Role in Agriculture. A Critical Review. Biological, Agriculture and Horticulture”. *An International Journal*. Vol. 2 No. 1. USA.

¹¹ Zepeda Castañeda L. 1992. *La homeopatía. Historia de la medicina, enfermedades, medicamentos, tratamientos y atención del enfermo*. Ed. EDAMEX. México. p. 41.

mismo síntoma, dicha sustancia lo puede aliviar. Por ello, se insiste que, en la expresión “toda sustancia capaz de producir en el organismo relativamente sano del hombre, en dosis masiva, un conjunto de trastornos patológicos, cura, en dosis mínima conveniente, los trastornos análogos que existen en el organismo enfermo”.¹²

2.6 Historia de la agrohomeopatía

El mérito de haber incursionado en la producción pecuaria corresponde al Dr. Hahnemann, ya que como sostiene Silva (2008), él aplicó el *Natrum muriaticum* en su caballo para solucionar un problema de oftalmia que padecía.¹³ Sin embargo, fue la doctora Lili Kolisko y su esposo Eugene, quienes siguiendo las recomendaciones de Rudolf Steiner desarrollaron y aplicaron las dinamizaciones infinitesimales, particularmente, las elaboradas de fertilizantes a la 30C, realizando en forma práctica la investigación sobre plantas y animales, en lo que denominaron, “*La Agricultura del Futuro*”; que es la base de la conformación del conocimiento en *Agrohomeopatía*, por esa posibilidad de usar dinamizaciones homeopáticas tanto en plantas como en animales.¹⁴

Ese avance abrió la aplicación sobre cualquier organismo vivo incluso sobre la materia inerte, tal como existe en diversas investigaciones. Comenta Gibson (1993), que después de ellos, se han realizado muchos experimentos en plantas con el objetivo de corroborar que la homeopatía no tiene efecto placebo y existe respuesta no sólo en su aplicación en seres humanos, ya que funciona en organismos diferentes al hombre como las plantas y los animales, insectos y microorganismos.¹⁵

Es hasta el año de 1990 que en la Universidad Autónoma Chapingo, se comenzó el proceso de investigación para saber si las plantas responden a la aplicación de dinamizaciones homeopáticas, así como ratificar su uso en la producción pecuaria; posteriormente la siguiente fase fue pasar a la experimentación en campo (en la que nos encontramos) y finalmente, plantear un sistema de producción que sirva de guía a los productores para la elaboración de alimentos agrícolas y pecuarios libres de toxicidad.¹⁶

Hay que señalar que el primer trabajo registrado en Chapingo en esta vertiente, se realiza por Lara (1971), quién investiga el uso de las medicinas de patente en frijol, en forma cuantificable y en forma homeopática mostrando el efecto diferenciado de una

¹² Mendiola Q. R. 1996. *Bases científicas de la medicina Homeopática*. Ed. IPN. México. pp. 22 y 28.

¹³ Silva C., E. 2008. *Homeopatía Veterinaria*. Ed. Propulsora de Homeopatía. México. p. 23.

¹⁴ Kolisko, E; Kolisko, L. 1939. *Die Landwirtschaft der Zukunft*. Ed. Kolisko. Alemania. 468 págs.

¹⁵ Gibson, S.; R. Gibson. 1993. *Homeopatía para todos*. Ed. Grijalbo, México. p. 162.

¹⁶ Inicialmente el grupo de agrohomeopatía estuvo conformado por el Ing. Segilfredo Castro Inzunza y el Profesor Felipe de Jesús Ruiz Espinoza, en 1997 se incorporó el Profesor Jorge Curtis Patiño. En la actualidad participan también el Ing. José Guadalupe Betancourt Ventura y el Dr. Serafín Tinajero Anaya.

misma sustancia; lo que corresponde a la experimentación pura.¹⁷ En la actualidad, en América comienza el uso e investigación en países como Cuba, Brasil, Costa Rica, en donde existe un desarrollo incipiente a excepción de Brasil, donde existe un equipo de trabajo amplio sobre la temática.

En Europa, Inglaterra, Alemania, Francia e Italia, hay grupos que tienen trabajos, asimismo, en la India y en Japón. En México se ha iniciado el proceso, aparte de la Universidad Autónoma Chapingo, en las Universidades Autónomas de Sinaloa, de Chiapas, de Puebla, en la Universidad Intercultural de Matlapa de San Luis Potosí, en la Universidad de Matehuala y en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Ruiz (2012), menciona que hay productores que están incorporando al proceso de producción las dinamizaciones infinitesimales, señalaremos particularmente a Horacio Honorato que produce lechugas y Ángel Jesús León Bartolano y su esposa Doña Cristina Gómez aplican en Nepantla, Estado de México dichas dinamizaciones en la producción de durazno. A lo largo del país hay más productores en Tlaxcala, Chiapas, Michoacán, Estado de México, Puebla, Tabasco, Oaxaca, Veracruz y San Luis Potosí.¹⁸

En la Universidad Autónoma Chapingo desde el año 2003, la agrohomeopatía existe como parte de los planes y programas de estudio, como materia optativa, teórico-práctica.



Foto: Capacitación de productores en San Jerónimo Silacayoapilla, Oaxaca.

¹⁷ Lara C., E. 1971. *Las plantas como indicadores del efecto de las medicinas en los seres humanos*. Tesis Profesional. UACH. Chapingo, México. 58 págs.

¹⁸ Ruiz E, F. de J.; J. G. Betancourt V.; S. Tinajero A. 2012. *Avances de la agrohomeopatía en México*. Memoria del IX Foro Interinstitucional La Homeopatía, la producción agropecuaria y la salud en el medio rural. Chapingo, México. pp. 105-118.

2.7 Caracterización

La agrohomeopatía, es un conocimiento novedoso, moderno y con propuestas viables, accesibles y económicas para ser considerada como una alternativa no tóxica, no contaminante e inocua. La agrohomeopatía cuenta con los principios de la homeopatía, con un método, reglas de preparación y con un procedimiento de experimentación y aplicación.

El descubrir como una sustancia afecta a un organismo vivo, consideró la efectividad de las dosis infinitesimales, ya que el similar se cumple en la medida de que el efecto negativo causado por las grandes dosis,¹⁹ garantiza que la aplicación de la misma sustancia en forma homeopática incidirá para inhibir o eliminar los síntomas negativos causados por las grandes dosis. El hecho de que la materia sea afectada por los similares, sugiere que ahí hay un conocimiento que habrá de descubrirse a cabalidad y que muestra que la homeopatía es certera por ese proceso y que es una alternativa viable para continuar con la vida en condiciones más favorables y sin contaminación.

El hecho de que existan los principios explica que el uso y aplicación de ese conocimiento continuará mientras exista la materia, sobre todo organismos donde se pueda contribuir a solucionar problemas de salud.

Los principios de la homeopatía que menciona Mendiola son: Ley de semejantes, experimentación pura, dosis mínima (dinamizada, agregado nuestro), individualidad morbosa, individualidad medicamentosa, y dinamismo vital.²⁰ García (1984), incluye también el remedio único²¹ y se incluye también el *natura morborum medicatrix* (la naturaleza es el médico de las enfermedades),²² de los cuales, para agrohomeopatía retomamos los primero cuatro.

Para la elaboración de una dinamización se requiere no sólo estrictas medidas de higiene, sino también materiales de laboratorio para medir y pesar como matraces, probetas, jeringas y básculas. Sin embargo, en condiciones de campo se deben elaborar las dinamizaciones tomando los materiales que posibiliten su fabricación en las mejores condiciones de limpieza y con los materiales más parecidos, supliendo algunos por goteros, jeringas, envases plásticos de agua.

2.8 Principios

Hay que señalar que la agrohomeopatía es un conocimiento accesible, sencillo y eficaz, siempre y cuando se ajuste a los principios que rigen a la Homeopatía. El Dr. Hahnemann, al aludir a la homeopatía decía que: *de tal modo resulta que la homeopatía es*

¹⁹ Calabrese E. J. y Baldwin L. A. 2003. "Hormesis: The Dose-Response Revolution. Annual Review of Pharmacology and Toxicology" 43:175-197, 2003.

²⁰ Mendiola Q. R. 1996. *Bases científicas de la medicina Homeopática*. Op. cit. p. 20.

²¹ García T. E. 1984. *Compendio de Materia Médica Homeopática*. Op. cit. p. 21.

²² Zepeda C. L. 2002. *Diccionario Médico Homeopático ilustrado*. Ed. Porrúa. México. p. 236.

un sistema médico perfectamente simple, siempre constante en sus principios así como en su práctica y quien comprenda a estos así como a la doctrina sobre la que se asienta, les ha de hallar consistentes y, por ende, útiles.²³ En relación con ello, la petición a los médicos de la época “*Aude Sapere*”, es decir, “atrévete a saber”, citada en el *Organon* en su primera página.²⁴

Las elucubraciones teóricas que se planteen sobre cuestiones no científicas para aplicar la agrohomeopatía son innecesarias, si se ajustan a los principios centrales el similar y la dosis mínima dinamizada, asimismo si se contemplan los demás principios. La agrohomeopatía al igual que la homeopatía, es un conocimiento científico que puede corroborarse con el efecto biológico, por ello los planteamientos esotéricos que buscan energías y aspectos místicos, no se ajusta a lo que es la aplicación de las dinamizaciones infinitesimales en la producción agropecuaria, ni en su uso en seres humanos.

Donde falta la construcción teórica es para responder cómo funciona, sin embargo, como se plantea al final de este escrito, hay diversas hipótesis de trabajo que tratan de explicar el efecto biológico de las dinamizaciones que rebasan al número de Avogadro. Cabe señalar que, a partir de la aplicación de diversas técnicas, se va evidenciando que existe algo más que sólo agua y alcohol en las dinamizaciones infinitesimales, sobre todo en las dinamizaciones medias y altas.

Los principios en los que está basada la homeopatía son: el similar, el remedio único, la dosis mínima dinamizada, la individualidad morbosa, la individualidad medicamentosa, la fuerza vital, la naturaleza es la que cura, la experimentación pura.²⁵ De estos son dos los principios esenciales en la homeopatía, el primero el similar, y el segundo la dosis mínima dinamizada, sin los cuales no podría explicarse y comprobarse la efectividad de las dinamizaciones infinitesimales.

El primer principio que sostiene a la homeopatía es *Similia Similibus Curentur*, que indica que el **similar** se cura con el similar, de hecho, este principio se ha dado históricamente, así Mitrídates, general persa en el año 334 a. C. daba a sus soldados *pequeñas cantidades* del veneno mortal con el que se impregnaban las puntas de flecha, con lo cual obtenía una adaptación gradual —inmunidad— a sus efectos.²⁶ En nuestro país es conocido cómo se utiliza el similar para disminuir o curarse de una cruda (estado físico y/o anímico posterior a la ingesta de bebidas alcohólicas), al ingerir una cantidad menor de lo que se utilizó para emborracharse.

²³ Hahnemann, S. 1984. *Organon... Op. cit.* p. 19.

²⁴ Hahnemann, S. 1984. *Organon... Op. cit.* p. 7.

²⁵ El Dr. Rodolfo Luna Reséndiz sostiene que habría que integrar a estos, el principio de los miasmas. Propuesta hecha en forma verbal en el IX Foro Interinstitucional La Homeopatía, la producción agropecuaria y la salud en el medio rural, realizado en la UACH el 11 de abril de 2012.

²⁶ Mendiola Q., R. 1996. *Bases científicas de la medicina Homeopática. Op. cit.* p. 21.

Este principio aparece también en los dichos populares como un clavo saca a otro clavo, de tal palo tal astilla, hijo de tigre pintito, para que la cuña apriete debe ser del mismo palo, para los toros del jaral un jinete de allá mismo, el que a buen árbol se arrima buena sombra le cobija, no por mucho madrugar amanece más temprano, cría cuervos y te sacarán los ojos, dime con quién andas y te diré quién eres, el que con lobos anda a aullar se enseña. Se sabe que para sacar filo a un cuchillo éste se debe afilar en el mismo sentido en el que tiene el filo, para aminorar un dolor se utiliza otro dolor para disminuir el anterior, así, el similar es una constante y en el caso de los seres vivos, adquiere una importancia fundamental, ya que es un medio para contribuir a lograr la salud.

El similar se manifiesta en conocimientos agronómicos ya establecidos, de esta manera al referirse a los nematodos, Westgate (1952) citado por Jesse (1985), observó que las concentraciones tóxicas de cobre en el suelo pueden dar por resultado una apariencia de escobilla en el desarrollo de las raíces del apio y del maíz, tipo que es notablemente similar al producido por *Trichodorus christiei*;²⁷ así también Dickinson *et al.* (1987), señala que la deficiencia de manganeso en la cebada se asemeja a los síntomas causados por el hongo de la mancha foliar *Trhynchoporum*,²⁸ así también Wilson, *et al.* (1980), señalan que el exceso de manganeso causa clorosis en las plantas, síntoma similar al causado por la carencia de hierro y de manganeso.²⁹

3. AGRONOSODES

En Chapingo desde que se inició el uso de las dinamizaciones infinitesimales, se propuso el uso de los agronosodes como la opción agropecuaria para los productores del país y del mundo.³⁰ Los agronosodes son el similar más específico, sobre todo cuando se refiere a los microorganismos patógenos y su incidencia sobre la salud; siendo estos microorganismos la base para restablecer el equilibrio, eso conduce a recuperar la salud.

Los agronosodes son la manera más sencilla y accesible por medio de la cual se puede revertir un problema de salud en un organismo vivo, se denomina al agronosode como la elaboración homeopática hecha de la secreción de un animal, insecto o planta enfermo.³¹

²⁷ Jesse R. C. 1985. *Nematodos de los vegetales. Su ecología y control*. Ed. LIMUSA. México. p. 15.

²⁸ Dickinson, C. H.; Lucas J. A. 1987. *Patología vegetal y patógenos de plantas*. Ed. LIMUSA. p.30.

²⁹ Wilson C. L. y Loomis W. E. 1980. *Botánica*. Ed. UTEHA. México. p. 215.

³⁰ Ruiz E., F. de J.; S. Castro I.; B. Pinto C. (+) 1993. *Control Homeopático del Virus Mosaico del Tabaco (VMT) en Tabaco (Nicotiana tabacum)*. Publicado en 1998 por el Centro Regional Universitario del Anáhuac, UACH., Chapingo, México. p. 9.

³¹ Ruiz E., F. de J. 2011. *Los agronosodes y la producción agropecuaria*. Memoria del XIII Congreso Nacional de Ciencias Agronómicas. Del 27 al 29 de Abril de 2011. Chapingo, México. pp. 306-307

El agnosode corresponde y se ajusta al principio del similar, aunque el Dr. Hahnemann manifiesta en el *Organon* su desacuerdo con esta propuesta, ya que *un tercer modo de tratar a las enfermedades mediante medicinas ha sido la tentativa de crear la isopatía- así se denomina- que sería el método de curar una enfermedad dada mediante el mismo principio contagioso que la produce. Pero aun admitiendo que pudiera lograrse esto, sin embargo, y al fin de cuentas dado que al paciente se le administra un virus altamente “potenciado” y, por consiguiente, en una condición ya alterada, la curación sería efectuada únicamente poniendo un “simillimum” a otro “simillimum”*.³²

Hay que señalar que el nosode para humanos no es el mismo, sino el similar más idóneo, porque por él pasa un proceso de elaboración que hace de la preparación de un nosode (del griego *nosos*: enfermedad, que quiere decir *de la misma enfermedad*) algo similar y no igual a la sustancia de la cual se prepara, incluso es la sustancia más similar, sobre todo porque cubriría todos los síntomas que una sustancia o un microorganismo. Corresponde al Dr. Hahnemann la elaboración del primer nosode para humanos, a partir de las pústulas de una persona enferma de sarna, sin embargo, el mérito se le reconoce al Dr. Hering, por haber sido quién describió los síntomas de la dinamización.³³

Gibson (1993), señala que Hahnemann obtuvo sus remedios de los reinos mineral, vegetal y animal, pero al adquirir experiencia con su nuevo sistema terapéutico se dio cuenta que había tendencias hereditarias en muchos problemas crónicos de salud y decidió desarrollar una clase adicional de remedios, a la cual denominó nosodas, para contrarrestar estos rasgos de la herencia. Las nosodas se preparan a partir de productos de la enfermedad como secreciones, el contenido de las vesículas de la piel o cultivos bacterianos o virales. Con los años se ha ampliado el número de las nosodas originales de Hahnemann y hoy hay nosodas preparadas a partir de todas las enfermedades infecciosas.³⁴

El Dr. Hahnemann tiene el mérito de la elaboración del primer nosode llamado *Psorinum* elaborado de secreciones de una persona enferma de sarna, con lo cual se logra inhibir y curar los síntomas causados por los ácaros de la piel (*Sarcoptes scabiei*).³⁵

Ruiz (2001), señala que, la aparición de los nosodes homeopáticos, es la respuesta natural ante la falta de receptividad por parte del organismo dañado, siendo el nosode un mecanismo alternativo para solucionar el problema de la enfermedad; evidentemente el número de nosodes ha aumentado, en la medida en que no se han encontrado el similar más adecuado para algunos pacientes. Si recordamos que la homeopatía no sólo es curativa, sino también preventiva es comprensible el por qué el uso de los nosodes puede prevenir enfermedades específicas en los seres humanos, tal como lo hacen las vacunas.

³² Hahnemann, S. 1984. *Organón de la Medicina*. Ed. Porrúa. México. p. 118-119.

³³ Zepeda C., L. 2002. *Diccionario... Op. cit.* pp. 270-271.

³⁴ Gibson, S.; R. Gibson. 1993. *Homeopatía... Op. cit.* pp. 91-92.

³⁵ Lockie, A. 2000. *Enciclopedia de la Homeopatía*. Ed. Grijalbo. México. p. 20.

Recordemos que hay gran similitud en el uso de organismos patógenos que tiene un nosode y las vacunas, ya que ambos protegen al organismo del daño que puedan generar en él los mismos organismos patógenos, ya que el nosode al igual que las vacunas, puede conferirle cierta inmunidad al individuo sano.³⁶

En el ámbito de la producción agropecuaria, los agronosodes se elaboran desde secreciones de un animal o una planta enfermos, hasta el cultivo de un microorganismo patógeno o de un insecto como la mosquita blanca o los ácaros como la *Varroa destructor*. La sencillez que implica el utilizar lo mismo que genera la enfermedad y que posteriormente sirve para inhibir o eliminarla, es igual al procedimiento que siguen las vacunas,³⁷ las cuales no invalidan su efecto real en la curación por medio de similares, sin embargo, utilizar el similar en cantidades cuantificables tiene una incidencia limitada e incluso contraproducente para cualquier organismo vivo, para que realmente tenga el efecto benéfico, se requiere de un proceso de elaboración que posibilite su incidencia positiva para revertir un problema de salud.

Algunos ejemplos de agronosodes son, en veterinaria:

González (2002), presentó una investigación de dinamizaciones homeopáticas comerciales y productos alternativos en el control del ácaro de la abeja, encontrando que se observó un efecto tóxico moderado contra *Varroa destructor* del producto homeopático comercial GIM3220.³⁸

También Ruiz, *et al.* (2003), investigaron sobre la aplicación de las dinamizaciones homeopáticas para el control de organismos dañinos como son los ácaros que atacan a las abejas, en este trabajo se aplicaron dinamizaciones del agronosode elaborado del ácaro de la abeja (*Varroa destructor Oud*); obteniendo buenos resultados, disminuyendo la cantidad de ácaros que dañan y enferman a las abejas, siendo una alternativa viable para los apicultores.³⁹ Ruiz, *et al.*

³⁶ Ruiz E., F. de J. 2001. *Los Fitonosodes*. Coloquio de Investigación III, coordinado por el Dr. Gerardo Gómez González. Doctorado en Ciencias Agrarias. Departamento de Sociología Rural. UACH. Junio 2001. p. 7.

³⁷ Hay que recordar que una vacuna es la aplicación en el organismo, de un microorganismo patógeno atenuado; Fougereau (1984), mencionando el trabajo de Jenner, dice que, el memorable experimento demostró que los virus de la viruela y la vacuna se comportan virtualmente de la misma manera cuando actúan como antígenos, es decir como sustancias capaces de introducir un estado de inmunidad específica en el organismo al que se inyectan. Por lo contrario, su acción patógena es muy diferente: el virus de la vacuna es causa de una enfermedad benigna, localizada, en tanto que la viruela es una afección sumamente grave. Véase: Fougereau, M. 1984. *La inmunología*. Ed. Fondo de Cultura Económica. Breviarios. México. p. 9.

³⁸ González G., R. 2002. *Efectividad acaricida de GIM3220, copal y timol contra Varroa destructor (ACARI: VARROIDAE) en colonias de Apis mellifera (HYMENOPTERA: APIDAE)*. Departamento de Parasitología agrícola. UACH. Chapingo, México. p. 41

³⁹ Ruiz E., F. de J.; I. Guerrero S. 2003. *Control Homeopático de Ácaros (Varroa destructor Oud.) en abejas. Seminario de Avances y Resultados de Investigación del Programa de Agricultura Orgánica*. UACH. Chapingo, México. pp. 52-56.

(2004), continúan la investigación en insectos, ratificándose el beneficio que tiene el agronosode para el control de ácaros y sanidad de la colmena, al no utilizar ninguna sustancia tóxica que contamine la miel.⁴⁰

Por su parte Calderón (2008), presenta la tesis de aplicación de dinamizaciones homeopáticas del agronosode y de productos químicos utilizados en el control de la *Varroa destructor* en abejas, encontrando que la aplicación de productos homeopáticos para el control de *Varroa destructor* puede ser viable, debido a que favorecieron una reducción de la población del ácaro en las colonias tratadas. Presentando una disminución del 23.11% y 34.62% en la segunda fase respecto a la primera para el caso del Nosode de *Varroa* y químico homeopático respectivamente. El número de panales con cría por colmena se redujo por la aplicación (asperjado) de los productos homeopáticos utilizados.⁴¹

Se ha aplicado el agronosode de mastitis sin un diseño experimental con buenos resultados en el establo ubicado en San Gregorio, Atzompa (mejor conocido como Chipilo), Puebla; propiedad del C. Salvador Montes, este mismo agronosode se aplicó en Hidalgo y Veracruz. El agronosode de Garrapata (*Boophilus*), se aplicó en ganado de un productor de San Bernardino, Texcoco y se está aplicando con productores de Tuxpan Veracruz. Así también Ruiz (2004), elaboró el agronosode de la Gripe del pollo, con la cual controló en forma óptima los problemas catarrales de los pollos del Jurásico (sitio de prácticas agroecológicas) en Chapingo, así como los corucos de los mismos.

Para un trabajo de investigación Ruiz (2005), elaboró el agronosode de nematodos de borregos, los cuales fueron aplicados en Huautla, Morelos.⁴²

En cultivos, Ruiz, *et al.* (1998), reporta el uso del nosode del virus mosaico del Tabaco en tabaco tuvo buenos resultados, pero no los esperados ya que *Chimaphilla* 31CH aplicada a las 48 horas logró inhibir el Virus Mosaico del Tabaco en tabaco; una posible explicación de este resultado se debe a que el nosode no se preparó conforme a lo recomendado según la primera regla de la homeopatía, ya que el inóculo se obtuvo de la savia de jitomate (*Lycopersicum esculentum*) infectada con VMT, la cual se centrifugó a 5,000 rpm durante 15 minutos usando agua destilada como solvente sin añadir solución *buffer*. Lo correcto hubiera sido preparar el nosode de plantas de tabaco infectadas con el VMT, y de ahí preparar la tintura madre y posteriormente las dinamizaciones.⁴³

⁴⁰ Ruiz E., F. de J.; I. Guerrero S. 2004. *Control Homeopático de Ácaros (Varroa destructor Oud.) en abejas. (Fase II)*. Seminario de Avances y Resultados de Investigación del Programa de Agricultura Orgánica. pp. 37-41.

⁴¹ Calderón A., L. E. 2008. *Control de Varroa (Varroa destructor) en abejas (Apis mellifera) mediante productos homeopáticos y químicos*. Departamento de Zootecnia. UACH. Chapingo, México. p. 49.

⁴² En la aplicación de estas dinamizaciones de los agronosodes no hay un diseño experimental, solo se confronto con el daño que tenían.

⁴³ Ruiz E., F. de J.; S. Castro I.; B. Pinto C.(+). 1998. *Control Homeopático del Virus Mosaico del Tabaco (VMT) en tabaco*. *Op. cit.* pp. 18 -21.

Ruiz, *et al.* (2006), investigan sobre uno de los problemas que afectan la producción y que no tiene solución dentro de la agricultura química, el problema viral, que se manifiesta en diversos cultivos, se aplicaron algunas dinamizaciones homeopáticas, encontrando que sin haber diferencia significativa, se muestra un resultado inicial favorable del agronosode de Mosquita blanca para el control de virus en calabacita.⁴⁴ En otro trabajo Ruiz *et al.* (2010 A), señalan que la aplicación del hongo de la roya del trigo (*Puccinia recondita*) es capaz de servir como promotor de crecimiento al aplicarse en forma homeopática a las mismas semillas de trigo.⁴⁵

Por último, Ruiz, *et al.* (2010 B), muestra el efecto del hongo (*Puccinia recondita*) en forma homeopática aplicado de manera preventiva para el control del hongo, encontrando que la aplicación preventiva no disminuye el ataque de la roya, sin embargo, las aplicaciones frecuentes del agronosode si disminuyen el ataque del hongo.⁴⁶

Betanzos (2010), realizó la investigación sobre el agronosode del Virus Mosaico de la Calabaza, con buenos resultados, trabajo presentado como tesis profesional.⁴⁷

Otro ejemplo de la incidencia de los agronosodes, es el trabajo de Ruiz (2013), quien aplicó el hongo *Fusarium*, encontrando respuesta a dinamizaciones bajas (10C) y medias (30C) y altas (200C), para el control del daño que causa el hongo *Fusarium oxysporum* en plántulas de *Pinus pseudostrobus* Lindl., mostrando una supervivencia superior al 92% en todos los tratamientos en los que se aplicó alguna de las dosis establecidas.⁴⁸

En diversos trabajos exploratorios, no reportados Ruiz (2002), aplicó el nosode de pulgón en el ataque del pulgón en rosa y laurel, logrando buenos resultados; así también Ruiz y Betancourt (1999), elaboraron y aplicaron el nosode de la roya blanca del

⁴⁴ Ruiz E., F. de J.; J. G. Betancourt V.; S. Tinajero A. 2006. Control Homeopático de la Mosquita Blanca (*Bemisia tabaci*) en Calabaza (*Cucurbita pepo*). Memoria del Seminario de Avances y Resultados de Investigación del Programa de Agricultura Orgánica 2005-2006. UACH. Chapingo, México. pp. 58-63.

⁴⁵ Ruiz E., F. de J., J. G. Betancourt V.; S. Tinajero A. 2011. *La roya (Puccinia recondita) homeopática como promotor de crecimiento en trigo*. Memoria del XIII Congreso Nacional de ciencias Agronómicas. Del 27 al 29 de Abril de 2011. Chapingo, México. pp. 304-305. En el trabajo se afirma que la aplicación del agronosode del hongo de la roya muestra un efecto significativo respecto al testigo después de la germinación, siendo mayor la diferencia en los tratamientos Roya 60C y Roya 120C, ambos como promotor de crecimiento del hongo *Puccinia recondita*. El análisis de altura a los cuatro días después de la germinación se observa una diferencia de 15% entre el tratamiento testigo con respecto a la Roya 60C; a los seis días la diferencia fue solo del 8% entre el testigo y roya 120C.

⁴⁶ Ruiz E., F. de J.; J. G. Betancourt V.; S. Tinajero A.; L. Ruiz E. 2010. *Aplicación homeopática de la roya (Puccinia recondita) en trigo*. Universidad Autónoma Chapingo. Inédito.

⁴⁷ Cruz B., N. 2011. Efecto del preparado Homeopático 12C VMC en el desarrollo de calabaza Zucchini infectada con Squash mosaic virus. Tesis Profesional. Departamento de Parasitología de la UACH. Chapingo, México. 24 págs.

⁴⁸ Ruiz G., V. H. 2013. Evaluación de tres dosis agrohhomeopáticas, para determinar su efectividad en el control de *Fusarium oxysporum* Schlecht sobre *Pinus pseudostrobus* Lindl. Tesis Profesional. División de Ciencias Forestales. Chapingo, México. 72 págs.

crisantemo, en el control y combate de la roya blanca con buenos resultados, similares a los logrados con el uso de agroquímicos y Ruiz y Betancourt (2000), eliminaron el proceso de pudrición bacteriana causada por *Erwinia* en tubérculos de alcatraz, con la aplicación del preparado del tubérculo con pudrición.

Por referencia empírica de los productores, se tiene conocimiento que se ha combatido el gusano rosado del algodón con el mismo, así como la gallina ciega con aplicaciones maceradas de la misma gallina ciega.⁴⁹

Fuera de la UACH, algunos ejemplos de los agronosodes son:

Meuris (1959), citado por Ruiz, *et al.* (2001), menciona que logró el control del pulgón en durazno, utilizando al propio insecto, pero en dosis infinitesimales dinamizadas, con lo que fue posible erradicar el ataque del pulgón de una manera natural.⁵⁰

En este mismo sentido Rodríguez (2000), señala que en el manejo alternativo del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), los productores de Brasil, según lo menciona Primavesi (1990), utilizan dinamizaciones homeopáticas de larvas del gusano cogollero, obteniendo que las larvas del gusano cogollero alimentadas con hojas de plantas de maíz tratadas con preparados homeopáticos (*Spodoptera* CH6, *Spodoptera* CH30: 10 gotas en 500 ml de agua), alteran su desarrollo, disminuyen el peso de la larva y pupa y aumenta la velocidad de muerte (...) No matan; sin embargo, en primera instancia le provocan repelencia a la misma especie y por lo tanto disminuye la población o la plaga desaparece.⁵¹

Chavarría *et al.* (2008), aplicaron dinamizaciones de Sulphur 30 CH, Caléndula 30 CH, el agronosode de una planta enferma de ñampi y el testigo (15 ml agua), en el control de enfermedades de *Colocasia esculenta*, comprobando que bajo las condiciones que se llevaron a cabo en este ensayo tanto los fitonosodes como las sustancias

⁴⁹ Los reportes de los trabajos antes mencionados no se realizaron, porque los trabajos no se plantearon bajo un diseño de investigación; sino que correspondieron a resolver en lo inmediato los problemas de ataque de pulgón en rosa laurel, que tenía un productor, el ataque de la roya en un cultivo de crisantemo que tenían productores en un invernadero, los cuales tuvieron excelentes resultados al comparar el bloque al que se le aplicó el agronosode con el testigo y el bloque al que se agregó los agroquímicos comerciales, los cuales sin análisis estadístico se comportaron de manera similar entre los bloques con aplicación del agronosode y el químico. Y por último se controló la pudrición en un experimento con alcatraz, con el agronosode del tubérculo dañado, eliminando la pudrición en el experimento, así como el mal olor. Este trabajo correspondió a un trabajo de tesis dentro de la Universidad, pero no se realizó reporte.

⁵⁰ Ruiz E., F. de J.; S. Castro I.; J. Curtis P. 2001. *Uso del Método Homeopático en Agricultura*. Ed. Cuadernos de Centros Regionales, No. 24. Chapingo. México. p. 33-34.

⁵¹ Rodríguez Hernández, Cesáreo. 2000. *Alternativas de manejo de gusano cogollero Spodoptera frugiperda*. Programa de entomología y acarología. Campus Montecillo. Colegio de Postgraduados. México. p. 1.

homeopáticas evaluadas dan un mejor control sobre los patógenos en comparación con el testigo.⁵²

Finalmente es posible la elaboración de un polifármaco que incluya los principales problemas de un cultivo, por ejemplo tomando como referencia lo señalado por Martínez (1991), se puede elaborar una dinamización que contenga las principales enfermedades fungosas, bacterianas y virales, de esta manera se elaboraría una dinamización que incluyera la Roya o *Chahuixtle* (*Uromyces phaseoli*), *Antracnosis* (*Colletotrichum lindemuthianum*), Mancha angular (*Isariopsis griseola* Sacc.), Mancha por *Ascochyta*. (*Boltshauser* Sacc y *A. phaseolorum* Sacc-cardo), Mancha Redonda (*Chaetoseptonia wellmanii* S.), Mildiu (*Phytophthora phaseoli*), Pudrición de la raíz (*Rhizoctonia solani*), Pudrición (*Macrophomina phaseoli*), Pudrición de raíz (*Fusarium solani*), Pudrición de raíz (*Sclerotium rolfsii* Sacc.), Mancha blanca (*Pseudocercospora albida*), Moho blanco (*Sclerotinia sclerotiorum*), Cenicilla (*Eryshipe polygoni*), Tizón común (*Xanthomonas phaseoli*), Tizón de Halo (*Pseudomonas phaseolicola*), Mosaico común (Virus del mosaico común del frijol).⁵³

En el ámbito de la veterinaria, hay evidencia del efecto benéfico de los agronosodes, dos de estas evidencias son el trabajo de investigación de la profesora Morfín (1999), que elaboró y aplicó el agronosode de mastitis encontrando que se pueden controlar las bacterias que producen el problema;⁵⁴ sobre esta temática hay más investigaciones.

El segundo principio del **remedio único** está ligado a la práctica médica de la época del Dr. Hahnemann donde se recetaba al enfermo una gran cantidad de sustancias tóxicas entre minerales y plantas medicinales, muchos de ellos letales como el arsénico, el mercurio y el plomo.⁵⁵ Por lo que no se conocía el efecto de cada una de ellas. Incluso la experimentación del Dr. Hahnemann evidenció el efecto benéfico de cada sustancia probada de manera particular, por lo que se recomendó su uso conociendo la incidencia específica de cada remedio.

⁵² Chavarría M., M. Torres., D. Rodríguez., F. de J. Ruiz E. 2008. *Efecto de sustancias homeopáticas y un fitonosode sobre el control de enfermedades en el cultivo de Nampí (Colocasia esculenta)*. En Memoria del Sto Foro Interinstitucional Avances de la Investigación en Homeopatía Humana, Veterinaria y Agrohomeopatía. Chapingo, México. pp.104-106.

⁵³ Martínez R., J. L.; J. de J. Aceves R. 1991. *Enfermedades del Frijol en los Altos y Sur de Jalisco*. Ed. SARH-INIFA. Centro de Investigaciones Forestales y agropecuarias de Jalisco. Folleto técnico No. 1. pp. 3 – 49.

⁵⁴ Morfín, Loyden. 1999. “Homeopatía... ¡para vacas!” Periódico *La Jornada*. Investigación y Desarrollo. Noviembre p. 5.

⁵⁵ Al aludir sobre este aspecto, señala que “Galeno se hizo famoso por el fuerte y decidido impulso que le dio a un medicamento que se llamaba “teriaca”, que era una preparación de 20 o 30 medicamentos y que se empleaba primero como antídoto para venenos de serpientes. Galeno aumentó la cantidad de drogas componentes de el teriaca hasta llegar a más de setenta diferentes elementos. Con ese medicamento pretendía prevenir y curar prácticamente todo tipo de enfermedades. Los seguidores de galeno luego, siguiendo su ejemplo, la aumentaron a más de ciento veinte. Zepeda Castañeda L. 1992. *La homeopatía. Historia de la medicina, enfermedades...* Op. cit. p. 46.

El Dr. Hahnemann experimentó con 90 medicamentos, los cuales se continúan utilizando, fortalecidos por nuevos fármacos que complementan su utilización en humanos y animales, seguramente se ampliará aún más con los preparados homeopáticos para plantas y microorganismos patógenos.⁵⁶ Sin embargo, hay que comentar que en el caso de la agrohhomeopatía se ha visto un efecto benéfico al aplicar algunas sustancias homeopáticas elaboradas como polifármacos, sobre todo de aquellos que se elaboran para un mismo cultivo o planta, como es el caso del polifármaco para lechuga, durazno y cítricos, que contiene las principales plagas y enfermedades que afectan a dichos cultivos.

Cuando se elabora un polifármaco, se debe contemplar cuáles son las principales plagas y enfermedades para que después de elaborarlas se puedan aplicar en forma preventiva, no tiene sentido que el productor esté a expensas de problemas que sabe pueden aparecer en su cultivo o ganado. El uso profiláctico del polifármaco garantizaría el uso de remedio único, ya que sólo sería más adecuado para el cultivo para el que se elabore. Un dato chusco, es que en Chapingo se ofrece en el servicio médico de la institución, una tableta que los jóvenes denominan **Chapingol**, que sirve para todos los problemas que se presenten: diarreas, cefaleas, problemas respiratorios y gripales, etcétera.

El tercer principio es la *dosis mínima dinamizada*, éste es seguramente el principio más importante después del principio del similar, ya que la sucusión le da propiedades específicas y diferentes a las sustancias iniciales que se elaboran por el procedimiento homeopático. Los principios del similar y la dosis mínima dinamizada son fundamentales y en ellos radica la posibilidad de influir en el proceso que se quiera con la aplicación de la homeopatía y la agrohhomeopatía; sin ellos, no existe la respuesta favorable del organismo enfermo o dañado. Incluso para servir como promotores de crecimiento en la producción agropecuaria son esenciales.

Si una sustancia se aplica por el principio del similar, no tendrá ningún efecto si no se sucusiona. Se sabe que la sucusión, eleva la temperatura de las preparaciones y las hace viscosas,⁵⁷ que modifica su potencial de hidrógeno,⁵⁸ absorbe parte del aire del recipiente y se modifica la presión atmosférica de la sustancia sucusionada,⁵⁹ hay una

⁵⁶ Hahnemann S. 1988. *90 medicamentos homeopáticos*. Ed. Miraguano. Madrid, España. 239 págs.

⁵⁷ Gibson, S.; R. Gibson. 1993. Homeopatía para... *Op. cit.* pp. 117-118.

⁵⁸ Al respecto puede consultarse: Ruiz E., F. de J.; J. G. Betancourt V.; S. Tinajero A. 2007. Cambio de potencial de Hidrógeno en dinamizaciones homeopáticas de cloro en trigo (*Triticum aestivum*). Memorias del Seminario de Investigación del Programa de agricultura Orgánica. UACH. Chapingo, México. pp. 76-80. Y Ruiz E. F. de J.; J. G. Betancourt V.; S. Tinajero A. 2008. Efecto biológico de la sucusión de Chlorum en Trigo. Memorias del Seminario de Investigación del Programa de Agricultura Orgánica. Chapingo, México. UACH. Finalmente Ruiz E., F. de J.; J. G. Betancourt V.; S. Tinajero A.; L. Ruiz E. 2012. Efecto de diferentes tiempos de sucusión en la germinación del trigo (*Triticum aestivum*). Inédito. Chapingo, México. 8 págs.

⁵⁹ Ruiz señala que esto puede mostrarse de una manera sencilla: tomar un recipiente de plástico, puede ser de refresco vacío, hay que agregar un poco de líquido (si la botella es de 500 milili-

menor evaporación y en la medida que el soluto de una sustancia se va disminuyendo hasta desaparecer, la dinamización elaborada, ya sin soluto, aumenta su efecto sobre un organismo vivo.

El llamar dosis mínima a las dosis homeopáticas fue planteado por García (1984), para designar el proceso en el cual el soluto va desapareciendo paulatinamente en la medida que se elabora la preparación homeopática hasta desaparecer,⁶⁰ sin embargo, la dinamización aún en ausencia del soluto continúa teniendo un efecto, ya que las dinamizaciones posteriores a la 12 Centesimal Hahnemanniana y las dinamizaciones medias (30CH, 60CH) o altas (200CH, 1,000CH, 10,000CH o más) ya no contienen el soluto inicial como lo menciona Scofield (1984), quien comenta que *una molécula del gramo de una sustancia contiene 6,023 X 10²³ moléculas (número de Avogadro) de manera que después de diluir una molécula del gramo a una concentración de aproximadamente 10⁻²⁴ (por ejemplo 12C) la probabilidad de hallazgo de una molécula sola de la sustancia original es remota*; por lo que éstas tienden al infinito en relación con el solvente,⁶¹ por ello Ruíz (2004), menciona que estas dosis infinitesimales son la base para construir un nuevo paradigma en la producción agropecuaria;⁶² debe señalarse que García-Pelayo (1994), define lo infinitesimal como infinitamente pequeño.⁶³

El principio de la **individualidad morbosa** es significativo porque ha sido utilizado para denostar a la homeopatía. Cada organismo vivo es único en el universo, de tal forma que los seres humanos somos diferentes y respondemos de forma específica a los estímulos. Si se diera un contagio gripal existe un mecanismo que ante ese contagio, para algunos sería imperceptible, en otros, aparecerían algunos síntomas y en otros más sería causa de un daño severo, esto mismo sucede en el caso de los animales y de las plantas. Por ello, un tratamiento debería de contemplar esa particularidad de cada organismo.

Por ejemplo. Bonfil (2002), menciona que el tratamiento contra el asma no resultó más efectivo que una simple pastillita de azúcar, al mencionar un experimento realizado en un hospital de Inglaterra, donde se compararon los efectos de un tratamiento homeopático y de un placebo en pacientes con asma producida por alergia al polvo.

El resultado es que ninguno de los dos mejoró significativamente a los pacientes. Dijo que el resultado no fue sorprendente desde el punto de vista científico, pero puede resultar importante para evitar que pacientes que requieren un tratamiento realmente

tros, agregar la mitad), cerrar firmemente y agitar durante dos minutos, mínimamente. Puede sucucionarse durante más tiempo. Hay que dejar el recipiente con el agua sucucionada durante unos días y observar cómo se van contrayendo las paredes del recipiente. Después de varios días se puede observar el cambio de la presión del agua, ya que el recipiente se contrae.

⁶⁰ García T., E.1984. *Compendio de...* Op. cit. p. 21.

⁶¹ Scofield, A. M. 1984. *Homeopathy and its Potential Role in Agriculture. A Critical Review. Biological, Agriculture and Horticulture. An International Journal.* Vol. 2, No. 1. USA.

⁶² Ruiz E. F. de J. 2004. *Hacia un nuevo paradigma en la agricultura.* Op. cit. pp. 21-25.

⁶³ García T. 2008. *El pequeño Larousse ilustrado.* Ed. Larousse. Colombia. p.560.

efectivo pierdan su tiempo —y su dinero— probando terapias que no han podido comprobar su eficacia.⁶⁴

El autor desconoce que para eliminar el problema asmático, es necesario dar a los pacientes el ácaro del polvo que provoca todos los síntomas que tienen los asmáticos, porque las toxinas de los ácaros son algunas de las que producen los problemas asmáticos.

Otro de los principios es la *individualidad medicamentosa*, que indica que cada dinamización tiene una incidencia específica. Para aludir a la diversidad de síntomas que causa una sustancia se utiliza el nombre de policrestos para ubicar la amplitud de síntomas de cada dinamización.

Cuando una sustancia o microorganismo produce un efecto en un organismo vivo, para eliminar ese mismo efecto, servirá esa sustancia o microorganismo; difícilmente servirá para eliminar un efecto que no causa en grandes cantidades. Cuando no se conoce la incidencia de los principios se mencionan efectos difíciles de sostener como que las dinamizaciones infinitesimales pueden servir para las trasmutaciones biológicas.⁶⁵

Un ejemplo de esto, es la Mosquita blanca (*Bemisia tabaci*), la cual tanto las larvas como los adultos reducen el vigor de la planta al chupar la savia e inocular virus. Los síntomas de amarillamiento del cultivo y pérdida de vigor, son los síntomas característicos que la dinamización infinitesimal de la Mosquita blanca eliminaría del cultivo. Incluso ayudaría en forma parcial en contrarrestar la fumagina que aparece como daño secundario después del piquete del insecto en la planta.

Debe tenerse presente que sólo los efectos dañinos que causa el patógeno es lo que curaría o eliminaría ese agronosode. La individualidad medicamentosa indica que cada sustancia que se elabora sólo tiene un ámbito específico donde actúa, en el caso de la producción agropecuaria, un virus por ejemplo, no puede revertir un síntoma de otro microorganismo, salvo que lo contenga. Un ejemplo de esto es el arsénico, que puede ser utilizado para eliminar problemas gástricos y de cáncer tanto en seres humanos⁶⁶ como en animales,⁶⁷ sin embargo, en plantas puede servir para control de virus,⁶⁸ hongos⁶⁹ y como promotor de crecimiento.⁷⁰

⁶⁴ Bonfil O., M. 2002. "Homeopatía". Ed. Revista ¿Cómo ves? Revista de divulgación de la ciencia. UNAM. Sección Ojo de Mosca. Año 4. No. 41. p. 7.

⁶⁵ Tichavsky, R. 2009. *Homeopatía para... Op. cit.* p.121.

⁶⁶ Hahnemann, S. 1990. *Las enfermedades crónicas. Su naturaleza peculiar y su curación homeopática.* Ed. Porrúa. México. p. 325

⁶⁷ Silva C., E. 1993. *Homeopatía veterinaria. Estudio recapitulativo de 1980 a 1990.* Trabajo de tesis. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM. México. p.20

⁶⁸ Verma, H. N.; G: S. Verma; V. K. Verma; Ram, Krisna; K. N. Srivastava. (1969). "Homeopathic and pharmacopoeial drugs as inhibitors of tobacco mosaic virus". "Indian Phytopatology". Vol. XXII. Allahabad, India. pp.188-193.

⁶⁹ Khanna, K. K. y Chandra, S. 1976. *Effect of some homeopathic drugs on the spore germination of four isolates of Alternaria Alternata.* Indian Phytopatology. Vol. 29. Allahabad, India. pp. 195 - 197.

⁷⁰ Meneses M., N., L. R. González A. 2003. "Acción de cuatro fármacos homeopáticos en el control de la contaminación por bacterias". Ed. *Revista La Homeopatía de México.* Vol. 72.

El principio de la *natura medicatrix* indica como es el organismo de los seres vivos el que hace el trabajo más importante en la recuperación por el daño de una enfermedad o por la insuficiencia o exceso de una sustancia. Las dinimizaciones infinitesimales en un organismo vivo, funcionan como *catalizadores*, activando una respuesta específica a los síntomas que causen los microorganismos y el exceso o carencia de alguna sustancia.

Este es un aspecto importante, porque las dinimizaciones no sólo sirven para los excesos de una sustancia, sino también para la carencia. Un ejemplo de esto es lo señalado por Wilson, *et al.* (1980), quien señala que la carencia de hierro o de manganeso, o aún el exceso de manganeso, pueden producir síntomas similares (como cuando las hojas no elaboran suficiente clorofila y se vuelven cloróticas).⁷¹ Por eso, las mismas plantas pueden actuar a partir del estímulo del similar, para eliminar el daño causado por el exceso de una sustancia. La aplicación de la dinamización infinitesimal sirve en el organismo como catalizador, activa procesos, correspondiendo al organismo vivo hacer su trabajo de recuperación.

La *fuerza vital* es el principio que revela como la vitalidad del organismo vivo es fundamental para poder revertir el daño causado por un microorganismo o por un exceso-insuficiencia de una sustancia. Zepeda (2002), señala que la fuerza vital, es la fuerza que mantiene en funcionamiento armónico todos los órganos, los aparatos y la mente del ser vivo y que le permite cumplir con las funciones y actividades propias de su especie. Inicia en la concepción y termina en la muerte. Se impresiona favorable o desfavorablemente por estímulos dinámicos del ambiente biológico, físico y social en el que se desarrolla el individuo. Produce signos y síntomas para mantener la integridad, lo que constituye la única imagen captable de la enfermedad.⁷² Podría decirse que la fuerza vital es la propia vida del organismo vivo.

Finalmente, la *experimentación pura* es la forma más sencilla de conocer el efecto de una sustancia homeopática, ya que un exceso de la misma dará síntomas negativos o incluso la muerte, sin embargo, esa sustancia aplicada en forma infinitesimal dará una respuesta positiva, eliminando o inhibiendo los daños o síntomas causados por el exceso de la misma. Se sabe, por ejemplo, que el exceso de sal en los vegetales, produce daños e incluso la muerte, al respecto Greenwood, *et al.* (2009), menciona que las hojas se rizan y adquieren un color marrón; además, crecen por debajo de lo normal y tienden a caer de forma prematura.

Las venas, a su vez, se vuelven a menudo de color amarillo y los tallos afectados presentan síntomas de muerte.⁷³ Síntomas que son inhibidos cuando se aplica el clo-

Enero-Febrero. No. 622. pp. 11-12.

⁷¹ Wilson C. L. y Loomis W. E. 1980. *Botánica*. *Op. cit.* p. 215.

⁷² Zepeda C., L. 2002. *Diccionario Médico Homeopático...* *Op. cit.* p. 125.

⁷³ Greenwood, P.; A. Halstead. 2009. *Enciclopedia de las plagas enfermedades de las plantas*. *Royal Horticultural Society*. Ed. Blume. Hong Hong. p. 181.

ruro de sodio en dinamizaciones infinitesimales. Otro aporte sobre el uso cuantificable de una sustancia, es el realizado por Serrano (2001), quien mostró que cantidades ascendentes de sal, detergente y aceite, dañan a las plantas de frijol.⁷⁴

Un trabajo sobre la experimentación pura realizado en Chapingo y que es necesario mencionar, es el de Lara (1971), quien investigó el efecto diferenciado (en grandes dosis y en forma homeopática) de 50 medicamentos de patente en frijol, comentando que se confirma la acción en diluciones homeopáticas como promotoras de crecimiento de algunas sustancias diferentes a las hormonas vegetales.⁷⁵

Así también se puede analizar en el trabajo de Ruiz *et al.* (2002) y (2003), que aplicaron diversas sustancias en grandes cantidades y en pequeñas cantidades, así como refrescos de cola, que en cantidades normales o cuantificables sirven como herbicidas y en cantidades mínimas o infinitesimales como promotores de crecimiento.⁷⁶

Esta es la forma más sencilla de experimentar en el ámbito de la agrohomeopatía, ya que los síntomas que se generen con las grandes cantidades de una sustancia o microorganismos, serán los síntomas que podrán eliminarse, inhibirse o erradicarse al elaborar y aplicar eso mismo, sólo que en forma infinitesimal. Incluso para el caso del agronosode se conocen los síntomas que causan los virus, bacterias y hongos en una planta o un cultivo y en el ganado; por ello, la elaboración del agronosode a partir de los síntomas conocidos servirá para eliminar los síntomas que causan los patógenos.

3.1 Fuentes

Hay que señalar que las dinamizaciones homeopáticas se preparan de cualquier sustancia, sean del reino vegetal, animal o mineral,⁷⁷ agregaríamos que incluyendo insectos y organismos patógenos como hongos, virus y bacterias, incluso gases, que puedan elaborarse por alguna de las reglas con las que cuenta la homeopatía.

Dentro de las fuentes o materia prima utilizada se encuentran sustancias como el arsénico, el veneno de abeja, el *antimonium crudum*, la belladona, la cicuta y otros, como los pesticidas y la misma contaminación ambiental; los cuales pueden impactar

⁷⁴ Serrano C., L. M.; G. Mondragón P.; R. Cruz R. 2001. "Efecto contaminante del agua sobre la germinación de la semilla de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)" *Revista Agricultura, Ciencia y Técnica*. Universidad Autónoma Chapingo. No. 15. Agosto. Chapingo, México. pp. 17-21.

⁷⁵ Lara C., E. 1971. *Las plantas como indicadores del efecto de las medicinas en los seres humanos*. Tesis Profesional. UACH. Chapingo, México. pp. 1 – 36.

⁷⁶ Ruiz E., F. de J. 2002. *Experimentación Pura en Agrohomeopatía*. Publicado en el Foro Nacional Agricultura Sostenible: Enfoques y Perspectivas. Programas Universitarios de Investigación en Agricultura Orgánica, Agricultura Sustentable y Agroforestería para el Desarrollo Sustentable y la Sociedad Mexicana de Agricultura Sostenible. Chapingo, México. p. 83-88. Así también Ruiz E., F. de J.; S. Castro I. 2003. *Fitoexperimentación Pura con Refrescos*. Seminario de avances y resultados de investigación del Programa de Agricultura Orgánica. págs. 47-51.

⁷⁷ Schwabe W. 1929. *Farmacopea Homeopática de Dr. Willmar Schwabe*. Ed. Altera. Leipzig, Alemania. p. XI.

directamente sobre un organismo vivo, produciéndole la muerte dependiendo de la cantidad o concentración.

Este aspecto, es importante porque al elaborar una dinamización homeopática de una sustancia tóxica se elimina ese aspecto negativo y permanecen los efectos medicinales de la preparación.



Foto: Producción de variedades de lechuga en la zona Chinampera de Xochimilco con dinamizaciones infinitesimales.

Dicho de otra manera, los daños que produce cualquier sustancia, microorganismo, insecto o gas, son inhibidos o eliminados al preparar y aplicar en dinamizaciones infinitesimales dichas sustancias, microorganismos, insectos, gases. Un caso que nos puede ejemplificar esta situación, lo tenemos con la sal común, la cual está demostrado que su consumo excesivo produce excoiaciones y resequedad de la piel, retención de líquidos, cefaleas agudas, aumento de la presión arterial, debilidad, anemia⁷⁸ y que utilizada homeopáticamente, es posible revertir los síntomas que se presenten ligados al medicamento.

Un caso interesante, es la elaboración de gases o de sustancias no solubles como el plástico y los metales, que mediante la captura de los primeros y de la trituración de los segundos, se hacen disponibles para poder realizar la elaboración de la dinamización.

Ruiz (2006), realizó la elaboración del *Tabacum*, tomando las cenizas, el tabaco comercial y el humo. Para la captura del humo, se tomó un recipiente de 90 mililitros a los que se agregó 25 mililitros de alcohol, se quitó la tapa y se puso en forma horizontal, metiendo el cigarro encendido hasta que se saturara el frasco con humo, inmediatamente se sacaba el cigarro y se cerraba el recipiente. Se agitaba el frasco con

⁷⁸ García T., E.1984. *Compendio de... Op cit.* pp. 95-97.

el humo dentro, hasta que se volvía transparente. Se volvía a realizar, abrir el frasco, meter el humo cerrar y volver a agitar, esto se hizo 10 veces, garantizando que estaba incorporado el humo al alcohol. Se hizo la tintura del tabaco y la de la ceniza y ya hechas las 3 tinturas, se inició la elaboración de la dinamización.⁷⁹

La única condición para hacer accesible a una sustancia, es que ésta sea soluble en agua o alcohol, por ello, la trituración o la captura de gases en el azúcar o en líquido hidroalcohólico es fundamental. De esta manera se puede utilizar el smog, como una dinamización que contribuya a eliminar los daños respiratorios y de envejecimiento de los seres vivos, en Chapingo tenemos elaborada dicha dinamización con las sustancias que se integran al smog, como la combustión de plásticos, madera, gasolina y otros.

3.2 Escalas

La escala de elaboración homeopática, es la relación entre el soluto (aquello que servirá de base para elaborar la dinamización) y el solvente (aquello donde se diluirá la sustancia a preparar, que puede ser agua destilada, alcohol-agua destilada, alcohol, glicerina; en el caso de la trituración será azúcar de leche o caña).⁸⁰ Existen diversas escalas de elaboración de las dinamizaciones como son la escala decimal (X), la centésimal Hahnemaniana (C), la korsakoviana (K),⁸¹ la cincuenta milésimal (LM) de Hahnemann y la escala Chapingo o unitaria.



Foto. Participación de los productores en la construcción del conocimiento.

⁷⁹ Ruiz E., F. de J. 2006. *Elaboración de la dinamización del tabaco*. Este trabajo no se reportó, sin embargo, la dinamización existe hasta la 200C, siendo una dinamización útil para problemas respiratorios y de cáncer de pulmón.

⁸⁰ Agustí, P. 1997. *Homeopatía. Active las defensas de su organismo*. Ed. Ibérica Gráfica. España. p. 32

⁸¹ *Ibid.* pp. 37-39.

En el primer caso fue Hering, que a partir de la escala aplicada por el doctor Hahnemann, propuso elaborar las dinamizaciones en una proporción 1-9 con lo que, esta escala se conoce como decimal. Muchas de las dinamizaciones que se utilizan son bajas como la 3X. En el caso de la escala centesimal elaborada por el doctor Hahnemann su proporción fue 1 parte del soluto y 99 partes del solvente. Aquí es interesante como el elaborar dinamizaciones bajas como la 6CH o la 12CH, en el primer caso, corresponde a la billonésima parte del soluto inicial y en el segundo caso, desde el punto de vista de la concentración química, el soluto inicial ya ha desaparecido.

La escala cincuentamilésimal, que se elabora después de una trituración a la 3era centesimal, se pasa a la forma líquida al tomar 5 centigramos de la 3era trituración en 499 gotas de alcohol de 87° dinamizando y tomando una gota de la anterior en 99 gotas de la solución hidroalcohólica, esto conformará la 1LM del Dr. Hahnemann.⁸² En el caso de la escala Korsakoviana, ésta inicialmente parte de una relación de 1 - 99, pero en la medida que se preparan las dinamizaciones subsecuentes, la proporción se pierde porque se utiliza un sólo frasco para hacer la dinamización deseada, ya que se tira la dinamización ya elaborada, y vuelve a llenarse con la solución hidroalcohólica de 87° con el frasco vacío, conservando en las paredes restos de la dinamización anterior⁸³ (Cuadro 1).

En el caso de la escala unitaria o escala Chapingo, ésta se elabora tomando como referencia una relación 1-1, de tal manera que se parte de 1 mililitro de la tintura madre y se le agrega 1 mililitro de la solución hidroalcohólica de 10°, dinamizando; conformando 2 mililitros, a éstos se agregan 2 mililitros de la solución hidroalcohólica y se dinamiza y así sucesivamente, de tal manera que al llegar a la 13 unitaria, se tiene el equivalente de la 4 decimal o la 2 centesimal.⁸⁴

Cuadro 1. Relación soluto/solvente

Escala	Proporción del soluto	Proporción del solvente
Decimal (d o x)	1	9
Centesimal (c)	1	99
Korsakoviana (k)	1	99
Cincuenta milésimal (lm)	1	49,999
Unitaria o chapingo (u)	1	1

Fuente: Elaboración propia.

⁸² Hahnemann, S. 1984. *El Organon... Op. cit.* p. 255-258.

⁸³ Demarque, D. 1981. *Técnicas Homeopáticas*. Ed. Marecel. Buenos Aires, Argentina. p.107-110.

⁸⁴ Elaborada en 2007, por el profesor Felipe de Jesús Ruiz Espinoza para posibilitar una alternativa al uso de caldos y tés para el control de plagas. Su uso es amplio en el aprovechamiento de plantas medicinales y de sustancias solubles en agua o alcohol.

3.3 Destrucción de las dinamizaciones

Las dinamizaciones homeopáticas son sustancias delicadas. Se deben cuidar de las altas y bajas temperaturas, por ejemplo no deben exponerse al calor, ya que arriba de 85 °C se destruye la dinamización, así como el frío excesivo. Debajo de 6 °C se destruye también. Es necesario mantener en un lugar oscuro y fresco a las dinamizaciones homeopáticas, fuera de los rayos directos del sol, de preferencia a la sombra.⁸⁵

3.4 Reglas de preparación

El método de preparación se retoma de las reglas de elaboración de las dinamizaciones, en total son nueve, de las cuales las seis primeras son para elaborar dinamizaciones líquidas y las tres restantes para trituraciones de sustancias no solubles en agua, alcohol y agua-alcohol.⁸⁶ Hay que señalar, que generalmente se puede elaborar cualquier tipo de materia que sea soluble y aquellas que no son solubles se pueden aprovechar por medio de la trituración, así de este modo se puede elaborar incluso el plástico para ser aprovechado homeopáticamente.

Las tres primeras reglas están relacionadas con las plantas verdes y su aplicación depende del grado de solubilidad, sin embargo, la cuatro será para plantas secas y animales que sus propiedades sean solubles y por último las sustancias minerales con diversos grados de solubilidad al agua y alcohol.

Hay que mencionar que diversos insectos como los chapulines, frailecillos, garrapatas, varroas y los hongos, lo más adecuado es triturarlos para aprovechar sus cualidades en el control de las plagas, en el caso de los hongos para controlar enfermedades (Cuadro 2. Reglas de preparación de las dinamizaciones homeopáticas).⁸⁷



Foto. Productores triturando sustancias no solubles en agua o alcohol.

⁸⁵ Benveniste, J. 1993. Transfer of Biological Activity by Electromagnetic Field. Ed. revista *Frontier Perspectives*. 1993; 3 (2):13-15.

⁸⁶ Sandoval, L. G. 1961 *Farmacopea Homeopática Mexicana*. Op. cit. pp. 26-40.

⁸⁷ Elaboración propia a partir de la farmacopea de Sandoval, Schwabe y de orientaciones del Dr. Efrén Rodríguez.

3.5 Elaboración de una dinamización homeopática

La elaboración de una dinamización homeopática se realiza conforme al tercer principio denominado *dosis mínima dinamizada*,⁸⁸ que consiste en el caso de las dinamizaciones líquidas, en elaborar una tintura madre que se ajuste a las reglas anteriores de preparación.

En el caso de las sustancias que sean solubles en agua o en alcohol se utilizarán las seis primeras reglas, en el caso de que no sean solubles se utilizarán las tres últimas reglas. Para las solubles se parte de la tintura madre, en el caso de las no solubles, la tintura madre será igual a la misma sustancia a preparar directamente por medio de trituración. Que para el caso de plantas verdes jugosas se toma una parte en peso de alcohol de 87° con una parte en peso del jugo de la planta.

La *tintura madre* cuyo símbolo es \emptyset , se debe elaborar en las proporciones adecuadas, si se toma por ejemplo la regla uno se debe tomar el 50% del jugo de la planta en 50% de alcohol. El alcohol utilizado para preparar las dinamizaciones infinitesimales es de 87°, denominado alcohol homeopático, sin embargo, se puede utilizar el alcohol etílico de 96° o de 70°. Sólo se debe garantizar que sea alcohol de caña, nunca debe utilizarse alcohol metílico o alcohol industrial. Se debe agitar firmemente durante dos minutos y dejar reposar hasta el día siguiente, donde se volverá a agitar fuerte durante dos minutos, al final la tintura madre deberá dinamizarse y dejarse reposar durante 10 días seguidos.

Debe remarcar que una dinamización homeopática que no se dinamice no funciona, por ello, es fundamental que no sólo corresponda al principio del similar, sino que esté dinamizada para que funcione adecuadamente.

3.6 Tintura madre

La tintura madre es la base a partir de la cual se elaborará la dinamización homeopática y consiste en un preparado hidroalcohólico que contiene sustancias solubles en agua, alcohol o agua-alcohol. El símbolo utilizado es \emptyset , la tintura madre se elabora conforme a las seis primeras reglas de la homeopatía y corresponde a una proporción en peso del jugo de la sustancia a elaborar, y una proporción en alcohol; puede ser una planta, un mineral soluble en agua, una secreción de un animal.

Por ejemplo, en el caso de la primera regla de la homeopatía, se utiliza un 50% del jugo en peso de la planta y un 50% de alcohol de caña de 87° y se vierten ambos en

⁸⁸ El concepto Dosis mínima dinamizada ha sido utilizada en Chapingo por el equipo de agro-homeopatía para denominar lo que Mendiola (1996), señala como dosis mínima. Véase Mendiola Q., R. 1996. *Bases científicas de la medicina...* Op. cit. pp. 159-168. Así también el Dr. García T. E. 1984. en su obra de *Compendio de Materia Médica Homeopática*. Ed. Propulsora de homeopatía. México, p. 21, que señala la dosis mínima. El agregado dosis mínima dinamizada es responsabilidad nuestra, así lo hemos hecho en Chapingo.

un frasco color ámbar y se agitan (sucusionan) durante dos minutos y se deja reposar hasta el día siguiente que debe volver a agitarse por dos minutos. La operación se realizará durante 10 días para tener lista la tintura madre.

Un aspecto que debe comentarse es que el productor, si no cuenta con los implementos necesarios para la elaboración de la tintura madre en cuanto a los pesos y medidas, puede hacer lo siguiente; para preparar una tintura madre de una planta con pulgón, puede tomar unas hojas dañadas con todo y pulgón y en una madera cortar finamente las hojas dañadas con todo y agregarlas a un frasco limpio de color ámbar de ahí se debe agregar alcohol de caña de 87° o si no, alcohol de caña de 96° o de 70°.

Se denomina dinamización homeopática al preparado elaborado conforme a los principios, procedimientos y reglas de la homeopatía, cuyo proceso va de lo cuantificable a lo infinitesimal. Existen dos formas de dinamización, la sólida que se elabora por medio de la trituración y la líquida elaborada a partir de una tintura madre hidroalcohólica. Zepeda (2002), señala que la dinamización es el procedimiento para dar o incrementar el poder curativo de las sustancias que se pretenden utilizar como medicamentos. Hay sustancias que en su estado natural no tienen ninguna acción medicinal, pero con la dinamización lo alcanzan y desarrollan considerablemente.

La droga dinamizada es la suma de soluto y solvente; es un nuevo estado físico-químico, sin descripción en la actualidad.⁸⁹

Dinamización líquida. La dinamización líquida se elabora a partir de una tintura madre hidroalcohólica o de sustancias solubles en agua o alcohol. Los frascos deben ser oscuros de color ámbar y el alcohol de caña de 87°, o si no, con uno de 96°.

El procedimiento es muy sencillo, se obtiene una gota, mililitro o litro de la tintura madre y 98 gotas, mililitros o litros de alcohol (si se utiliza la 1era regla), los cuales se dinamizan mediante un proceso de sucusión (que no es más que un movimiento vigoroso ascendente-descendente) durante dos minutos o por 200 sucusiones, dejando reposar después dos minutos.

Con ello se forma la 1ª Centesimal Hahnemaniana (1CH), de ésta se toma una gota (o un mililitro, o litro) y se agrega en un frasco con 99 gotas de alcohol, se sucusiona y se deja reposar. Con ella, se forma la 2ª CH, de esta 2ª CH se elabora la 3ª y así sucesivamente. Hay que señalar que las dinamizaciones así formadas se pueden clasificar como bajas (6CH, 12 CH), medias (30CH, 60CH) y altas (200CH, 1000 CH, 10000 CH, o más).

Dinamización sólida. En el caso de la trituración la tintura madre es la misma hoja dañada o el insecto a triturar, incluso en el caso de venenos como el de la víbora, se puede utilizar sólo una gota con cinco gramos de azúcar de caña o de leche (sacarosa o lactosa). En el caso de un insecto o de la secreción de una planta dañada, se utilizan

⁸⁹ Zepeda C. L. 2002. *Diccionario Médico Homeopático... Op. cit.* p. 116.

cinco centigramos para la trituración con cinco gramos de azúcar de caña, que es la más accesible por ser un producto comercial.

Hay que señalar que el método de trituración se aplica con sustancias que no son solubles en líquidos como agua o alcohol –agua, en este caso, se puede aplicar la trituración para hongos que dañan a las plantas como la cenicilla del durazno, aplicando la regla 7° o 9° que debe prepararse en forma de trituración. Se señala que ya sea por medio de trituración o por medio de dinamización líquida, es posible elaborar cualquier sustancia incluyendo aquellas que por su naturaleza en cantidades cuantificables son tóxicas. El procedimiento de trituración lo muestra el Dr. Hahnemann en el *Organon*, donde anota dicho procedimiento para elaborar la escala cincuenta milésimal, al respecto señala:

Un tercio de un centenar de azúcar de leche es colocado dentro del mortero de porcelana vidriada cuyo fondo haya sido desgastado previamente restregándolo con arena fina y húmeda. Sobre este polvo se pone un grano de la droga en forma de polvo que ha de ser triturada (una gota de mercurio metálico, de petróleo, etc.). El azúcar de leche que se use para la dinamización deberá ser de esa calidad, especial en cuanto a pureza, que cristaliza en fibras y que es provista en forma de barras extensas. Se mezclan durante un momento la medicina y el polvo mediante una espátula de porcelana y se los tritura con cierta energía durante seis minutos con la extremidad desgastada del majadero del mortero, luego se raspa la masa del fondo del mortero y del majadero durante tres a cuatro minutos a fin de procurar homogeneidad. Luego se tritura del modo anterior, durante 6-7 minutos sin agregar algo, en absoluto y nuevamente se quita mediante raspado durante 3-4 minutos lo adherido al mortero y al majadero.

Ahora se agrega el segundo tercio de azúcar de leche, se le mezcla mediante espátula y se le tritura nuevamente durante 6-7 minutos, a continuación se raspa durante 3-4 minutos y se tritura durante 6-7 minutos, sin agregado alguno.

El último tercio de azúcar de leche se agrega a continuación, se le mezcla mediante espátula y se le tritura como se hizo anteriormente, durante 6-7 minutos, procediendo luego a un cuidadoso raspado del todo.⁹⁰

Cabe notar que en Chapingo, utilizamos cinco gramos de azúcar de caña, para cada trituración y la centésima parte del soluto, o 0.05 gramos, para hacer la primera trituración en escala centesimal Hahnemanniana, por ello, el procedimiento de los tiempos es 6 minutos de trituración y 4 de reposo, conforme a las enseñanzas hechas por el fallecido Dr. Efrén Rodríguez, ex director de la Escuela Nacional de Medicina y Homeopatía, al Ing. Segilfredo Castro Inzunza y al profesor Felipe de Jesús Ruiz Espinoza. Este procedimiento se muestra en el *Cuadro 3*.

⁹⁰ Hahnemann, S. 1984. *Organón... Op. cit.* p. 255.

Cuadro 2. Procedimiento de elaboración de las dinamizaciones homeopáticas (En escala Centesimal Hahnemaniana CH).⁹¹

$\frac{1}{2}$ HO + $\frac{1}{2}$ SOLUTO += TINTURA MADRE	(\emptyset)
2g (\emptyset) + 98g (HO) += 100 g (1 ^a C)	1 x 10 ⁻²
1g (1 ^a C) + 99g (HO) += 100 g (2 ^a C)	1 x 10 ⁻⁴
1g (2 ^a C) + 99g (HO) += 100 g (3 ^a C)	1 x 10 ⁻⁶
1g (3 ^a C) + 99g (HO) += 100 g (4 ^a C)	1 x 10 ⁻⁸
1g (4 ^a C) + 99g (HO) += 100 g (5 ^a C)	1 x 10 ⁻¹⁰
1g (5 ^a C) + 99g (HO) += 100 g (6 ^a C)	1 x 10 ⁻¹²
1g (6 ^a C) + 99g (HO) += 100 g (7 ^a C)	1 x 10 ⁻¹⁴
1g (7 ^a C) + 99g (HO) += 100 g (8 ^a C)	1 x 10 ⁻¹⁶
1g (8 ^a C) + 99g (HO) += 100 g (9 ^a C)	1 x 10 ⁻¹⁸
1g (9 ^a C) + 99g (HO) += 100 g (10 ^a C)	1 x 10 ⁻²⁰
1g (10 ^a C) + 99g (HO) += 100 g (11 ^a C)	1 x 10 ⁻²²
1g (11 ^a C) + 99g (HO) += 100 g (12 ^a C)	1 x 10 ⁻²⁴
1g (12 ^a C) + 99g (HO) += 100 g (13 ^a C)	1 x 10 ⁻²⁶

g = gotas

\emptyset = Tintura Madre

HO = Alcohol

C = Centesimal

Sucusión o Dinamización

⁹¹ Ruiz E., F. de J. 2003. *Agrohhomeopatía una alternativa ecológica, tecnológica y social*. Tesis doctoral. Departamento de Sociología, Chapingo, México. p. 115.

Cuadro 3. Tiempos de trituración en escala centesimal Hahnemanniana

Cantidad	Moler	Raspar
	Agregar 0.05 gramos del soluto	
1/3	6 minutos	4 minutos
	6 minutos	4 minutos
2/3	6 minutos	4 minutos
	6 minutos	4 minutos
3/3	6 minutos	4 minutos
	6 minutos	4 minutos

* Se aplica para cada trituración, sólo en la T 1CH, se agrega el soluto, para la 2CH, se utiliza 0.05 gramos de la T1CH; y para la T 3CH, se utiliza de la T2 CH.

3.7 Efecto en zig-zag

Todas las dinamizaciones que se apliquen en plantas muestran un efecto ascendente-descendente, marcando tendencias,⁹² por ello, se debe buscar en cada cultivo cual o cuales son las dinamizaciones que mejor inciden al aplicarse.

Un ejemplo de lo anterior se puede constatar en el trabajo de Khanna, *et al.* (1976), donde muestran diversas potencias de una dinamización que incide en el control del hongo *Alternaria Alternata* en cultivos de trigo, lino, cítricos y guayaba; donde, por ejemplo *Arsenicum album* es efectivo a la 90C y 199C en trigo, a la 150C y 199C en lino, a la 146C en cítricos y a la 82C y 96C en guayaba.⁹³

Este es el aspecto más importante de la investigación, sin embargo, con los agrosodes se puede decir que actúan como lo hacen en los seres humanos: dosis bajas para problemas agudos, medias para problemas agudos-crónicos o que tiendan a la cronicidad y altas para problemas crónicos. Por ello, cuando una dinamización resulte adecuada, siempre es recomendable preparar las dos siguientes para obtener una respuesta similar a dicha dinamización.

El efecto en zig-zag difícilmente se puede observar en los seres humanos y el ganado, ya que se requeriría tener al mismo individuo con una misma dinamización y con diferentes potencias; cuestión que sí se puede investigar en una misma planta.

⁹² Ruiz E. F. de J.; J. G. Betancourt V.; S. Tinajero A. 2008. *Efecto biológico de la sucusión de Chlorum en Trigo (Triticum aestivum)*. Memorias del Seminario de Investigación del Programa de Agricultura Orgánica. Chapingo, México. UACH. pp. 61-66

⁹³ Khanna, K. K. y Chandra, S. 1976. "Effect of some homeopathic drugs on the spore germination or four isolates of *Alternaria Alternata*." *Indian Phytopatology*. Vol. 29. Allahabad, India. p. 1167.

3.8 Óptimo Biológico

Las dinamizaciones homeopáticas afectan de manera natural promoviendo el máximo crecimiento biológico, ya que al no ser una sustancia tóxica, se promueve la respuesta de la planta logrando que ésta crezca de manera armónica, obteniendo del suelo y aire, los nutrimentos necesarios para su alimentación. Se sabe, que el medicamento homeopático sirve de catalizador y que es la planta la que realiza las funciones de nutrición y curación, por ello, la incidencia homeopática contribuye al desarrollo y curación adecuada del vegetal. Esa es una diferencia con el óptimo económico logrado por la agricultura moderna, la cual logra en ocasiones grandes producciones dañando y contaminando no sólo a la planta sino también al entorno.

4. METODOLOGÍA

Hay que señalar que desde el principio se aplicó el método científico a la construcción de la homeopatía, por ello, Candegable (2002) señala cómo se construyó este conocimiento, desde esta perspectiva:

1. *Observación.* La detenida observación, libre de prejuicios y presupuestos para conocer los síntomas.
2. *Análisis.* Los síntomas deben ser clasificados, ordenados según sean mentales, generales o locales para establecer una hipótesis –modelo de enfermedad– de acuerdo con la ley de la semejanza.



Foto: Participantes en el curso – taller de agrohhomeopatía realizado en Chapingo.

3. *Síntesis.* Con el modelo experimental de la enfermedad habrá que mostrar cuáles y cuántos son los síntomas y en qué circunstancias se presentan.

4. *Reexperimentación.* Para validar todo el sistema, Hahnemann fue el primero en establecer para la reexperimentación, voluntarios que sólo eran tratados con *placebo*, es decir, introdujo la prueba del doble ciego, a fin de confirmar, sin lugar a dudas, que los síntomas presentados como característicos eran tales.⁹⁴

Hemos sostenido que la agrohomeopatía es un conocimiento científico, ya que se ajusta a lo que se plantea desde diversos ámbitos de la ciencia para el conocimiento, sólo hay que recordar que el método científico es un conjunto de reglas, que parten de la planeación, la investigación documental, la delimitación del problema, el planteamiento de la hipótesis, la elaboración del diseño experimental, el material y método, la obtención de resultados, la constatación de dichos resultados y las conclusiones.⁹⁵

Por ello, las dinimizaciones infinitesimales, en el caso de la agrohomeopatía retoman tres vertientes en la construcción del conocimiento.

El Método *documental* que posibilita recuperar los trabajos elaborados por investigadores, donde ejemplifican el efecto biológico en la producción agropecuaria. Es importante dicha recuperación, ya que marca el rumbo; tanto en plantas como en animales, mostrando el avance y los obstáculos presentados. El primer trabajo que se conoce en ese ámbito fue el desarrollado por la Dra. Lili Kolisko y su esposo, quienes desde 1923 comenzaron la investigación, contribuyendo al conocimiento con su indagación a la que denominaron la agricultura del futuro.⁹⁶ Hemos comentado que la agrohomeopatía es un conocimiento en construcción, por lo que dichas investigaciones son orientaciones importantes para que los productores continúen los avances y eviten repetir lo que no resultó.

Otro, es el método de investigación *estadístico-experimental* que implica realizar diseños experimentales para conocer la incidencia de cada dinamización que se aplique, confrontada con uno o varios testigos. Dicho método es el conocimiento científico que inicia con la conformación de una hipótesis, que debe ser corroborada con la investigación.

Finalmente, se retoma la *experiencia* que se vaya construyendo por parte de los productores, esta experiencia es importante porque garantiza la continuidad de la investigación en campo por los productores.

⁹⁴ Candegabe, M.; Deschamps, I. 2002. *Bases y fundamentos de la doctrina y la clínica médica homeopática.* Ed. Kier. Argentina. pp. 35 -37

⁹⁵ López F., R.; Hernández Ch., C.; Falcón A., C. 1991. "Hahnemann y el método científico". *Revista la homeopatía de México.* No. 554. Noviembre. pp. 13 - 14.

⁹⁶ Kolisko, E; Kolisko, L. 1939. *Die Landwirtschaft...* Op. cit. p. V.

4.1 Aplicación

Ahora bien, pensemos en una comunidad o un productor aislado, con problemas de salud en su familia, en sus animales y en su cultivo. En este ejemplo hipotético, uno de los hijos tiene inflamación de garganta producido por una infección bacteriana, sus pollos tienen diarrea y sus árboles frutales de durazno, tienen un ataque de araña roja.

Para contribuir a solucionar el problema de su hijo, el productor que conoce cómo elaborar un nosode homeopático toma muestra de la secreción de su hijo enfermo y lo vierte en un frasco limpio, de preferencia color ámbar y le agrega la misma cantidad de alcohol, de ahí, agita vigorosamente durante dos minutos la preparación, a la que se denominará tintura madre y se distinguirá por el símbolo Ø. Si tuviera el tiempo necesario, déjelo reposar durante las siguientes 24 horas, después de lo cual lo volvería a agitar otra vez dos minutos y lo volvería a dejar reposar, esta operación la debe continuar hasta completar 10 días.

Pero para esta suposición, el malestar de su hijo es agudo, por lo que este proceso de 10 días lo realiza de manera continua para reducir ese tiempo, agitando vigorosamente en un movimiento ascendente–descendente durante dos minutos de agitación y dos minutos de reposo, repetido esto durante 20 minutos. Este método lo llamamos método corto, para elaborar en poco tiempo la tintura madre. Posteriormente, podrá elaborar su nosode al tomar una gota de la tintura madre con 99 de una solución hidroalcohólica de 87° y agitará durante dos minutos y dejará reposar otros dos minutos.

Al preparar este nosode en una dinamización baja, lo podrá dar a su hijo como el remedio específico que lo alivie de su problema de garganta. Para preparar el medicamento pondrá en un poco de azúcar (en 10 gramos por ejemplo, deberá aplicar 10 gotas del nosode elaborado a la 6CH), el consumo de unos cuantos gránulos de azúcar deberá hacerse cada hora, si se quiere que el efecto sea mayor se podrá agregar unos cuantos gránulos de azúcar en un medio vaso de agua potable y se disolverá con una cuchara y podrá darse al enfermo hasta cada 15 minutos o menos, si el problema es muy agudo.

En el caso de sus pollos, podrá tomar una muestra pequeña de la secreción diarrea del pollo y se agregará al alcohol de 87° para elaborar de la misma manera la tintura madre. La preparación podrá realizarse en una dosis baja (6CH), para aplicar a sus pollos cada hora, o dosis media (30CH), y la puede aplicar dos veces al día.

En el caso de los árboles de durazno, atacados por araña roja, podrá preparar en un frasco color ámbar, la tintura madre de hojas afectadas por la araña roja y que las contengan, agregándole el alcohol que las cubra. Después de hacer la tintura madre, se podrán elaborar las dinamizaciones, ya sea una baja o una media. Podrá aplicarlo a los árboles dañados, si la dosis es baja por lo menos una vez al día, si la dosis es media, se puede aplicar una o dos veces por semana.

4.2 Agua

Se indica que cualquier dinamización que se elabore, desde el principio debe ser realizada en alcohol de caña, alcohol etílico de 96°, 70° o de 87°. Los laboratorios utilizan para conservar las dinamizaciones que se preparan y que se van a utilizar, alcohol de 50; respecto al alcohol, Schwabe (1929), señala que según la solubilidad de las sustancias primitivas o madres, se empleará el alcohol de 90-60 o 45%, sugiriendo este último para las dinamizaciones altas;⁹⁷ no obstante, por experiencia propia, al parecer no existe diferencia importante al utilizar cualquier tipo de alcohol. Incluso en la escala unitaria se utiliza alcohol al 10%, elaborado a partir del alcohol de 96°.⁹⁸

Sin embargo, para la ejecución debe estar claro que el medio de aplicación es el agua común, de la llave o de riego. Se tienen dos formas de aplicación, la primera será tomando una gota de la dinamización elaborada en agua-alcohol y agregarlo en un recipiente de 1.5 litros, de preferencia recipientes comerciales de agua a los cuales se agregará 1 litro de agua común con la gota de la dinamización y se agitará de forma vigorosa en forma ascendente-descendente durante dos minutos. Una gota de ese litro, puede mezclarse con diferentes cantidades, que puede ser desde 1 litro, o hasta 100 litros. Si el área es pequeña, se puede preparar 1 litro por separado y aplicar directamente a la planta o en forma de aspersion, si los requerimientos son mayores se puede elaborar una cantidad mayor, siempre contemplando que 1 litro puede mezclarse hasta en 100 litros de agua.

Si el requerimiento fuera mayor se puede preparar de 3 a 5 gotas en 3 o 5 litros por separado y agregar en un recipiente de 300 o 500 litros. Siempre se debe elaborar la dinamización en agua y posteriormente se vacía en la aspersora o la pileta y se rellena con el agua faltante. Su aplicación puede ser en forma de aspersion para las plantas, incluso en el riego rodado; para el caso del ganado, se debe llenar la pileta para que tomen directamente.

Otra forma de aplicar, es elaborar de la última dinamización en alcohol, las dos siguientes en agua común. Para ello, se debe tomar una gota o un mililitro de la dinamización en alcohol y mezclarla con 99 gotas o mililitros de agua de la llave, y dinamizar durante dos minutos o agitar 200 veces para formar la dinamización en agua, y de ésta, se toma 1 gota o 1 mililitro y se dinamiza con 99 gotas de agua de la llave. De ésta segunda dinamización, se tomarán 10 mililitros y se dinamizan en 1 litro de agua y se puede preparar la cantidad que se requiera.

Un aspecto anecdótico, tiene que ver con un productor de calabaza de la comunidad de San Bernardino, Texcoco, que se encuentra cercano a Chapingo. En una oca-

⁹⁷ Schwabe W. 1929. *Farmacopea Homeopática*. Ed. Dr. Willmar Schwabe. Leipzig. p. XIII.

⁹⁸ Ruiz E., F. de J. 2007. *Escala unitaria o escala Chapingo*. Chapingo, México. Trabajo inédito.

sión cuando íbamos a conseguir la garrapata para prepararla en forma infinitesimal, el productor estaba cosechando su calabaza, sin embargo, parecía que también estaba produciendo mosquita blanca (*Bemisia tabaci*), ya que la cantidad era considerable, sobre todo, al pasar entre el cultivo. Por ello, se le propuso que aplicará el agronosode de Mosquita blanca, como el productor estuvo de acuerdo, se le obsequió la dinamización. Se le indicó que debía aplicar una gota en 1 litro de agua, sucusionar los dos minutos y podría verter ese líquido en una cantidad mayor, que podía ser 10, 20, 50 o hasta en 100 litros. El productor no convencido, aplicó en forma diferente a lo indicado. Como era mayor el trabajo, retomó la recomendación y por cada litro asperjaba una bomba aspersora de 15 litros.

4.3 Control de enfermedades de los cultivos y el ganado

Los preparados homeopáticos aplicados en el control de enfermedades garantizan la inocuidad de la sustancia al aplicarla en los alimentos. Son dos las formas en las que se pueden controlar las enfermedades, la primera, es utilizar sustancias que en dosis cuantificables producen un daño o síntoma similar a la enfermedad de la planta o el animal, la segunda, es tomar la secreción de la planta o animal enfermo y prepararlo homeopáticamente.

Afortunadamente la poca investigación muestra que la posibilidad de incidir sobre organismos patógenos existe, de esta manera se pueden controlar o promover los organismos patógenos, dependiendo de la dinamización utilizada y de la sustancia de la que se elaboró la dinamización.

Es importante resaltar que con dinamizaciones elaboradas de sustancias tóxicas, se pueden controlar los organismos patógenos como bacterias, hongos y virus. También es importante señalar como plantas como la caléndula que es una planta de ornato y medicinal, puede utilizarse adecuadamente en el control de bacterias, así como el *arsenicum album* puede servir de promotor de crecimiento en plántulas de piña.

Es necesario comentar que al igual que en los seres humanos, la aplicación de las dinamizaciones sirven como policrestos, esto es, una misma dinamización incide sobre diversos síntomas. El ejemplo que podemos mencionar es el *arsenicum album* el cual incide sobre el control de hongos, virus y como promotor de crecimiento en cultivos como el trigo, piña y café (Cuadro 4).

Cuadro 4. Control de enfermedades: Bacterias

Autor	Dinamización	Objeto de experimentación	Resultado
Noiret, Claude. 1977	CuSO ₄ 3C, 4C, 5C, 6C, 15C, 27C	<i>Enterobacter cloacae</i> , <i>Listeria monocytogenes</i> , <i>Streptococcus bovis</i> , <i>Edwardsiella tarda</i> .	6C, 15C, 27C, estimularon el crecimiento. 3C inhibió el crecimiento. 4C, 5C hubo variabilidad.
Meneses M., N. et al. 2003	<i>Calendula</i> 30C, <i>Staphisagria</i> 30C, <i>Oscilococilo</i> 200C y <i>Arsenicum</i> a. 40C.	Control de contaminación por bacterias de laboratorio en plántulas de piña.	Buenos resultados con <i>Calendula</i> , <i>Staphysagria</i> , <i>Oscilococilo</i> . <i>Arsenicum</i> fue útil como promotor de crecimiento en plántulas de piña.

La posibilidad de incidir sobre hongos con dinamizaciones como el *sulphur*, el *arsenicum*, *thuja occidentalis* que es una planta ornamental, es muy importante porque la afectación específica del agronosode complementa esta incidencia. Hay que señalar que la investigación sobre cuál es la dinamización más adecuada para cada cultivo, es parte de la información que debe buscarse y que se elaborará en la última fase al desarrollar un sistema de producción, en el cual se den recomendaciones específicas para cada cultivo, donde se mencione la dinamización, la potencia de dicha dinamización, la frecuencia y la cantidad.

Para el caso del control de hongos, los trabajos de diversos investigadores muestran que dinamizaciones como *Arsenicum album*, *Árnica montana*, *Apis mellifica*, *Belladonna atropa*, *Bryonia album*, *Kali iodide*, *thuja occidentalis*, *Lycopodium clavatum*, *Nuxvomica* y otros, son efectivas. Cabe notar, que las dinamizaciones que se han preparado de sustancias tóxicas, al prepararlas homeopáticamente, invierten por decirlo de alguna manera el grado de toxicidad, por lo que se vuelven inocuas.

La incidencia sobre hongos también se da con insectos como la abeja e incluso con plantas medicinales como el *árnica montana* o plantas de ornato como la *thuja occidentalis*. Lo más sobresaliente es que los hongos incluyendo las *aflatoxinas*, *aspergillus* y la *phytophthora* y otros, pueden ser controlados con dinamizaciones homeopáticas.

También se observa que para el control de un organismo patógeno se requiere una o varias dinamizaciones específicas, ya que existe una dinamización que opera sobre los mismos.

El control también puede realizarse a través de la elaboración de los agronosodes, de plantas enfermas que se trabajen homeopáticamente y se aplique a esa misma planta. Un ejemplo de lo anterior, es el trabajo de Ruiz (2013), que aplicó el agronosode del hongo *Fusarium oxysporum* Schlecht sobre *Pinos pseudostrobus* Lindl, encontrando

que las dosis agrohomoepáticas manifestaron un control efectivo sobre las infecciones provocadas por *Fusarium oxysporum* en plántulas de *Pinus pseudostrabus* Lindl., mostrando una supervivencia superior al 92% en todos los tratamientos en los que se aplicó alguna de las dosis establecidas, siempre y cuando se sigan los principios homeopáticos, reglas de preparación planteadas en la elaboración de los agronosodes, así como la frecuencia de aplicación de las dosis para mantener la efectividad alcanzada.⁹⁹

En el caso de virus, es importante apuntar que, en la agricultura moderna no existen medios eficaces de control de virus, sin embargo, con homeopatía es posible su erradicación, sin contaminar o dañar a la planta. Realmente la posibilidad de controlar organismos patógenos como los virus es muy importante, ya que no sólo se restringe el control de virus en plantas, sino que está abierta la posibilidad de control natural en animales y el ser humano.

La homeopatía garantiza de esta manera que, a pesar de ser inocua puede ser efectiva en el control de microorganismos patógenos. Por ello, es importante el trabajo desarrollado por Cruz (2011), que aplicó el agronosode del virus mosaico de la calabaza (*Squash mosaic virus*), y controló arriba del 70% de dicho virus en la calabaza *Zucchini*.¹⁰⁰

4.4 Control de plagas de los cultivos y los animales

En el caso de las plagas en animales y cultivos, comentaremos la pertinencia de elaborar por medio de trituración a los insectos y aplicarlos en dinamizaciones homeopáticas, un ejemplo de ello, puede ser el ácaro de las abejas (*Varroa destructor Oud*) o la mosquita blanca (*Bemisia tabaci*) con los cuales se puede controlar la varroasis en abejas y la mosquita blanca en hortalizas y cultivos como el frijol.

En el caso de animales, se puede utilizar el ácaro del ganado conocido como garrapata y aplicarlo en animales vacunos para controlar el daño físico que produce la garrapata, ahuyentarla y eliminar las enfermedades que produce en el ganado. Se conoce que en Argentina se comercializa el nosode del ácaro del pollo conocido como coruco, el cual se utiliza en pollos como promotor de crecimiento.

4.5 Incidencia en incremento de biomasa

Uno de los aspectos que merece la atención, es el referido con el aumento o decremento de biomasa, en virtud de que al productor le interesa generalmente tener una mayor producción o en ocasiones retrasar el crecimiento de su cultivo; o en el caso de

⁹⁹ Ruiz G., V. H. 2013. Ruiz G., V. H. 2013. *Evaluación de tres dosis agrohomoepáticas, para determinar su efectividad en el control de Fusarium oxysporum Schlecht sobre Pinos pseudostrabus Lindl.* Tesis profesional. División de Ciencia Forestales. Chapingo, México. 72 págs.

¹⁰⁰ Cruz B., N. 2011. *Efecto del preparado homeopático 12C VMC en el desarrollo de calabaza Zucchini infectada con Squash mosaic virus.* Tesis profesional. Departamento de Parasitología. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 24 págs.

sus animales, le interesa que pese más en un determinado periodo de tiempo. La posibilidad que tiene la agrohomeopatía de influir en procesos diferentes a la salud animal o vegetal, posibilita que la investigación sea imprescindible para poder contar con el conocimiento que sirva directamente a los productores para normar su uso en el campo.

Como puede verse en los cuadros siguientes, es posible impactar en procesos de incremento o decremento de biomasa utilizando desde sustancias tóxicas, medicinales, no tóxicas e incluso sustancias usadas como fertilizantes. En el caso de sustancias no tóxicas, se puede probar con cualquier sustancia aplicada en dosis cuantificable, para de ahí desprender la hipótesis comprobable de que si el impacto es por decir inhibición del crecimiento, en dosis homeopática, lo promoverá y viceversa. Hay que resaltar que las plantas con alcaloides tienen muchas posibilidades de impactar en términos de crecimiento a los cultivos.

También es conveniente comentar, que las sustancias que se aplican en partes por millón, como los reguladores de crecimiento de la agricultura moderna, al prepararse homeopáticamente inciden de manera análoga como lo hacen en partes por millón, incluso los antibióticos aplicados homeopáticamente inciden como reguladores de crecimiento.¹⁰¹

Un aspecto importante es que, con la aplicación de las dinamizaciones infinitesimales, lo que se busca en términos del incremento de biomasa de los cultivos, es poder estimular su habilidad para obtener sus requerimientos nutricionales del agua, del aire y del sustrato donde estén; así como incidir en que las plantas obtengan mayor cantidad de la luz solar, con la idea de aumentar la formación de elementos nutricionales que requieran. En el caso del ganado, por ejemplo, se ha experimentado con *Calcarea carbonica*, *Calcarea phosphorica*, *Pulsatilla nigricans*, *barita carbonica* y *Silicea terra* como promotores de crecimiento.

En el caso de las sustancias tóxicas, como puede verse en el cuadro anexo, pueden utilizarse en el proceso de producción de cualquier cultivo, teniendo en cuenta que no existe efecto tóxico en su aplicación, incluso en dosis bajas como la 6CH o 9CH, que corresponderían a la billonésima parte del soluto inicial o la trillonésima parte del mismo.

Es necesario indicar que, la mayoría de las dinamizaciones homeopáticas tienen la virtud de manifestarse como policrestos, esto es, que una sola dinamización puede servir para diferentes síntomas o remedios para muchos males, asimismo, una sola dinamización influye en diversos síntomas, por ejemplo, una sola dinamización puede eliminar el daño causado por una enfermedad, ya sea de origen viral, bacteriano o

¹⁰¹ Véase los trabajos de Rendón G., A. 1990. *Efecto del empleo de soluciones homeopáticas de AIB (Ácido indolbutírico) en la propagación de Violeta africana (Saintpaulia ionantha w.)* Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 55 págs. y el de Rojas A., E. 1994. *Uso de soluciones de tipo homeopático de AIB (Ácido Indolbutírico) en el enraizamiento de estacas de clavel, crisantemo y noche buena.* Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 62 págs.

fungoso y además impactar como regulador de crecimiento, algunos ejemplos que se pueden señalar son: *Arsenicum*: inhibió completamente las esporas del hongo *Alternaria alternata* en trigo con dinamizaciones de *Arsenicum album* 90CH, 199CH; en lino con dinamizaciones al 150CH y 199CH; en cítricos con dinamizaciones 146CH y en guayaba con dinamizaciones de 82CH, 96CH.¹⁰²

También se logró la inhibición de las esporas del hongo *Fusarium roseum* en plantas de tomate con *Arsenicum a.* 1CH,¹⁰³ se ha logrado el control del hongo *Pestalotia mangiferae Henn.*, que pudre al mango aplicando para su control *Arsenicum a.* 1CH, 89CH y 90CH.¹⁰⁴ También se logró el control parcial de los hongos *Helminthosporium oryzae* en un 53.1% con la 30CH y 37.5% con la 200CH, en el caso de *Fusarium solani* se incidió en un 53.1 con la 30CH y 37.5 con la 200CH, y finalmente se incidió parcialmente en el control de *Penicilium decumbens* en un 19.3% con la 30CH y en un 22.5% con la 200CH.¹⁰⁵

El control de Aflatoxina B₁ se ha logrado con *Arsenicum* 200CH en un 44% y el micelio de *A. Parasiticus* en un 18.27%. Se ha logrado el control de la pudrición del cormo causado por *Phytophthora colocasiae esculenta*, donde la máxima inhibición se obtuvo con las potencias 3C, 30C y 200C de *Arsenicum album*.¹⁰⁶

En el caso de los reguladores de crecimiento, el arsénico homeopático se manifiesta como una alternativa, por ello, es importante el trabajo de investigación de Brizzi, et al. (2000), encontró que algunas dinamizaciones como la 40 D, 42 D, y 45D dieron un notable efecto estimulador; estadísticamente significativo en la germinación, comparadas con su control, mientras la 35D muestra un efecto inhibitorio significativo;¹⁰⁷ otro trabajo con arsénico dinamizado, es el de Meneses et al. (2003), que comenta cómo el arsénico mostró un efecto estimulador en el aumento y vigor de las plántulas

¹⁰² Alternaria Khanna, K. K. y Chandra, S. 1976. "Effect of some homeopathic drugs on the spore germination or four isolates of Alternaria Alternata". *Indian Phytopatology*. Vol. 29. Allahabad, India.

¹⁰³ Khanna, K. K. y Chandra, S. 1976. "Control of tomato fruit roe caused by Fusarium roseum with homeopathic drugs". *Indian Phytopatology*. Vol. 29. Allahabad, India. pp. 269-272.

¹⁰⁴ Khanna, K. K. y Chandra, S. 1978. *Homeopathic drugs controls fruit rot caused by Pestalotia mangiferae Henn.* Experientia (Basel) 34 (9). Allahabad, India. p. 195

¹⁰⁵ Ragani C., Km; S. N. Dixit; S. C. "Tripathi. 1978. Effect of some Homeopathic drugs on spore germination of certain Fungi. Journal National Academy of Science" *Letters*. India. Vol. 1 No. 10 p. 355-356.

¹⁰⁶ Misra, R. S.; K. K. Sinha; Premlata Singh. 1980. "Evaluation of some Homeopathic drugs against Aflatoxin production and growth of Aspergillus parasticus". *Journal National Academy of Science letters*, India. Vol. 3 No. 10. pp. 289 -290.

¹⁰⁷ Brizzi, M.; Nani, D.; Peruzzi, M. y Betti. 2000. "Análisis de arsénico en altas diluciones homeopáticas en un modelo de germinación de trigo". Ed. Revista *La Homeopatía de México*. Vol. 69. Julio-Agosto. No. 607. México. pp. 140-141.

de piña;¹⁰⁸ por último, también Moreno, *et al.* (2004), señala como *Arsenicum album* 30CH logra incidir sobre la germinación y el crecimiento de plántulas de café.

Ruiz, *et al.* (2007), presentaron su trabajo de investigación acerca del cambio de potencial de Hidrógeno en dinamizaciones homeopáticas de cloro en trigo, concluyendo que el potencial de Hidrógeno de una dinamización homeopática se modifica por el proceso de sucusión que se aplica a cada dinamización en su elaboración.¹⁰⁹ Uno de los aspectos que la agrohomeopatía tendrá que demostrar es que se pueden producir alimentos utilizando el cultivo hidropónico y las dinamizaciones homeopáticas. Las experiencias son iniciales, pero la posibilidad existe. Existe incredulidad de los productores cuando aplican las dinamizaciones homeopáticas, por ejemplo de Mosquita blanca a la 60CH, ya que se utiliza una gota de la dinamización en alcohol en un litro de agua (sucusionándola necesariamente), y ésta aplicada en la bomba para asperjar por ejemplo 12 litros; sin embargo, su desconcierto es mayor si se le comunica que esa gota que se dinamizó en un litro, lo puede vaciar en un recipiente de mayor capacidad como 20, 50 o incluso 100 litros de agua, con la única condición de homogenizar la mezcla del litro en los 100.

4.6 Salud en los productores y consumidores

Una de las características esenciales de cualquier dinamización homeopática es la inocuidad, por lo que en cualquier alimento de origen animal o vegetal dónde se haya aplicado homeopatía se puede garantizar la nula toxicidad, por ende, si un alimento no es tóxico, se puede hablar de que es un alimento sano. Si los alimentos en este momento tienen cantidades, pequeñas o grandes de alguna sustancia tóxica y están afectando de forma directa la salud de los seres vivos, el uso de las dinamizaciones infinitesimales pueden contribuir en sentido contrario, no sólo eliminar la toxicidad, sino contribuir a una buena salud a través de alimentos sanos.

4.7 Ventajas

La agrohomeopatía tiene diversas ventajas que deben valorarse a la luz de dos aspectos centrales; por un lado, su incidencia económica y por el otro, su innegable impacto ecológico, todo ello, que influye en las condiciones de vida y salud de los productores.

En el caso de su impacto económico, es innegable que si una dinamización puede incidir en el control de plagas y enfermedades, el volumen total de la producción será

¹⁰⁸ Meneses M., N., L. R. González A. 2003. "Acción de cuatro fármacos homeopáticos en el control de la contaminación por bacterias". Ed. *Revista La Homeopatía de México*. Vol. 72. Enero-Febrero. No. 622.

¹⁰⁹ Ruiz E., F. de J.; J. G. Betancourt V.; S. Tinajero A. 2007. *Cambio de potencial de Hidrógeno en dinamizaciones homeopáticas de cloro en trigo (Triticum aestivum)*. Memorias del Seminario de Investigación del Programa de agricultura Orgánica. UACH. Chapingo, México. pp. 76-80.

mayor, lo que redundará en un beneficio directo al productor. Por ejemplo, si se quisiera combatir la mosquita blanca (*Bemisia tabaci*) con el agronosode, ésta deberá elaborarse por medio de trituración; como sabemos el productor tiene en su cultivo la materia prima para su elaboración por lo que no requerirá comprar la plaga de mosquita blanca para elaborar la trituración hasta la 3CH, para lo cual requerirá sólo de 5 centigramos o alrededor de 25 mosquitas para iniciar la 1era trituración. Después de la tercera trituración pasará en forma líquida y de ahí, podrá elaborar la dinamización que considere pertinente, debe señalarse que la investigación actual se centra en conocer la dinamización más adecuada, sin embargo, a partir de la 6CH se puede aplicar.

Los requerimientos económicos sólo serán frascos y alcohol de 87°, o bien, del 96°. Si el productor elaborará una dinamización media, por ejemplo 30CH, en el momento que se le acabe, de la 29CH que tiene podrá elaborar la 30 y cuando se termine la 29 podrá elaborar de la 28, luego de la 28 y de la 30 y de esta manera tendrá la cantidad suficiente, más aún si el productor agrega 1 gota por litro de agua y lo dinamiza, podrá revolver ese litro en una cantidad mayor que puede ser 1 litro dinamizado en 5, 10, 20 o incluso en 100 litros de agua con lo que su dinamización se amplía para el control de la mosquita blanca. La cantidad que puede tener se ve más claramente en el cuadro siguiente, donde la cantidad es muy grande si se elaborara toda la cantidad de la dinamización (*Cuadro 5*).

Cuadro 5. Cantidad de solvente en una dinamización homeopática¹¹⁰

Dinamización	Volumen (unidades)
1 CH	100
2 CH	10,000
3 CH	1´000,000 ^a
4 CH	100´000,000
5 CH	10´000´000,000
6 CH	1´000´000´000,000 ^b
7 CH	100´000´000,000,000
8 CH	10´000´000´000,000,000
9 CH	1´000´000´000´000,000,000 ^c
10 CH	100´000´000´000´000,000,000
11 CH	10´000´000´000´000´000,000,000
12 CH	1´000´000´000´000´000´000,000,000 ^d

Nota: Gotas, mililitros, litros.

- a. Un millón.
- b. Un billón.
- c. Un trillón.
- d. Un tetrallón.

¹¹⁰ Ruiz E., F. de J. 2003. *La agrohhomeopatía una alternativa ecológica...Op. cit.* p. 219

Otra de las vertientes, es el beneficio ecológico; ya que de entrada cualquier dinamización homeopática carece de toxicidad. Las dinamizaciones homeopáticas se elaboran de sustancias letales en ocasiones, sin embargo, se puede garantizar que una sustancia letal se transforma en inocua al elaborarse homeopáticamente.

Esta inocuidad ha sido resaltada por los críticos de la homeopatía quienes comentan que las dinamizaciones homeopáticas sólo tienen agua y alcohol y su efecto se lo atribuyen a la subjetividad del individuo y no al efecto que tenga sobre un organismo vivo. Si se elaborara el arsénico, que es un metaloide tóxico, al elaborar la 3CH tendríamos una millonésima parte del arsénico, a la 6CH tendríamos una billonésima parte del mismo y a la 12CH el arsénico habría desaparecido, conforme a la concentración química de una sustancia que se diluye y que en el caso de las dinamizaciones homeopáticas mayores a la 11CH ya no contienen ninguna partícula, ion, anión o catión conforme al número de Avogadro (*Cuadro 6*).

Hay que resaltar, que el efecto placebo adjudicado a la homeopatía, es negado sistemáticamente por su uso en bebés, animales, plantas e incluso en microorganismos como virus, hongos y bacterias. Lo importante de una dinamización homeopática superior a la 11CH, es que continúa actuando aún en dinamizaciones medias o altas como la 30CH, 60CH, 200CH, MCH y 10MCH.

4.8 Efecto placebo

Desde su inicio se atacó a la homeopatía aduciendo un efecto psicológico de parte de los enfermos, y este fue el argumento que se esgrimió para demeritar a la homeopatía. Por ello, muchas de las investigaciones realizadas en animales primero y después en plantas, fue con el objetivo de mostrar que las dinamizaciones infinitesimales tenían una incidencia sobre plantas, animales e incluso en bebés, los cuales difícilmente pueden sugestionarse o ser autosugestionables. A partir de la aplicación de las dinamizaciones infinitesimales un argumento que apareció es que muchas de las investigaciones no se ajustaban al método estadístico-experimental, y que por ello no eran válidas.

Eventualmente, una forma sencilla de validar es poner cualquier experimento donde se aplique una sustancia en forma cuantificable, dejando un testigo y se pueda observar en estos casos, la respuesta de la sustancia que se aplica en forma cuantificable y esa misma en forma infinitesimal, cuidando de poner dinamizaciones que la contengan y aquellas que ya no lo contengan (dinamización baja y media o alta), con lo que se evidenciaría sin problema, el efecto biológico.

Cuadro 6. Cantidad de soluto en una dinamización homeopática¹¹¹

Dinamización	Cantidad
1 CH	0.01
2 CH	0.000,1
3 CH	0.000,001 ^a
4 CH	0.000,000,01
5 CH	0.000,000,000,1
6 CH	0.000,000,000,001 ^b
7 CH	0.000,000,000,000,01
8 CH	0.000,000,000,000,000,1
9 CH	0.000,000,000,000,000,001 ^c
10 CH	0.000,000,000,000,000,000,01
11 CH	0.000,000,000,000,000,000,000,1
12 CH	0.000,000,000,000,000,000,000,001 ^d
13 CH	0.000,000,000,000,000,000,000,000,01
14 CH	0.000,000,000,000,000,000,000,000,000,1
15 CH	0.000,000,000,000,000,000,000,000,000,001
16 CH	0.000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,01
17 CH	0.000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,1
18 CH	0.000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,001
20 CH	0.000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,01

Nota: Gotas, mililitros, litros.

- a. Un millón.
- b. Un billón.
- c. Un trillón.
- d. Un tetralión

Nota: Las dinamizaciones que aparecen en amarillo carecen del soluto inicial; sin embargo, siguen mostrando el efecto biológico al activar procesos en los organismos vivos.

Probablemente en el caso de los cultivos, se puede evidenciar que el efecto placebo es un argumento para no profundizar en ese campo de la ciencia, que implicaría saber que sucede con un microorganismo patógeno o una sustancia al diluirse y aplicarse sobre un organismo vivo, sobre todo cuando se rebasa el número de Avogadro.

Los críticos de la homeopatía consideran que los tratamientos homeopáticos no resultan más efectivos que una simple pastillita de azúcar, por lo que las personas que utilizan las dinamizaciones infinitesimales, pierden su tiempo y dinero.¹¹²

¹¹¹ Ruiz E., F. de J. 2003. *La agrohhomeopatía una alternativa ecológica...Op. cit.* p. 225

¹¹² Bonfil O., M. 2002. "Homeopatía". Ed. Revista *Cómo vez?* Revista de Divulgación de la ciencia. UNAM. Sección Ojo de mosca. Año 4, núm. 41, p. 7.

A pesar de la evidencia empírica o biológica lograda durante más de 200 años en seres humanos, animales y desde principio del siglo pasado en plantas, se le considera pseudociencia, y por lo mismo, inútil.¹¹³

4.9 Dinamización-frecuencia de aplicación

Las dinamizaciones infinitesimales se pueden diferenciar en dinamizaciones o potencias bajas, que como la 3C, 6C o 9C, las cuales todavía tendrían el soluto original, sin embargo, aquí se ubican dinamizaciones como la 12C, que ya no contendría la sustancia original. Dentro de las dinamizaciones medias se encuentra la 30C y 60C y finalmente, las altas que serían de la 200C en adelante (MC, 10MC, 100MC).

La diferencia entre una dinamización baja, media y alta es la frecuencia de aplicación, ya que las dinamizaciones bajas deben aplicarse con mucha frecuencia, puede ser diariamente, en el caso de las dinamizaciones medias, la frecuencia de aplicación es cada 3 días (la 30C) y cada 4 días (la 60), en el caso de la alta como la 200C, sería cada 15 días. Hay que señalar que como cada organismo es diferente, se pueden modificar las frecuencias de aplicación, habrá que observar si el cultivo o el ganado responde adecuadamente a la frecuencia señalada, en caso contrario se puede reducir, incluso dinamizaciones como la 200C, se puede aplicar diariamente, si el organismo al que se aplica responde adecuadamente (Cuadro 7).

Por último, se debe señalar que estas frecuencias de aplicación, son aplicables tanto para los cultivos como para el ganado, incluso si se retoma la recomendación de aplicar una gota por litro y mezclar ese litro hasta en 100 litros; éstas pueden ser la forma de aplicar. En el caso de los cultivos es importante asperjar y en el caso del ganado, se vierte en el bebedero.

Cuadro 7. Frecuencia de la aplicación de las dinamizaciones infinitesimales¹¹⁴

Dinamización (Potencia)	Síntomas	Frecuencia de aplicación
Baja (6C, 12C)	Agudos	Diariamente
Media	Agudos-crónicos	Cada 3 o 4 días
Alta	Crónicos	Cada 15 días

¹¹³ Bonfil O., M. 2013. "Homeopatía legitimada". Dirección General de Divulgación de la Ciencia. *Periódico Milenio Diario México* 27 de marzo.

¹¹⁴ El Doctor León Vannier, señala de la siguiente manera el uso de los medicamentos homeopáticos: Trastornos del sensorio, altas diluciones, trastornos funcionales, diluciones medias y trastornos lesionales, bajas diluciones. Vannier, L. (1987). *Materia Médica Homeopática*. Ed. Porrúa. México. p. XXVI

4.9.1 Inocuidad

Dentro de las ventajas palpables se encuentra la inocuidad, al no ser contaminante y tóxica una dinamización homeopática; esta es la ventaja más importante, porque es la garantía de alimentos sanos en la producción agropecuaria. Esta característica se refleja directamente sobre el medio ambiente, ya que al no ser contaminante, no existe daño en los cultivos, en los productores, en los animales que consumen cultivos donde se aplicó homeopatía y en la salud de productores y consumidores que ingieran alimentos producidos incorporando dinamizaciones infinitesimales.

La inocuidad no sólo se refiere a la dinamización, sino que también es aplicable a los productos ya elaborados como las hortalizas y los granos, en donde se pueden eliminar los organismos patógenos que en ocasiones tienen, incluyendo las aflatoxinas que se producen en los granos. Es seguramente esta inocuidad, más que su aspecto económico, la que promoverá a la agrohomeopatía, en su uso en el campo para contribuir a la sanidad de los cultivos y los animales, en virtud de que se puede garantizar la inocuidad de los preparados homeopáticos, incluyendo aquellos que se elaboren de sustancias tóxicas. La aplicación de las dinamizaciones infinitesimales, es el referente inmediato para resolver los problemas de contaminación en la producción agropecuaria, tal como lo señala Silva (2004)¹¹⁵ y Ruiz (2004).¹¹⁶

4.9.2 Drenaje

Otras de las virtudes de una dinamización homeopática, es la posibilidad de drenar tóxicos de un organismo contaminado; esta posibilidad contribuye a recuperar la salud del ser humano, el animal o el vegetal envenenado por una sustancia tóxica, por lo que su uso es adecuado cuando por alguna causa se incorpora a un organismo vivo un tóxico y éste ejerce un daño sobre dicho organismo. Ahí la homeopatía incide para limpiar del tóxico, al eliminarlo mediante su salida del mismo.

Ésta es una de las posibilidades que, aunada a la inocuidad de las sustancias tóxicas, posibilitan el uso de las dinamizaciones homeopáticas como no tóxicas. Si sabemos que incluso la misma agricultura orgánica genera contaminación, es posible contribuir desde la homeopatía en revertir los problemas de toxicidad no sólo de la agricultura orgánica, sino de la agricultura comercial. El drenaje no es sólo de los cultivos y el ganado, sino que puede implementarse en el suelo e incluso en el agua, cuando se tenga la presunción o por análisis se tenga la certeza de tener algún tóxico o un microorganismo.

¹¹⁵ Silva C., E. 2004. *La homeopatía, la contaminación y los animales. Memoria del I Foro Interinstitucional sobre control homeopático de la toxicidad en humanos, animales y plantas*. UACH, Chapingo, México. pp. 16-28.

¹¹⁶ Ruiz E., F. de J. 2004. *La homeopatía, la contaminación y los animales. Memoria del I Foro Interinstitucional sobre control homeopático de la toxicidad en humanos, animales y plantas*. UACH, Chapingo, México. pp. 29-44.

Existe información de este proceso sobre todo en seres humanos¹¹⁷ y animales donde se observa no sólo que se eliminan los síntomas que genera un tóxico o un microorganismo, sino que también se reducen paulatinamente en el organismo vivo donde se encuentren.

Respecto a los trabajos de investigación en animales, Gibson (1993) señala que los trabajos realizados en 1955, demostraron que las potencias de arsénico podían aumentar la eliminación de este veneno en conejillos de Indias Intoxicados con arsénico; un trabajo más reciente, sugiere que una potencia 7C de arsénico en ratas envenenadas comparada con una potencia 7C de agua usada como control, confirma los resultados obtenidos con conejillos de Indias.¹¹⁸

4.9.3 Inhibición

Generalmente, cuando se ingiere una dinamización homeopática se tiene la certeza de que el tóxico que se haya ingerido se puede inhibir al consumir el mismo tóxico en dosis infinitesimales. La inhibición es la manera más adecuada de revertir el efecto negativo que produce una sustancia tóxica. Pensemos en el daño que genera la inoculación de virus por parte de la mosquita blanca en un cultivo, la primera incidencia del agronosode no es matar a la mosquita, sino de inhibir los daños que genera por la inoculación de virus, de tal manera que es posible hacer coexistir un cultivo con la mosquita blanca, teniendo la garantía de que el daño por virus será mínimo o inexistente.

4.9.4 Resistencia

Es posible crear resistencia en los cultivos y en el ganado que se traten con dinimizaciones infinitesimales, dicho aspecto se dará en las plantas tratadas con homeopatía durante varios cultivos, cuyas semillas generarán cierto grado de resistencia a las plagas o enfermedades que se apliquen; en el caso de los animales, el efecto se verá en el ganado donde se aplique y en los descendientes tratados con dinimizaciones homeopáticas.

4.9.5 Profilaxis

La posibilidad de incidir sobre un problema de salud antes de que aparezca es otra eventualidad de las dinimizaciones homeopáticas, ya que se puede “vacunar” a los cultivos o los animales al aplicar, ya sea dinimizaciones homeopáticas que incidan sobre los problemas de salud de los cultivos o los animales o con los agronosodes, con los cuales se revierten los problemas específicos de los daños generados por los organismos patógenos e insectos.

¹¹⁷ Núñez S., C; J. L. Olivas L.; G. García V.; M. C. Hernández S. 2000. “El Arsenicum album homeopático como eliminador arsénico en paciente intoxicado crónicamente”. *Rev. La Homeopatía de México*. Vol. 69. Sept.-Oct. No. 608. pp.169-173.

¹¹⁸ Gibson, S.; R. Gibson. 1993. *Homeopatía para... Op. cit.* pp. 165-166.

En el caso de los insectos los daños más evidentes que se pueden utilizar de forma preventiva son los causados por la inoculación de patógenos que transmiten dichos insectos. Si sabemos que una dinamización no es tóxica y que podemos aplicarla de manera preventiva, estaremos garantizando que el cultivo o los animales no se enfermen y, por lo mismo, al no haber problemas de salud, se pueda lograr el óptimo biológico en los cultivos y el ganado.

4.9.6 Curativo

La homeopatía siempre se podrá utilizar para tratar de revertir el daño que causen las enfermedades e insectos, por ello, se pueden curar plantas y animales directamente, la posibilidad de este aspecto dependerá de la dinamización usada, la frecuencia utilizada y el desarrollo específico del daño; por ello, es posible revertir la enfermedad cuando aparece si se aplica inmediatamente la dinamización adecuada, a la dosis y frecuencia adecuada.

Como en los seres humanos, los problemas agudos podrán curarse con dinami-zaciones bajas y los problemas agudos-crónicos con dinami-zaciones medias y altas. La aplicación de una dinamización adecuada para un problema en los cultivos o los animales dependerá de la oportunidad en que se dé la aplicación, ya que si una dina-mización no se aplica, de preferencia, después de que aparece la enfermedad, y si ésta avanza y no se dio el medicamento rápido o no fue el adecuado, la curación será más difícil y tardará más tiempo.

4.9.7 Conservación del hábitat

La incidencia de cualquier dinamización homeopática se manifestará como la forma natural de conservación del hábitat de quiénes vivimos en la tierra. El daño que pueda darse al suelo, la planta, los animales que consumen aquella planta, al productor y al consumidor no existen, por ello, si sabemos que la forma de aplicar las dinami-zaciones es en agua, podemos estar seguros de que su aplicación no daña el ambiente e incluso si el suelo estuviera contaminado se puede revertir esta situación al aplicar el agronosode preparado por trituración del suelo en cuestión para revertir dicha contaminación.

4.9.8 Alimentos sanos

El producto final de la aplicación de las dinami-zaciones homeopáticas se manifiesta-rá en la producción de alimentos libres de toxicidad, con lo cual se garantiza que su consumo no incida de manera negativa en la salud de los seres humanos. Se sabe que muchos de los problemas de salud están relacionados con el consumo de alimentos que generan la arterioesclerosis, la cual está relacionada con la obesidad, la diabetes, el infarto al miocardio y otras que podrán revertirse al consumir alimentos vegetales y animales libres de tóxicos, como los pesticidas en los cultivos y las hormonas y anti-bióticos en los animales.

Es posible cubrir con dinamizaciones homeopáticas la mayoría de los problemas de salud de las plantas y animales, de ahí que la inocuidad, la nula toxicidad y la certeza de la sanidad de los alimentos hace posible que la alimentación adquiriera el beneficio que nunca debieron perder los alimentos como alimentos nutritivos, no como alimentos que de forma paulatina inducen a la enfermedad.

4.9.9 ¿Cómo funcionan las dinamizaciones infinitesimales?

La siguiente parte es de un documento inédito, se retoma para ilustrar las hipótesis de trabajo que respecto a la incidencia de las dinamizaciones infinitesimales en la producción agropecuaria pueden plantearse.¹¹⁹ Son cuatro las hipótesis que enunciamos aquí, remarcamos que la certeza de alguna de ellas se compruebe, es independiente del efecto biológico comprobable directamente por cualquier investigador, estudiante y productor.

Los polímeros de agua. La primera hipótesis enunciada para explicar la incidencia de las dinamizaciones infinitesimales, fue la formación de Polímeros de agua. Como se sabe, el agua es un líquido extraordinario que a altas temperaturas se vuelve un gas y a bajas temperaturas se vuelve sólido. Es esta característica de la versatilidad del agua que hace posible que en ella haya un proceso permanente de unión – desunión de las moléculas de hidrógeno.

Por ello, no es extraordinario suponer que se produzcan polímeros de agua (macromoléculas de cadena larga) al elaborarse una dinamización y que se transmita al pasar una gota a la siguiente dinamización para volverse a replicar.

Gibson, *et al.*, (1993), señala al respecto que, hoy se cree que las propiedades peculiares del agua se deben a lo que conocemos como enlaces de hidrógeno; esto quiere decir, que el agua no está compuesta de moléculas individuales que flotan libremente, sino que las moléculas están unidas entre sí. Los dos átomos de hidrógeno y el átomo de oxígeno que componen la molécula de agua crean fuertes enlaces covalentes (...); sin embargo, los átomos de hidrógeno pueden crear otros enlaces más débiles con otros átomos de oxígeno o nitrógeno, uniendo así varias moléculas de agua. De este modo, es posible reunir cualquier número de moléculas de agua para dar origen a polímeros de agua (grupos de moléculas ligadas) de distintos tamaños.

Más adelante señala que Barnard sugirió que cuando una sustancia se diluye en agua o en una mezcla de agua y alcohol, las moléculas de agua rodean a cada molécula de solvente en una disposición tridimensional, que es estereoespecífica para cada soluto, teoría que ha sido demostrada recientemente (...): Barnard también afirmó que si añadía energía a este sistema, los grupos estereoespecíficos de polímeros de agua

¹¹⁹ Ruiz E., F. de J. 2012. “Agrohhomeopatía e inocuidad: una alternativa de vida”. Inédito, elaborado para su publicación en un libro sobre la temática de la inocuidad y la incidencia de la agrohhomeopatía en ella. Chapingo, México. pp. 6-9.

podían lograr el equilibrio y unirse para formar largas cadenas de polímeros que conservarían la huella original del soluto y su especificidad de forma.

Al preparar las potencias homeopáticas, la energía se introduce mediante el procedimiento de sucusión, en el cual la solución se somete a una serie de golpes repentinos y fuertes; en estas condiciones, el agua siempre contiene algo de aire disuelto,¹²⁰ todo ello puede incidir en el efecto de la dinamización sobre un organismo vivo.

Cristales Líquidos. Una segunda hipótesis de trabajo la planteó el Dr. Salas (1989), quien después de investigar sobre diversas dinamizaciones infinitesimales, analizando los restos de las dinamizaciones después de evaporarlas y utilizando la resonancia magnética nuclear, encontró la formación de estructuras a las que llamó cristales líquidos, por lo que, planteó que en el proceso de elaboración de las dinamizaciones se formaban estas estructuras, situación que ya no dependía de la cantidad de soluto inicial.¹²¹

Vibración de los enlaces moleculares del agua. Un planteamiento reciente tiene que ver con la vibración de los enlaces moleculares. Gangar (2010), considera que las oscilaciones de los electrones son modulados por las oscilaciones de moléculas de una droga.¹²² Con ello, se pretende responder la pregunta de cómo funcionan las dinamizaciones infinitesimales en un organismo vivo.

Señales de información. Finalmente considero que, es posible que la respuesta de una dinamización infinitesimal se dé por las señales de información que se crean al elaborar una dinamización, de igual manera como lo hacen las plantas, animales y el hombre que responden a las *señales de información que se dan por las hormonas vegetales y animales.*

Cuando se elabora la dinamización se puede corroborar que el potencial de hidrógeno cambia,¹²³ de tal suerte que puede constatarse que la presión atmosférica se modifica en el líquido sucusionado. También es posible que esas señales de información electromagnéticas sean las causantes del efecto biológico, que se manifiesta en forma zigzagueante, tal como se da con la polaridad del magnetismo, con los polos positivos y negativos. Una muestra del efecto zigzagueante puede verse en el trabajo de Ruiz, et al. (2008).¹²⁴

¹²⁰ Gibson, S.; R. Gibson. 1993. *Homeopatía... Op. cit.* 157 y 159.

¹²¹ Salas C., A. 1989. "Investigación de la resonancia magnética nuclear en el medicamento homeopático". Ed. *Revista la Homeopatía de México*. junio. num. 526. pp. 10-18.

¹²² Gangar, H. U. 2010. *Management of genetic activity through homoeopathy. International Journal of Pharma and Bio sciences*. V1 (2) 2010.

¹²³ Ruiz E., F. de J.; J. G. Betancourt V.; S. Tinajero A. 2007. *Cambio de potencial de Hidrógeno en dinamizaciones homeopáticas de cloro en trigo (Triticum aestivum)*. *Memorias del Seminario de Investigación del Programa de agricultura Orgánica*. UACH. Chapingo, México. pp. 76-80.

¹²⁴ Ruiz E. F. de J.; J. G. Betancourt V.; S. Tinajero A. 2008. *Efecto biológico de la sucusión de Chlorum en Trigo*. *Op. cit.* p. 63.

En los organismos vivos se da un intercambio de información, esto nos lleva a hablar de la comunicación que se da a nivel celular, por ello hay que recordar lo señalado por Flores (2012), quien menciona que cuando una célula es capaz de enviar una señal y modificar el comportamiento o la función de otra cercana o muy lejana, se reconoce como comunicación celular. Así, una de ellas emite una sustancia al medio y ésta viaja hasta llegar a otra célula donde se encuentra.¹²⁵

Por su parte, al hablar sobre las señales de información en las plantas, ésta se aborda por Jankiewicz (1989), quien señala que *la parte de la planta, en la cual el regulador (de crecimiento, subrayado nuestro) despliega su acción, debe disponer del sistema para recibir la información y descifrarla, así como un receptor de información. Nuestro conocimiento sobre receptores de hormonas es muy escaso. (.....) Toda información que llega al receptor es descifrada según un código especial. En este código puede servir como señal, la estructura de las moléculas del regulador, su concentración, y como ya se mencionó, probablemente las oscilaciones en su transporte. La señal que llega al receptor es amplificada de manera que la pequeña cantidad de “energomateria” que llega con la señal, origina que se ponga en movimiento los sistemas que ocupan cantidades mucho mayores de energomateria. (Finalmente señala que)...por lo general las funciones fisiológicas del organismo se regulan por la trasmisión de alimentación e información.*¹²⁶

Cuando se aplica una dinamización infinitesimal, independientemente de si rebasó o no el número de Avogadro, existe una respuesta, lo cual puede ser la muestra de que la dinamización funcionó como un catalizador, al promover diversos procesos a nivel celular que se manifestarán en el efecto biológico.

Es importante subrayar que independientemente de que se comprobara alguna de las hipótesis de trabajo planteadas sobre la incidencia de las dinamizaciones infinitesimales, se puede constatar en todo momento el efecto biológico con dinamizaciones infinitesimales que contengan o no la sustancia inicial en cualquier organismo vivo.



Foto. Productores compartiendo experiencias.

¹²⁵ Flores R., G. 2012. “La comunicación original”. *Revista Investigación y Desarrollo*. Núm. 290, Año XX, enero, p. 8

¹²⁶ Jankiewicz S., L. *Desarrollo vegetal*. 1989. Sustancias reguladoras. Colección Cuadernos Universitarios. Serie agronomía No. 16. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. p. 27.

4.9.10 Sustentabilidad

La agrohhomeopatía es sustentable porque incide directamente en el control de las plagas y enfermedades y, por ende, en una mayor producción agropecuaria, además de que puede incidir para aumentar la biomasa de los vegetales y el aumento de músculo en los animales, en caso requerido o, por el contrario, el proceso inverso. Hay que recordar que la sustentabilidad, en general, está basada en la creación de la riqueza material, la cual se realiza a través de la naturaleza, en el caso de la agricultura por la tierra y por el trabajo humano. Son estos dos pilares donde se ha construido no sólo la riqueza de la sociedad, sino la civilización actual.

La agrohhomeopatía participa dentro del trabajo humano, no sólo porque es un conocimiento que se basa en principios, sino porque a través de su trabajo se puede concretar, y como ya decíamos en la creación de mayor riqueza. Un ejemplo simple puede contribuir a clarificar esto, si se siembra una moneda, por más representativa que sea de una moneda fuerte, no puede germinar en condiciones adecuadas, sin embargo, si sembramos una semilla en condiciones adecuadas de temperatura y humedad, ésta podrá germinar y desarrollarse adecuadamente para servir de alimento, situación que por más que se quiera no puede hacerlo la moneda o el dinero en sí.

Con la aplicación de dinamizaciones no tóxicas que puedan incidir en controlar los problemas que afectan a la producción e incluso elevar la cantidad de biomasa, se posibilita la sustentabilidad de que dicho conocimiento sea sustentable, además, porque su efecto en términos de contaminación es cero, su incidencia para enfermar al organismo como muchos de los alimentos de la agricultura moderna no existe y su costo realmente es muy poco.

Un aspecto que tendrá que investigarse es, si a partir del consumo de alimentos donde se aplique homeopatía pueden servir como medicamentos para quienes tengan un problema de salud específico, un ejemplo es, para aquellos enfermos con hipertensión donde el consumo de sal o cloruro de sodio les dispara la elevación de la presión arterial; con el consumo de hortalizas que se consumen verdes, como la lechuga, y en donde se apliquen dinamizaciones homeopáticas de *Natrum muriaticum* o cloruro de sodio, que sirve como promotor de crecimiento en lenteja y, al ser consumido por una persona enferma, influye en la posibilidad de que se incida en su problema de salud, en la medida en que se contribuirá directamente en su nutrición e indirectamente en su salud.

4.9.11 Precio justo

Para nosotros el precio justo es aquel que posibilita que el productor obtenga una ganancia justa por su trabajo y el consumidor adquiera un producto a un precio accesible. Como se sabe la agricultura orgánica se ha vuelto una agricultura elitista, donde sólo aquellos que puedan pagar el sobreprecio, pueden tener acceso a esos alimentos; todo ello por los procesos de producción y distribución.

La agrohomeopatía posibilita no sólo alimentos sanos, sino una mayor cantidad de los mismos, al reducirse el daño por plagas y enfermedades y poder influir en promover crecimiento, tanto en cultivos como en ganado, por ello, el precio puede ser incluso el más bajo del mercado, por los aspectos mencionados, que pueden complementarse con la creación de mercados locales o regionales, que posibiliten que cada productor venda directamente al consumidor dichos alimentos. Como se sabe, los procesos de comercialización inciden en los altos precios, lo que afecta a los productores y consumidores y beneficia directamente a los intermediarios.

Una experiencia, en ese sentido, se adquirió al visitar un municipio de nueva creación llamado Emiliano Zapata en Tlaxcala. Los productores tenían un problema con nematodos en la papa, y para ello se conoció lo siguiente: los productores vendían a pie de carro, al intermediario, la papa en \$3.00 pesos, misma que el intermediario llevaba a la central de abasto de la Ciudad de México, donde se vendía por \$10.00 pesos; dicha papa regresaba a la central de abasto de Tlaxcala donde costaba \$15.00 pesos. De ahí que cualquier persona de Emiliano Zapata o de los alrededores, que necesitara este alimento, tenía que pagar un sobreprecio de \$12.00 pesos. Si existiera un mercado local o regional, posiblemente el productor podría vender su papa entre \$6 y \$9.00 pesos, con lo cual se podría obtener el doble o triple de ganancia y el consumidor podría obtener un producto a un precio accesible.

En el caso de la agricultura orgánica las certificadoras son las que tiene ganancias directas, porque todos los productores que requieran su servicio deben pagar por la certificación, que se manifestará en el sobre precio. En el caso de la agrohomeopatía se pretende que el beneficio de este conocimiento abarque tanto a productores como consumidores.

4.9.12 Perspectiva inmediata y a largo plazo

La agrohomeopatía como un conocimiento práctico con características no contaminantes crecerá como una necesidad natural de la sociedad, ya que es una opción que puede revertir problemas de salud en cualquier organismo vivo y garantizar la inocuidad de sus preparados. Es importante señalar que, si bien, la agrohomeopatía es compatible con la agricultura orgánica, lo es también con la agricultura moderna porque es una forma de incidir en revertir los procesos negativos que tiene la agricultura química.

Los problemas de salud harán que tanto los conocimientos como las prácticas se enfoquen en las alternativas que puedan revertir el daño en la salud producido por la alimentación en lo inmediato, sin embargo, a largo plazo, su uso se hará necesario por la urgencia de revertir el deterioro ambiental ocasionado por el uso de sustancias tóxicas en la naturaleza.

La aparición de los transgénicos y su contaminación podrán ser controladas e inhibidas en su contaminación con los mismos transgénicos preparados homeopáticamente. La con-

servación de la vida se impondrá sobre los intereses económicos que actualmente dominan, la agrohhomeopatía se hará presente en todo este proceso que privilegia la vida.

Es importante tener claro que la posibilidad de desarrollo de la agrohhomeopatía depende, no de encontrar los métodos que expliquen su incidencia en el ámbito molecular y celular, sino en la capacidad que se tenga de socializar este conocimiento, ya que es obvio que a pesar de ser una alternativa de vida, representa un peligro para los grandes laboratorios que viven de la muerte y degradación de la salud y del medio ambiente.

Para nosotros, es importante que en cada comunidad se retome y aplique este conocimiento para que se conozca directamente por los productores, sobre todo los de escasos recursos, si lo que se plantea es correcto, y se verifique directamente si existe una respuesta a la aplicación de las dinimizaciones infinitesimales o no, tanto en los cultivos como en el ganado; por ello, el que cada comunidad retome este conocimiento es importante, no sólo para ampliar las posibilidades de producción.

En el caso de las instituciones de investigación, de los estudiantes, y de los investigadores, debe estar claro que se debe explicar cómo funcionan las dinimizaciones infinitesimales, sobre todo, las que ya no tienen el soluto inicial; sin embargo, esta explicación debe nutrirse con evidencias que el efecto biológico da, aún con dinimizaciones, donde el soluto inicial es inexistente.

Este cúmulo de evidencias abrirá nuevas posibilidades de uso de las dinimizaciones que podrán aplicarse adecuadamente para procesos como el control de la salinidad, las heladas y la sequía; además de profundizar su incidencia en la materia inerte. Todo ello, mostrará que el paradigma de la química se puede completar con el de las dinimizaciones infinitesimales.

Este conocimiento está en manos de aquellos que de buena fe avancen en el conocimiento en beneficio de la misma humanidad, sin esperar un reconocimiento o una compensación económica.

4.9.13 Sentido social de la agrohhomeopatía

El conocimiento de la homeopatía y la agrohhomeopatía es parte del conocimiento de la humanidad en el que, si bien existieron aportes, dicho conocimiento es de todos, por ello, los beneficios deben ser para toda la humanidad.

Por ello, la agrohhomeopatía tiene un sentido social, que pretende incidir en elevar las condiciones de vida de productores y consumidores al posibilitar la producción de alimentos sanos. En este sentido, se quiere incidir en que el productor aumente la cantidad de alimentos y que los utilice en primer lugar en su persona y su propia familia.

Anexo 1. Conocimiento y/o sospecha de daños a la salud por exposición a pesticidas, marzo-mayo 1990¹²⁷

Cancerígenos	Mutagénicos	Efectos en la reproducción	Daños prenatales
Clordano	Clordano	Clordano	Clordano
Maneb	Maneb		Maneb
Diuron	Diuron		Diuron
Captan	Captan		
Linuron			Linuron
Bromuro de metilo		Bromuro de metilo	
Picloran	Paracuat		Paracuat
2-4-D	2,4-D		
Heptacloro	Propanil	Paratron metólico	
Dicopol	Benomyl		
Trifluraliin			
Zimazine			
Lmitraz			

Fuente: Los datos corresponden a Organización Mundial de la Salud. Citados en Ruiz Figueroa, José Feliciano. 1999. *Tópicos sobre la agricultura orgánica*. UACH.

5. METODOLOGÍA DE ELABORACIÓN

La elaboración de una dinamización homeopática aplicable a cualquier organismo vivo, requiere que sea soluble en agua y/o alcohol.¹²⁸ De ello dependerá el procedimiento a seguir. Cuando una sustancia, microorganismo, insecto o gas es soluble, se parte de una tintura madre. Cuando no es soluble se aplica la trituración.

Para realizar una tintura madre se requieren los siguientes materiales: Frascos color ámbar de 20 mililitros, gotero, tapas, etiquetas autoadheribles, madera para picar el material o extractor, cuchillo para cortar finamente, balanza digital, jeringas de plástico de 3 mililitros, alcohol de caña de 96°, 70° u 87°, este último denominado alcohol homeopático.¹²⁹

El símbolo para denominar una tintura madre es Ø.

¹²⁷ Los datos corresponden a Organización Mundial de la Salud. Citados en Ruiz Figueroa, José Feliciano. 1999. *Tópicos sobre la agricultura a*. UACH. CONARAO. Chapingo México. p. 26

¹²⁸ Ruiz E., F. de J. 2003. *La agrohomeopatía una alternativa ecológica, tecnológica y social*. Tesis doctoral. Departamento de Sociología Rural. UACH. Chapingo, México. pp. 381.

¹²⁹ Sandoval, L. G. 1961 *Farmacopea Homeopática Mexicana*. Ed. Propulsora de Homeopatía, México.

El procedimiento normal para elaborar una tintura madre es: dependiendo la regla, poner la cantidad de soluto en el frasco y agregar el alcohol. Un ejemplo es al utilizar la 1er regla; se agrega al frasco la savia de la planta, la cual se extrae con un extractor, se pesa y se agrega igual cantidad en peso de alcohol. Ambos se ponen en un recipiente de 20, 80 o 180 mililitros, de color ámbar, dependiendo la cantidad de savia y alcohol en iguales cantidades en peso.

Solo hay que garantizar que se pueda sucusionar, para ello debe quedar el frasco con al menos 2 terceras parte llenos y con una tercera parte vacío. Para que cuando se sucusione, se pueda mezclar e incorporar las propiedades del material utilizado al agua o al alcohol.

El tamaño del frasco no es problema, si se requiere una gran cantidad de la tintura madre se puede utilizar el recipiente más grande, solo hay que tener en cuenta que si se utiliza el frasco pequeño, serviría, por ejemplo al utilizar la tintura madre, solo se requiere 2 gotas, si se aplica la 1er regla, o 2 mililitros en caso de seguir la escala centesimal con gotas o con mililitros.

Tintura madre: Es la sustancia elaborada con una cantidad del soluto y una cantidad de alcohol. Existen 2 procedimientos para su elaboración.

La primera es el método normal, que consiste en agitar el frasco que contiene el soluto y solvente durante dos minutos y se deja reposar durante 24 horas, y el procedimiento se repite durante 10 días. Al terminar el décimo día ya está elaborada la tintura madre.

Existe un método que en Chapingo, denominamos método corto y consiste en sucusionar durante 2 minutos la tintura madre y dejamos reposar otros dos minutos durante 10 ocasiones o veces.

La eficacia del método normal es la adecuada, sin embargo cuando al productor se le presenta un problema, por ejemplo si tiene mosquita blanca en un cultivo de rabanito, si se elabora el agrososode de mosquita blanca durante los 10 días, es posible que el cultivo se vea seriamente afectado, por ello el método corto de elaboración de una tintura madre es pertinente; ya que posibilita dar respuesta puntual a un problema que requiere una respuesta rápida.

Debe enfatizarse que la elaboración de la tintura madre, así como las dinamizaciones, parten del proceso de sucusión; que el Dr. Hahnemann caracterizo como un movimiento vigoroso ascendente-descendente que golpea o pega con una superficie dura. El tiempo de sucusión varia, en Brasil, Francia y México se utiliza 100 golpes, en Chapingo utilizamos 200 golpes o sucusiones. En tiempo aplicamos dos minutos, con ello garantizamos que el potencial de hidrógeno se modifique 0.5, con ello se puede incidir en la germinación de las semillas.

Para la trituración, que se utiliza cuando una sustancia no es soluble ni en agua, ni en alcohol. Hahnemann, señala el procedimiento en el organon¹³⁰. En ella se incluyen minerales como el vidrio, oro, plata o estructuras insolubles como el plástico, la grasa; de igual manera se pueden utilizar para elaborar hongo, los cuales son insolubles tanto en agua como en alcohol.

Cabe notar que, en sustancias solubles también se pueden triturar para hacerlas más disponibles al alcohol o el agua. Para la realización de este proceso se requiere una mortero de 4 pulgadas, con su majadero o pistilo; así como azúcar (se puede utilizar la comercial, utilizando de preferencia la más refinada), también se puede utilizar el azúcar de leche o lactosa, solo que generalmente es más cara y solo se consigue en laboratorios de productos químicos. No es significativa la diferencia en utilizar cualquier tipo de azúcar. Se podría utilizar algún otro inerte, como la agrolita, la arena de río, el carbón vegetal, la sal; sin embargo siempre habrá una ligera incidencia en la sustancia que se utilice como solvente. Se sugiere el azúcar comercial, por ser barata y accesible.

El azúcar utilizada se pondrá en 3 bolsitas de plástico de 6 x 10 centímetros, donde se pesarán 5 gramos de azúcar por bolsa, en total serán 15 gramos para elaborar de la 1era a la 3er trituración.

Se requiere también la sustancia a elaborar, de ella solo se necesita 0.05 gramos o la centésima parte de cada trituración. Si fuera líquida la sustancia a elaborar, solo se requiere una gota, si fuera de veneno de víbora, de alacrán o de secreciones humanas o de animales, incluyendo orina o sangre. Se utiliza también una cuchara cafetera de acero inoxidable para raspar lo que se triture.

El procedimiento es:

- a) Etiquetar las 3 bolsas de azúcar, en la bolsa se pone la etiqueta, de preferencia en la parte inferior de la misma, a la altura del azúcar. Los datos de la etiquetas serán el material a elaborar, el T1C, para el caso de la primer trituración, así como la fecha de elaboración. Un ejemplo sería: Mosquita blanca (*Bemisia tabaci*) T1C / 23 de marzo de 2015.
- b) Las bolsas 2 y 3 deberán de llevar el nombre de la sustancia y material a elaborar y la trituración respectiva, ya sin la fecha.
- c) Poner en el mortero los 0.05 gramos o la centésima parte de los 5 gramos o 5 centigramos del soluto o la sustancia, microorganismo, o insecto a elaborar.
- d) Tomar la bolsa que dice T1C y dividir hipotéticamente, dentro de la bolsa el contenido del azúcar en tres partes; y agregar solo el primer tercio y comenzar a moler o triturar.

¹³⁰ Hahnemann, S. 1984. *Organon de la Medicina*. Ed. Porrúa. México

El tercio se deberá moler durante 6 minutos y después con la cuchara de acero inoxidable raspar tanto el majadero como el azúcar impregnado en el mortero durante 4 minutos. Al terminar de moler y raspar, se deberá volver a moler durante 6 minutos y raspar 4 minutos. El tercio se muele y raspa dos veces.

Al terminar de moler y raspar dos veces, se procede a agregar el segundo tercio de la 1er bolsita, la cual se triturará 6 minutos y raspará 4 minutos, al finalizar, se volverá a triturar 6 minutos y raspará 4 minutos.

Finalmente se agrega el 3er tercio, el cual se tratará igual. Se triturará 6 minutos y raspará 4 minutos y se volverá a moler 6 y raspar 4 minutos el tercio.

Hay que cuidar que se agregue el soluto inicial, porque de ello depende que se realice la trituración, así como que cada tercio se muele y raspe dos veces. En cada tercio serán 20 minutos de duración del proceso de cada tercio, ya que se muele y raspa 10 minutos y se repite moler y raspar otros 10 minutos. Por cada trituración, se lleva una hora su realización.

- a) Para realizar la 2da trituración, se parte de los 0.05 gramos de la T1C, que se pone en el mortero y se inicia el mismo procedimiento de dividir hipotéticamente el azúcar en 3 partes, de los cuales solo se agrega el 1er tercio, que se molerá 6 y raspará 4 minutos; se volverá a repetir el moler y raspar ese primer tercio. Posteriormente, se agregará el segundo tercio, el cual se molerá y raspará los 6 y 4 minutos respectivamente y se volverá a moler otra vez los 6 y 4 minutos. Al finalizar se agregará el último tercio que se molerá y raspara dos veces.
- b) Finalmente, se toma los 0.05 gramos de la T2C y se prepara la 3er trituración dividiendo el azúcar en 3 partes y se inicia con el 1er tercio, hasta concluir con la 3TC.
- c) Para pasar a la forma líquida, se pone en un frasco color ámbar de 20 ml, 50 gotas de agua destilada y 50 gotas de alcohol y ahí se agregan los 0.05 gramos o la centésima parte de la trituración 3C. Se agita vigorosamente durante dos minutos y se deja reposar otros dos minutos. Eso es elaborar la 4C. Para hacer la 5C, se toma una gota de la 4C, se agrega en otro frasco que contenga 99 gotas de alcohol, se sucusiona y deja reposar durante dos minutos y eso conforma la 5C; para hacer la 6C, se toma una gota de la 5C, se pone en otro frasco que contenga 99 gotas de alcohol, se sucusiona y deja reposar dos minutos, y eso es la 6C. Para continuar hasta la dinamización deseada, se parte siempre de la gota de la dinamización anterior con 99 gotas de alcohol, se sucusiona y deja reposar los dos minutos y eso será siempre la siguiente.
- d) De esta manera se pueden elaborar dinamizaciones, bajas (6C, 12C), medias (30C, 60) o altas (200C y mas). Hay que cuidar que siempre al

hacer la trituration se ponga el soluto a triturar, porque si se omite este, no servirá de nada la trituration. Debe cuidarse que cada tercio se triture y raspe los 6 y 4 minutos respectivamente. También cuidar de que se haga bien el paso de la trituration 3C a la 4C, en forma líquida.

5.1 Metodología de aplicación

Después de elaborada la dinamización se procede a aplicar al organismo, dependiendo de la potencia, si es baja, media o alta, será la frecuencia de aplicación. Las dinamizaciones bajas, se deben aplicar diariamente. Las dinamizaciones medias, pueden ser cada 3er o 4to día, dependiendo si son la 30C o la 60C. Y las dinamizaciones altas como la 200C, se deben aplicar con una frecuencia de cada 15 días.

Hay que señalar, que cada organismo responderá específicamente a la dinamización y a la frecuencia, por ello se deberá cambiar la frecuencia de aplicación, si la respuesta de la planta o el ganado no es la esperada.

En Chapingo se utiliza la ruptura de escala, donde una dinamización baja, media o alta se agrega 1 gota de la dinamización en un litro de agua (en un recipiente de agua de 1.5 litros), se sucusiona vigorosamente durante dos minutos y deja reposar ese mismo tiempo. Este litro, puede utilizarse solo, en otro litro, en 5, 10, 15, 30, 50 o más litros; puede ser hasta en 99 litros para hacer 100.

Esta ruptura de escala, garantiza que la dinamización sea efectiva en una cantidad mayor de agua. Cuando se aplica en el bebedero, se pone primero el litro y después se llena con los 99 litros restantes. En el caso de las aspersiones, se pone el litro o parte de este en la bomba aspersora y se rellena con el agua que contiene la aspersora, para comenzar a aplicarlo.



PROCURADURÍA
AGRARIA

X. AGROECOLOGÍA COMO UNA ALTERNATIVA DE SEGURIDAD ALIMENTARIA PARA LAS COMUNIDADES INDÍGENAS¹

MIGUEL ÁNGEL SÁMANO RENTERÍA

1. INTRODUCCIÓN

La economía mundial está enfrentando una crisis financiera a nivel global, el modelo de acumulación de capital muestra signos de agotamiento. Esto ha repercutido en el incremento de los precios de los alimentos² y el número de pobres ha aumentado, a tal grado que en el 2010 se consideró que mil millones de personas pudieron tener hambre en el mundo.³ El derecho a la alimentación es un derecho humano primordial, y se deben buscar alternativas para eliminar el flagelo del hambre.

La agricultura convencional apuesta por la tercera ola de la revolución verde para aumentar la producción de alimentos en el mundo, con la aplicación de la biotecnología y el uso de transgénicos, aunque hasta la fecha no se ha demostrado que estos organismos genéticamente modificados, puedan traer o no consecuencias en la alimentación de los seres humanos. Detrás de esta nueva revolución verde están los grandes monopolios productores de semillas, agroquímicos y maquinaria agrícola, para obtener ganancias por la transferencia de tecnología, que haría dependientes a muchos productores agrícolas de esta “nueva tecnología”, teniendo que pagar regalías a las productoras de semillas transgénicas como es Monsanto, Cargill, y otras, que han incursionado en este ámbito de la ingeniería transgénica.

El reto para una gran cantidad de campesinos e indígenas, que viven de la agricultura familiar, es que este paquete tecnológico no es para ellos, debido a su alto costo y a una forma totalmente diferente de producción agrícola, que alteraría totalmente su forma de vida rural. Los campesinos e indígenas han encontrado en la agricultura tradicional una forma de subsistir, aunque las políticas públicas hacia el sector agropecuario les son desfavorables. En la mayor parte de los países en vías de desarrollo, como México y otros países latinoamericanos, se ha fomentado la agricultura convencional de exportación como una alternativa al sector primario, tratando de inducir las

¹ Este artículo fue publicado anteriormente en la *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* Vol. 4, núm. 8, 2013, pp. 1251-1266 del INIFAP, Estado de México, México, y al que se agrega el punto 4.2 que es una propuesta concreta de crear el SINECAR.

² “Entre abril de 2007 y abril de 2008 los precios internacionales de los alimentos subieron 54%; los principales se dieron en los cereales (92%) y los aceites (84%). (FAO, FAOSTAT, índice de precios de los alimentos, Gómez, 2008:40).

³ La FAO estimó que la cantidad de personas con nutrición insuficiente en 2008 podía haber llegado a 915 millones y superará los 1000 millones en 2009(ONU, Objetivos del Milenio, Informe 2010).

semillas transgénicas y los monocultivos. En Brasil, la situación es diferente, a partir de que las políticas públicas hacia el sector agropecuario han cambiado, fomentando la agricultura familiar.

Ante la crisis del neoliberalismo y la agudización de la crisis alimentaria que padecen varios países del mundo por el cambio climático, es necesario impulsar un modelo de agricultura realmente sustentable que permita la supervivencia de los campesinos y los indígenas, ya que el modelo de agricultura convencional tecnificada ha demostrado no ser sustentable, por la gran cantidad de insumos que requiere para producir alimentos.

En esta trabajo trataremos de demostrar que la agroecología es una alternativa para los campesinos y los pueblos indígenas y sus comunidades. Es una forma de resiliencia ante la modernidad globalizadora, que trata de desaparecerlos y exterminarlos. Pero estos sujetos sociales, que para algunos estudiosos del medio rural son como un actor social en extinción, se resisten a desaparecer y buscan alternativas junto con algunos intelectuales que apuestan por la vía campesina e indígena de producción, basados en los conocimientos sistematizados por la ciencia de la agroecología.

2. LOS FUNDAMENTOS DE LA AGROECOLOGÍA

La agroecología desde sus orígenes es de esencia campesina, ya que parte de una relación armoniosa con el medio ambiente, y su objetivo primordial es la producción de alimentos para mantener a la familia. Pero, ¿de dónde viene la agroecología como nuevo paradigma de producción agrícola sustentable? Considero que viene de los estudios campesinos, es decir, de la sociología rural, entre otras ciencias, como lo apunta Eduardo Sevilla en su libro titulado *De la Sociología Rural a la Agroecología* (2006).

Sevilla parte de la crítica al modo de producción industrial, que depreda los recursos naturales, entonces para buscar una alternativa, se debe intentar la interdisciplinariedad de las ciencias sociales y las ciencias naturales, apoyados en los conocimientos y saberes campesinos e indígenas para enfrentar los problemas de la sustentabilidad y trascender a la transdisciplinariedad, combinando los diferentes conocimientos, tanto tradicionales como científicos, para resolver los problemas ambientales y manejar ecológicamente los recursos naturales, y esto sería la agroecología (Sevilla, 2006:200-201).

Para Sevilla, la agroecología tiene tres dimensiones: 1) una ecológica técnico-agronómica, 2) una socioeconómica y cultural, y 3) una sociopolítica. La primera tiene que ver con los aspectos propiamente técnicos, ya que la agroecología contempla a los recursos naturales desde una visión sistémica, partiendo del análisis de los agroecosistemas y sus interrelaciones, donde interviene el hombre para modificar su entorno aprovechando los recursos y, al mismo tiempo conservándolos para producir alimentos (Sevilla, 2006:209).

La segunda dimensión, tiene que ver con el principio de la agroecología que “se basa en el descubrimiento, la sistematización, análisis y potenciación de los elementos de resistencia locales, frente al proceso de modernización, para, a través de ellos, diseñar la forma participativa, estrategias de desarrollo definidas a partir de la propia identidad local del etnoagroecosistema concreto en que se inserten” (Sevilla, 2006:211). Esto implica el impulso del desarrollo endógeno para el manejo ecológico de los recursos naturales, como una forma de resistencia ante la modernidad.

La tercera dimensión de la agroecología es la sociopolítica, que tiene que ver con una respuesta a la lógica neoliberal y a la globalización económica, así como a la ciencia convencional, en busca de un desarrollo sustentable, donde la lucha por la autonomía de los pueblos indígenas y campesinos, abre una perspectiva al orden mundial (Sevilla, 2006:215-216).

En síntesis, la agroecología sería una agricultura alternativa contra la dominante que responde a los intereses del capital, y por lo tanto, se trata de un paradigma que pone al centro al ser humano, a la agricultura, a los recursos naturales y la alimentación como algo primordial para lograr la supervivencia de los campesinos, los indígenas y de todos los humanos en el planeta, y esto es lo que se debe entender por sustentabilidad de poder sobrevivir en armonía con los recursos naturales y no destruyéndolos o transformándolos en bioenergía, como se pretende con los biocombustibles.

La agroecología se inscribe dentro de las agriculturas alternativas, ya que tiene relación con los enfoques y métodos alternativos de producción agrícola como son: biodinámicos, orgánicos, ecológicos, permanentes, razonados agroecológicos y naturales (Navarro, 2009:37). También dentro de las agriculturas alternativas se ubica la agricultura sustentable, entre ellas la agricultura orgánica, la agricultura ecológica, la agricultura biológica, la agricultura biodinámica, la agricultura regenerativa, la agricultura natural y la permacultura (Morales, 2011:80).

Pero podemos diferenciar a la agroecología de otras formas alternativas de agricultura, ya que no se enfoca sólo en lo técnico productivo, sino que incluye lo social, lo cultural y lo político, como ya se señaló antes en las dimensiones de la agroecología, y como precisa González cuando señala: “La agroecología en tanto es una estrategia para la producción con criterios ecológicos que promueve la conservación de los agroecosistemas en el largo plazo, es al mismo tiempo, un proceso social inserto en las luchas de cada comunidad por la apropiación de los recursos y de su riqueza.” (González, 2008:35).

Entre los tres fundamentos que podemos resaltar de la agroecología, están el que reduce el consumo de agroquímicos, conserva el material genético y el proceso productivo depende del campesino. El primero atenta contra el mercado agroindustrial, el segundo va contra las productoras de semillas transgénicas y el tercero tiene una lógica de clase (Holt-Gimenez, 2010:1).

Además, la agroecología enfría, mientras lo agroindustrial calienta, como señala Víctor Toledo: “Este dilema representa las dos opciones del mundo agrario: una basada en la conversión de la naturaleza en un piso de fábrica para la producción especializada en medianas y grandes propiedades y utilizando todo el arsenal agroindustrial: fertilizantes y pesticidas químicos, maquinarias, petróleo y gas, y variedades genéticamente modificadas incluyendo organismos transgénicos. La otra, que busca la relación recíproca con la naturaleza y sus procesos, tomando en cuenta las sabidurías locales y tradicionales, respetando la diversidad biológica y genética, utilizando energía solar, realizada en pequeña escala por familias, cooperativas y comunidades” (Toledo, 2010:3).

Desde una visión más agronómica pero relacionada con el desarrollo retomamos la definición que nos da Hermilio Navarro: “La agroecología es una ciencia emergente de la sinergia de las ciencias ecológicas y agronómicas, con fundamentos sintéticos para conocer explicar y desarrollar los sistemas de producción históricamente determinados, en su diversidad cultural, económica y ecológica” (Navarro, 2009:207).

Entonces la agroecología es una alternativa ante la crisis económica y el cambio climático mundial, que está a favor de un desarrollo sustentable humano y equilibrado.

3. HACIA UNA VISIÓN INTEGRAL DE LA AGRICULTURA FAMILIAR DESDE LA AGROECOLOGÍA

Los campesinos y los indígenas mesoamericanos practican el sistema de la milpa, que es la combinación de diferentes cultivos alimenticios en la parcela, entre ellos el maíz, el frijol, la calabaza y algún tubérculo. En la milpa el cultivo más importante que alimenta a la familia campesina e indígena es el maíz. México es país de origen del maíz, en donde encontramos 59 razas de diferentes colores y características que han adaptado a lo largo de territorio mesoamericano los miles de campesinos e indígenas de los 62 pueblos originarios que aún viven en el territorio mexicano (Boege, 2007, citado por Rodríguez, 2011:284).

Una de las estrategias de la agroecología es el fortalecimiento de los agroecosistemas campesinos que se basan en la milpa, y como señala Oscar Rodríguez: “En torno al maíz giran no sólo el maíz y sus plantas asociadas, sino también el manejo y la organización del espacio rural y la cosmovisión, fuente de riqueza cultural enorme y actual, viva y en proceso de fortalecimiento” (Rodríguez, 20011:284).

La agricultura campesina e indígena también contempla la producción pecuaria de traspatio, es decir, la crianza de pequeños animales en los patios de los productores que pueden servir de alimento para completar la dieta de los campesinos e indígenas. En América Latina con la llegada de los españoles llegó el ganado menor que se le permitió tener a los indígenas. Es así que domesticaron al pollo y las gallinas, los borregos, los cerdos, las cabras y chivos, que les permitieron obtener algunos productos e incor-

porar la carne de estos animales a su dieta alimenticia. Desde una visión agroecológica se deben aprovechar las heces de estos animales para hacer composta e incorporar materia orgánica en la parcela campesina para incrementar los rendimientos agrícolas.

Otro elemento importante a considerar es el huerto familiar, que es atendido principalmente por las mujeres campesinas e indígenas. En el huerto familiar podemos encontrar desde plantas de ornato, como flores, hasta plantas medicinales que son importantes en la vida cotidiana de los campesinos e indígenas para defenderse de algunas enfermedades comunes.

Ésta es una tradición campesina y de los indígenas, tener a la mano una serie de plantas útiles, para diferentes usos, sin tener que ir a buscarlos en el monte, además es parte de otra de las actividades complementarias de la agricultura campesina familiar, que es la recolección de plantas, hongos e insectos, que son benéficos.

Sin duda, un elemento importante dentro de la agricultura campesina indígena son los “saberes” y conocimientos que tienen los campesinos sobre su agricultura, que tienen diferentes formas de denominarlos, como señala Virginia González: “...desde conocimiento tradicional, saberes autóctonos, conocimientos campesinos, habilidad autóctona, etnociencia, conocimiento local o autóctono, conocimiento indígena, conocimiento popular, sistema de saber indígena, conocimiento ecológico tradicional, o bien simplemente como conocimientos, como saberes y como saberes agrícolas tradicionales” (González, 2008:38).

Todo lo anterior tiene que ver con el concepto de multifuncionalidad de la agricultura familiar, que es un elemento central que debe contemplar la agroecología. Para Jaime Morales la multifuncionalidad de la agricultura tiene que ver con la producción de gran cantidad de alimentos y generar trabajo a los campesinos e indígenas, y hace aportes a las sociedades urbanas e industriales; además debe jugar un papel importante en las políticas públicas para lograr un desarrollo rural sustentable (Morales, 2011:72).

Sin embargo, la multifuncionalidad tiene que ver también con una visión integral de la agricultura campesina e indígena, como una forma de vida en la cual el productor puede generar su propio alimento y ser autosuficiente y aun producir un excedente para el mercado con alimentos sanos y naturales. A diferencia de la agricultura convencional que ofrece productos de una aparente calidad, pero producidos bajo un sistema industrial destinado al consumo masivo de alimentos, donde estos pierden el sabor natural y se convierten en productos simplemente de consumo, y muchos de ellos son transgénicos.

La multifuncionalidad de la agricultura familiar tiene que ver, como dice Morales, con: “la seguridad y la autosuficiencia, que atienden a la soberanía alimentaria; las prácticas agroecológicas y la conservación de los recursos naturales, que atañen a la sustentabilidad agropecuaria, y la atención a la cultura, la autogestión y la participación local, que dan cuenta de la dimensión endógena del desarrollo” (Morales, 2011:81).

La agroecología puede jugar un papel preponderante en la conservación de los recursos, de la agricultura tradicional, local y familiar, en el rescate de los saberes campesinos que aunados a los conocimientos modernos de la ecología, puede promover un tipo de agricultura adecuada ambientalmente y productiva social y económicamente (Morales, 2011:91).

Dentro de esta concepción integral de la agroecología, no se debe perder de vista que el actor social central de la agricultura familiar multidimensional es el campesino y el indígena. Por lo tanto los campesinos y los indígenas son los protagonistas para poner en práctica la agroecología, como ciencia aplicada a los procesos agropecuarios. Es decir, la agroecología es compatible con la agricultura campesina e indígena y no se debe pretender que se convierta en un sistema intensivo de producción agrícola, sino por el contrario, se trata de volver a lo pequeño, a la comunidad para que la agroecología arraigue, y sea una alternativa para los pequeños productores campesinos e indígenas y sus comunidades.

Los actores sociales que tienen que ver con la agroecología no se reducen a los campesinos e indígenas, sino a todos los actores que están convencidos que esta es una alternativa ante la agricultura convencional, aquí participan organizaciones y movimientos neorurales, organismos no gubernamentales, universidades, centros de investigación, asesores técnicos, que tratan de dar respuesta a las necesidades y demandas de los habitantes del medio rural mediante estrategias y experiencias agroecológicas (Morales, 2011:95).

Los campesinos e indígenas mantienen relación estrecha con sus recursos naturales, y los conciben no solo como materia prima para la producción agrícola, tienen una forma de concebirlos y nombrarlos y es una visión diferente a la de los técnicos. Entender esta relación es un primer paso para entender la tecnología y comprender el manejo de los recursos naturales que hacen los campesinos e indígenas (González, 2008:70).

Queda claro que la agroecología debe tener una visión integral de todos los factores que influyen en la producción agropecuaria a nivel familiar y comunitario, ya que muchas prácticas tradicionales tienen que ver con los saberes y conocimientos campesinos e indígenas, son parte de su tradición, y de su cultura. La agricultura familiar es multifuncional y puede, como una estrategia, enfrentar al modelo de mercado, mediante una agricultura alternativa y sustentable, logrando la seguridad alimentaria.

Como puntualiza Rafael Calderón: “Algunas prácticas para el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales y la soberanía alimentaria, que se logran con la ciencia campesina, armónicamente aplicada con los principios agroecológicos de las ciencias agrícolas, la biología, la química y otras disciplinas formales...” (Calderón, 2010:43).

3.1 Cómo hacer de la agroecología una estrategia de seguridad alimentaria

Estamos conscientes que para que la agroecología sea tomada como una estrategia a seguir en un futuro, es necesario que se combinen varios aspectos, entre ellos el convencer a los campesinos e indígenas que la agroecología es la mejor opción de producción agrícola, en los momentos actuales y futuros.

Por otra parte, es importante que se involucren una serie de instancias que estén dispuestas a dar talleres y la capacitación necesaria a los productores agrícolas que así lo requieran. Además las políticas públicas, en cuanto al desarrollo rural, se deben reorientar a impulsar la agroecología como una estrategia de seguridad alimentaria.

Estamos de acuerdo con Víctor Suárez (2005), en que las políticas públicas se deben dirigir a lograr la soberanía alimentaria y el desarrollo rural con los campesinos e indígenas. Si partimos de las características de las políticas públicas estas deben: a) ser un conjunto de decisiones y acciones gubernamentales, b) tener un fundamento legal, c) contar con un apoyo político, d) ser viables administrativamente, y e) ser racionales, técnica y económicamente. El fin de las políticas públicas es el de resolver problemas públicos (Suárez, 2005:43).

El problema es que en México y en otros países en vías de desarrollo, las políticas públicas están orientadas a fomentar la agricultura comercial de agroexportación, y han abandonado el sector campesino e indígena a su suerte. Esto ha tenido como consecuencia el incremento de la importación de productos básicos para la alimentación como es el caso de los granos.

En México ha aumentado la importación de maíz y frijol a partir de la entrada del modelo neoliberal, y se ha agudizado con la puesta en vigor del Tratado de Libre Comercio con América del Norte (TLCAN). Esto ha derivado en una crisis alimentaria, que tiene relación con la crisis de producción de alimentos a nivel internacional.

La seguridad y la soberanía alimentaria es una cuestión primordial que debe ser atendida por el gobierno de cualquier país. La agricultura campesina hace un aporte importante en la producción de alimentos, como señala Blanca Rubio: "...la pequeña producción agrícola en el valor de la producción sectorial en 2007 fue de 38 por ciento en Brasil, 39 en México, 41 en Colombia, 45 en Ecuador, 67 en Nicaragua y 27 por ciento en Chile. En cuanto al empleo sectorial, la economía campesina contribuye con el 77 por ciento en Brasil y el 57 por ciento en Chile y Colombia, según datos de FAO" (Rubio, septiembre 2011).

Por tanto, es necesario que se impulse desde las políticas públicas la agroecología y el apoyo a la agricultura familiar como es el caso de Brasil, donde el gobierno federal creó el Ministerio de Desarrollo Agrario, que está impulsando una Política Nacional de Asistencia Técnica y Extensión Rural, con el propósito de formar agentes de extensión

rural agroecológica para atender a la agricultura familiar campesina (Caporal y Costabeber, 2011:190).

El concepto de “extensión rural agroecológica”, en Brasil, responde a los aspectos políticos del desarrollo rural para atender a los sujetos sociales, que realizarán las acciones para llevarla a cabo. Francisco Caporal y José Antonio Costabeber apuntan: “La adopción de este concepto puede contribuir a fortalecer los procesos de resistencia que caracterizan las luchas históricas de los agricultores familiares y campesinos, ante la amenaza del desarrollo capitalista del campo” (Caporal y Costabeber, 2011:197).

Con la creación del Ministerio de Desarrollo Agrario (MDA) de Brasil, a partir del 2003, se hizo cargo de la Asistencia Técnica y Extensión Rural, la cual ha desaparecido en otros países de América Latina, por considerarla improductiva. El MDA tiene una Secretaría de Agricultura Familiar (SAF) que con un grupo de técnicos promovió la creación de una política nacional, dentro de un proceso democrático donde participaron prestadores de servicios de extensión rural, gubernamentales y no gubernamentales, creando el Departamento de Asistencia Técnica y Extensión Rural (DATER) que depende de la SAF, y lleva a cabo la nueva política nacional de asistir a la agricultura familiar (Caporal y Costabeber, 2011:205).

Considero que otros países en vías de desarrollo deberían de seguir el ejemplo de la política de asistencia técnica y extensión rural brasileña, para impulsar a la agricultura familiar campesina e indígena con un enfoque agroecológico, ya que esta experiencia está dando buenos resultados en cuanto a lograr la soberanía y la seguridad alimentaria de un país tan grande como Brasil. Lo principal de esta política es la formación de agentes y la socialización de conocimientos, para transferir a los campesinos los nuevos paradigmas de la agricultura sustentable, como es la agroecología (Caporal y Costabeber, 2011:213).

3.2 La participación de los campesinos y los indígenas en la agroecología

¿Cómo involucrar a los principales actores sociales en los procesos de reconversión o de transición de la agricultura tradicional hacia la agroecología?, pues no hay otro camino más que con la participación de los productores campesinos, indígenas y sus comunidades, en un proceso de revaloración de sus propios saberes y conocimientos y su aplicación en la agricultura. Aquí la participación de los promotores agroecológicos es muy importante, porque ellos deben ayudar a sistematizar estos conocimientos y darles otros a los campesinos, para que realicen prácticas agroecológicas, que repercutan en un mejoramiento de sus procesos productivos y sus rendimientos.

Se debe tomar en cuenta que en la agricultura familiar campesina indígena hay una división del trabajo entre hombres y mujeres. Por lo general los hombres se encargan el trabajo en la parcela, van a las asambleas de la comunidad, también van a

la ciudad a arreglar asuntos administrativos y se encargan de la venta de productos y animales. Las mujeres se encargan de todas las actividades de la casa y el solar, como es hacer las labores domésticas, preparar la comida, atender a los hijos, además del ganado de traspaso y el huerto familiar, y a veces realizan alguna artesanía, en su tiempo libre, como un complemento del ingreso familiar (González, 2008:119 y 131).

Lo anterior tiene que ver con el manejo de los “saberes” y el aprendizaje de nuevas cosas. A veces es difícil conjuntar a hombres y mujeres en los talleres de participación-aprendizaje, pero se debe promover la participación de ambos y de toda la comunidad.

Uno de los métodos que se han extendido para construir saberes agroecológicos es la metodología de Campesino a Campesino, que parte de la Educación Popular que tiene su propio soporte de enseñanza en las Unidades de Producción Familiar (UPF). Esta herramienta metodológica permite la participación activa de hombres y mujeres, “desde el inicio del mismo proceso en las comunidades” (Martínez, Baker y Gómez, 2010:9).

Las herramientas que emplea la metodología de Campesino a Campesino se basan en la enseñanza en la propia UPF, finca o parcela productiva del campesino/a. Se apoya en demostraciones didácticas sencillas, en técnicas, juegos y dinámicas, así como sociodramas, y se utilizan láminas, mapas, fotos, dibujos y carteles y también medios audiovisuales, como son videos y diapositivas (Martínez, Backer y Gómez, 2010:10).

Lo más interesante de esta metodología es que los campesinos más experimentados enseñan a otros campesinos que desconocen ciertas técnicas. La forma de enseñar es muchas veces haciendo las cosas el instructor y al mismo tiempo explicando al otro campesino por qué lo tiene que hacer de esa manera. Las otras herramientas sirven para reforzar los conocimientos adquiridos o introducirlos a temas que son más complejos de entender. Esta metodología ha derivado en la creación de Escuelas de Campo y de Experimentación para Agricultores (ECEA), como es el caso de México.

Como señala Ramón Jarquín: “Las Escuelas de Campo y Experimentación para Agricultores son un modelo de formación de cuadros técnicos locales a los que se les denomina “educadores campesinos” o “promotores”, quienes a su vez, en sus localidades, forman a sus compañeros productores. El modelo teórico ECEA incluye un componente de formación y otro de experimentación, ambos complementarios e incluyentes” (Jarquín, 2010:30).

En México hay otras experiencias regionales que se han multiplicado a lo largo y ancho del país y simplemente se les llama Escuelas Campesinas, siguiendo el modelo antes descrito. El intercambio de experiencias entre campesinos es muy importante para aprender de una forma diferente no libresca, sino a través de la práctica y la experiencia de otros campesinos para mejorar los métodos de producción agroecológica. Los indígenas deben ser incorporados a estas prácticas, ya que ellos tienen muchas cosas que enseñar y aprender de otros, sobre todo los que vienen de fuera de sus comunidades.

3.3 El papel de las instituciones públicas y las asociaciones internacionales

Indudablemente la agroecología no se puede convertir en un nuevo paradigma si no se impulsa desde las instituciones públicas, entre ellas las Universidades, como generadoras de nuevos conocimientos y difusoras de nuevos paradigmas. También el papel de organismos internacionales y la conformación de redes a nivel mundial pueden contribuir a que se reconvierta la agricultura a nivel mundial, transformando la convencional, que se está practicando actualmente empleando demasiados insumos.

En el caso de México, algunas universidades, como la nuestra, la Universidad Autónoma Chapingo, han creado los programas académicos para enseñar desde las ciencias agronómicas el nuevo paradigma de la Agroecología. También se han creado institutos y centros de investigación relacionados con la agroecología. No menos importante es la creación de una maestría y un doctorado en Agroecología en la Universidad de Córdoba y la Universidad Internacional de Andalucía, España y en otros países de América Latina.

El Movimiento Agroecológico Latinoamericano (MAELA), junto con otros organismos como la Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología (SOCLA), han impulsado el paradigma de la agroecología, por lo menos a nivel del subcontinente latinoamericano. En la Carta Agroecológica de Oaxtepec, México, suscrita en agosto del 2011, se señala en el primer punto lo siguiente: “La urgente necesidad de impulsar el paradigma agroecológico que asegure los suficientes alimentos sanos y accesibles para la creciente población mundial, sobre la misma base de tierra arable, pero haciendo un mejor uso de los recursos, como el petróleo, el agua y otros, dentro del escenario del cambio climático e incertidumbre económica” (Ver Carta en LEISA, septiembre, 2011-volumen 27 número 3, pág. 13).

El problema es que este nuevo paradigma de la agroecología no ha sido adoptado por todas las naciones latinoamericanas y mucho menos a nivel mundial, como sería el caso del paradigma del Desarrollo Sustentable, concepto que se ha pervertido en el sentido de que no hay una política real a nivel mundial para lograrlo, sobre todo por el incumplimiento de las grandes potencias para acatar una serie de medidas a favor de tener un ambiente sano, para todos los seres humanos del planeta.

Considero que el papel de la Secretaría de Agricultura de México, debería apoyar a las instituciones nacionales de investigación y enseñanza agrícola e implementar junto con ellas un programa de fortalecimiento de la agricultura campesina e indígena, desde una visión agroecológica, donde se rescaten los saberes campesinos y se apliquen los principios de la sustentabilidad, prohibiendo la siembra de transgénicos en nuestro país.

4. CÓMO ALCANZAR UN DESARROLLO SUSTENTABLE Y LOGRAR EL “BUEN VIVIR” INDÍGENA

Los movimientos campesinos e indígenas pueden ser los promotores de un cambio. Así tenemos el Movimiento Internacional de Vía Campesina, que integra a 69 organizaciones en los cinco continentes y en 37 países. Este movimiento que propone a la agricultura campesina como alternativa de desarrollo rural, ha difundido discursos y prácticas de soberanía alimentaria y redes agroecológicas (Morales, 2011:62-63).

Los movimientos indígenas también han sido protagonistas de movilizaciones que se oponen al modelo de desarrollo neoliberal, y proponen proyectos civilizatorios alternativos, en donde se considere la diversidad cultural y se incluyan los conocimientos y prácticas de formas de relación entre cultura y naturaleza, con una visión más sustentable que la moderna, y que podría ser una alternativa a la crisis ecológica.

Hay otro tipo de movimientos llamados genéricamente como neorrurales, que son de un espectro amplio y diverso que buscan un desarrollo sustentable. Algunos son movimientos ecologistas, otros de la sociedad civil organizada que busca alimentos sanos, otros que tienen que ver con proyectos alternativos como ecoturismo, turismo alternativo y el turismo rural.

Como señala Jaime Morales: “Pero más allá de sus diferencias, los neorrurales apuestan por revitalizar el mundo rural y la agricultura familiar y sustentable, y por establecer una relación respetuosa con el medio ambiente, ambos puntos de encuentro con las propuestas de los movimientos campesinos e indígenas hacia la sustentabilidad rural” (Morales, 2011:68).

A principios del siglo XXI se dio una gran movilización campesina en México encabezada por el movimiento “El Campo No Aguanta Más”. El movimiento exigía un cambio en las políticas públicas del país hacia el sector agropecuario, se pretendía que se recuperara la soberanía alimentaria, se revalorara la agricultura campesina y se lograra un mercado justo para tener un desarrollo incluyente, entre ellos los pueblos indígenas, y que fuera equitativo y sustentable. El movimiento pedía entre otras cosas, la revisión del Tratado de Libre Comercio con Estados Unidos de América y Canadá, para dejar fuera del tratado los granos básicos, como eran el maíz y el frijol (Suárez, 2005:355).

El movimiento “El Campo No Aguanta Más”, logró la firma de un “Acuerdo Nacional para el Campo” con el gobierno federal mexicano, en donde el sector agropecuario tendría una atención prioritaria, para sacarlo del atraso en que se encontraba.

Para Víctor Suárez, el movimiento “El Campo No Aguanta Más” logró poner en la palestra de las políticas públicas la necesidad de atender al sector agropecuario y señala que el Acuerdo Nacional para el Campo firmado: “se reconoce la soberanía alimentaria como eje de la política nacional, la revalorización de la agricultura campesina y el reconocimiento de la multifuncionalidad” (Suárez, 2005:389).

La soberanía alimentaria tiene que ver con el derecho a la alimentación, que es un derecho humano reconocido en la Declaración Universal de los Derechos Humanos de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), de diciembre de 1948, concretamente en el artículo 25 (López, 2008:11). Para Rafael Calderón la soberanía alimentaria es: “el derecho de los pueblos, los países y las uniones de los Estados, a definir sus políticas agropecuarias y de producción de alimentos, de acuerdo con los objetivos de desarrollo sostenible y seguridad alimentaria, sin imponer el *dumping* a terceros países” (Calderón, 2010:43).

En México se reconoció este derecho a la alimentación en la Constitución Política apenas en septiembre del año 2011, por el poder legislativo, sin embargo está por verse su implementación en los hechos. Como señala Francisco López, el derecho a la alimentación tiene que ver con la dignidad humana, pero también tiene que ver con la justicia social, “... ya que su ejercicio requiere de la adopción de políticas económicas, ambientales y sociales adecuadas, en los planos nacional e internacional, orientadas a la erradicación de la pobreza y el disfrute de todos los derechos humanos por todos” (López, 2008:16).

Para cumplir con el precepto del derecho a la alimentación un país tiene que resolver el problema de su autosuficiencia alimentaria. En México se perdió la autosuficiencia alimentaria hacia fines de los años sesentas del siglo pasado, a pesar de la implementación de la política de la revolución tecnológica agrícola conocida como Revolución Verde.

Actualmente México es deficitario en la producción de sus granos básicos, como es el maíz y el frijol. En el 2008, México tenía una población de 106 millones de personas, y 15 millones sufrían hambre, esto representa al 14.5% del total de la población. La suficiencia alimentaria se ha logrado mediante la creciente importación de granos de Estados Unidos de América (Barrales y Barrales Brito, 2008:22).

Es posible lograr la autosuficiencia alimentaria en México, si hubiera un cambio en las políticas públicas en la producción de alimentos, por lo que urge un cambio de rumbo en la política agropecuaria y el modelo económico. Hay suficientes recursos naturales y humanos para lograr la autosuficiencia alimentaria, si se apoya entre otros, a los productores campesinos e indígenas.

Estamos de acuerdo con la conclusión a la que llegan Sergio Barrales y Elizabeth Barrales, cuando dicen: “A nivel social es importante trabajar para quitar la idea de que el neoliberalismo es la única solución para salir adelante, porque en sí mismo este modelo fortalece el individualismo sin cuidar la estabilidad social y, la sustentabilidad ambiental, condiciones necesarias para el desarrollo y permanencia del hombre” (Barrales y Barrales, 2008:31).

4.1 Algunas experiencias marcan el camino a seguir para lograr el “Buen Vivir”

Chiapas ha sido un laboratorio para ensayar nuevas perspectivas de desarrollo, una de ellas, sin duda, es la impulsada por el zapatismo, que derivó del movimiento rebelde indígena de principios de 1994. Después ha transitado a ser un movimiento organizado para lograr la autonomía indígena con base en una serie de principios, en donde uno de los grandes retos fue alcanzar la suficiencia alimentaria de las comunidades de base, que apoyan al Ejército Zapatista de Liberación Nacional (EZLN). Los zapatistas crearon sus propios promotores agroecológicos para impulsar la producción campesina e indígena, dentro del proyecto de lograr la autonomía y la autosuficiencia alimentaria en sus comunidades.

Pero hay otras experiencias que han buscado implementar la agroecología, tomando en cuenta las condiciones imperantes en el estado de Chiapas, en México y el mundo. Una de ellas es la que aborda Oscar Rodríguez, de su experiencia con comunidades indígenas, para promover la sustentabilidad rural y la agroecología, como estrategia para lograrla. Destaca los acuerdos emanados de la “IV Cumbre de los Pueblos Indígenas Abya Yala”, que se realizó en el 2009, y Oscar Rodríguez cita lo siguiente:

Los pueblos y nuestros territorios somos uno solo y es necesario ofrecer una alternativa de vida frente a la civilización de la muerte, recogiendo nuestras raíces para proyectarnos al futuro, con nuestros principios y prácticas de equilibrio entre hombres y mujeres, Madre Tierra, espiritualidades, culturas y pueblos, que denominamos Buen Vivir/Vivir Bien. Plantean con ello defender la soberanía alimentaria, priorizando los cultivos nativos, el consumo interno y las economías comunitarias (Rodríguez, 2011:273).

Una de las demandas del movimiento indígena latinoamericano es lograr la autonomía local y regional, para poder construir un proyecto propio, en la construcción de los estados plurinacionales y comunitarios, que se fundamenta en el autogobierno y la libre determinación de los pueblos, para ejercer el poder dentro de sus territorios, poniendo en práctica sus sistemas normativos y lograr una representación política, que les sea reconocida sin la intervención de partidos políticos.

Sin duda la experiencia del EZLN de haber creado las juntas de Buen Gobierno y la creación de los Municipios Autónomos Rebeldes Zapatistas (MAREZ), son un ejemplo de autogobierno indígena, donde la autogestión juega un papel fundamental para autogobernarse (Rodríguez, 2011:275).

Una cuestión importante para el proyecto de autonomía indígena es la organización comunitaria, donde todos los miembros de la comunidad tienen derechos y deberes, y los proyectos colectivos sólo se pueden realizar si hay acuerdo y convicción para realizarlos, incluso el transitar hacia la producción agroecológica. Por eso señala Rodríguez, que la vivencia tseltal de la vida buena (*lequil cuxlejilil*) es igual al mode-

lo del “Buen Vivir”, propuesto en la “IV Cumbre de los Pueblos Indígenas del Abya Yala” (Rodríguez, 2011:278).

La experiencia, que analiza Rodríguez, concretiza lo que se ha mencionado un tanto teóricamente lo que debe ser la práctica de la Agroecología en las comunidades indígenas y relata:

Los tzeltales manejan distintas unidades de producción que están interconectadas unas con otras, forman un sistema y crean un modelo de uso múltiple: montaña, manantiales, milpa, acahual, potrero, cafetal, apiario, traspatio, huerto familiar, aboneras. La estrategia tiende a fortalecer estos sistemas de uso múltiple a través del manejo agroecológico. Junto con ello, se busca fortalecer la economía tzeltal, que no está orientada al mercado ni a la especialización sino a la obtención de mejores condiciones de comercialización e ingreso (Rodríguez, 2011:282).

En la estrategia agroecológica, tiene como objetivo principal el fortalecimiento de los agroecosistemas complejos de la agricultura campesina, donde la milpa (combinación de varios cultivos en la parcela) cuyo principal producto es el maíz, juega un papel central. Porque es en torno al maíz que se da la organización del espacio rural y la cosmovisión de los pueblos indígenas. Los tzeltales como todos los pueblos mayas se consideran hijos del maíz, y toda su vida gira en torno a este cultivo (Rodríguez, 2011:284).

Oscar Rodríguez relata que otra de las estrategias para incursionar en el mercado es el control del proceso productivo y agregar valor a sus productos. Transitar de producir materias primas a productos manufacturados para el mercado, permite el desarrollo económico y social de la comunidad, por ejemplo el café orgánico certificado que tiene demanda en el mercado justo en países desarrollados.

La otra estrategia es el impulso de las Escuelas Agroecológicas, como detonadoras del desarrollo, educación y organización, posibilitando sistemas productivos sustentables y lograr el empoderamiento local y el control del proceso productivo, incorporando a los hijos de los campesinos indígenas, que son los jóvenes de la comunidad (Rodríguez, 2011:285).

En el proceso educativo, la organización comunitaria ha sido acompañada por instituciones de enseñanza superior y por otras organizaciones con identidad del pueblo indígena maya. La clave de este proceso, es la estructura organizativa, que parte de la forma de organización comunitaria de la cultura tzeltal, que se basa en el sistema de cargos.

La comunidad nombra a sus promotores para cada necesidad, como de salud, alimentación, derechos humanos, catequesis. Se caracteriza porque es un servicio que se da a la comunidad de forma gratuita. El proyecto agroecológico busca fortalecer el manejo sustentable de los recursos y obtener suficiente alimentación y mejorar la sa-

lud, y enfrentar la imposición de proyectos que vienen de fuera por parte del gobierno (Rodríguez, 2011:290).

Esto es un ejemplo de lo que está pasando en algunas comunidades indígenas de Chiapas, pero también podemos hacer referencia a otros procesos similares que se están dando en el país como en la Sierra Norte de Puebla, en la Península de Yucatán, y entre los *Wixárikas* de Jalisco, pero aún falta mucho por hacer para que se extienda a todas las comunidades indígenas del país.

Es claro, que los pueblos indígenas tienen que buscar su desarrollo propio, convirtiéndose en actores políticos, sociales, económicos y culturales, apoyándose en otras experiencias que han obtenido éxito en su práctica. Para esto sería bueno retomar la estrategia de enseñanza de Campesino a Campesino y las Escuelas Campesinas, donde aprendan a lograr el “Buen Vivir”.

4.2 Propuesta de la creación del Sistema Nacional de Extensionismo y Capacitación Rural⁴

El sistema nacional de extensionismo agrícola dejó de existir desde 1985, para reactivar el campo y la producción de alimentos básicos sanos es necesario restaurar el Sistema Nacional de Extensionismo y Capacitación Rural (SINECAR), con el fin de promover y fortalecer la agricultura familiar agroecológica. En una primera etapa se deberían contratar a 10 mil agrónomos para atender todo el territorio nacional, a los cuales se les debe dar un curso de formación especializada en agricultura familiar agroecológica. Como se mencionó, las instituciones de enseñanza pública, junto con el INCA-Rural, deben realizar esta tarea de formación de estos nuevos técnicos.

El SINECAR se puede crear dentro de la Subsecretaría de Desarrollo Rural de la SAGARPA, para que haya una coordinación con los Distritos de Desarrollo Rural que se encuentran en el territorio nacional. Se deben retomar las experiencias de las agencias de Desarrollo Rural (ADRS) impulsadas por el PESA y las agencias de desarrollo local, y recientemente la de las agencias de innovación tecnológica, para crear mecanismos de control y se logren las metas y los objetivos del programa de la producción agroecológica familiar, pero donde los extensionistas cuenten con las herramientas y la infraestructura necesaria para poder desarrollar su actividad como capacitadores, formadores y promotores de las técnicas agroecológicas para incrementar la producción de cultivos básicos.

En este sentido, para lograr la soberanía y seguridad alimentaria, los productores campesinos, indígenas y pequeños productores deben ser apoyados por el sector rural

⁴ Esta propuesta fue publicada en el libro *Seguridad y Soberanía Alimentaria. Memoria del Congreso Nacional de Políticas Públicas para el Campo*. Instituto Belisario Domínguez y el Senado de la República LXII Legislatura, México, 2013.

del Gobierno Federal y por los gobiernos estatales y municipales. Sin embargo, para garantizar un cambio de paradigma en la producción agropecuaria, es necesaria la asistencia técnica promovida desde la federación, para atender un problema central que es la producción de alimentos sanos al alcance de la mayoría de la población rural y aun de la urbana; ya que al generarse un excedente de productos, se pueden canalizar a las ciudades mediante un sistema de comercialización que garantice su inserción en los mercados.

Las instituciones del sector rural, las universidades públicas, los institutos de investigación, como el INIFAP, deben jugar un papel determinante en el campo junto con los productores agrícolas, campesinos e indígenas y sus familias. El reto es lograr la soberanía y la seguridad alimentaria del país como una estrategia nacional, la agricultura campesina e indígena debe jugar un papel principal en la producción de alimentos sanos que el país necesita.

5. CONCLUSIÓN

Considero que es un gran reto lograr que la agroecología se convierta en una estrategia de sustentabilidad para los pueblos indígenas, sin embargo, se tiene que empezar a trabajar haciendo propuestas de políticas públicas por parte de los gobiernos de los países latinoamericanos, que consideren a los campesinos e indígenas como sujetos sociales capaces de hacer realidad la utopía de una agricultura sustentable, utilizando como método y estrategia la ciencia de la agroecología, que no es otra cosa que la combinación de distintos saberes campesinos, indígenas y científicos, para hacer una agricultura más armoniosa con el medio ambiente y se logre incrementar la producción de alimentos básicos, entre ellos el maíz y el frijol.

Es necesario que se organice un gran movimiento campesino que proponga el cambio en las políticas públicas, orientadas a la seguridad y la soberanía alimentaria, como señala Víctor Suárez, con los campesinos e indígenas. El nuevo paradigma es la agroecología, cuyo actor principal es el sujeto campesino y el indígena. Con la agroecología se puede lograr la utopía del “Buen Vivir” y que sea una realidad, por lo menos en el medio rural mexicano.

BIBLIOGRAFÍA

- Caporal, Francisco Roberto y Costabeber, José Antonio. 2011. “La extensión rural con enfoque agroecológico y las políticas públicas hacia la sustentabilidad rural”. En: *La agroecología en la construcción de alternativas hacia la sustentabilidad rural*. Jaime Morales (coord.). ITESO-Siglo veintiuno editores, México.
- González Santiago, Virginia. 2008. *Agroecología. Saberes campesinos y agricultura como forma de vida*. Universidad Autónoma Chapingo, México.

- Morales Hernández, Jaime. 2011. *La agroecología en la construcción de alternativas hacia la sustentabilidad rural*. ITESO-Siglo Veintiuno Editores, México.
- Navarro Garza, Hermilio. 2009. *Agricultura orgánica y alternativa*. Universidad Autónoma Chapingo, México.
- Rodríguez Rivera, Oscar. 2011. "Sustentabilidad rural y agroecología en comunidades indígenas de Chiapas". En: *La agroecología en la construcción de alternativas hacia la sustentabilidad rural*. Jaime Morales (coord.). ITESO-Siglo veintiuno editores, México.
- Sevilla Guzmán, Eduardo. 2006. *De la Sociología Rural a la Agroecología*. Icaria editorial, Barcelona, España.
- Suarez Carrera, Víctor. 2005. *¿Tiene futuro la agricultura campesina en México? Políticas públicas para la soberanía alimentaria y el desarrollo rural con campesinos*. Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria. Cámara de Diputados, LIX Legislatura, Congreso de la Unión, México.

Artículos citados:

- Barrales Domínguez, Sergio y Barrales Brito, Elizabeth. 2008. *Retos y perspectivas de la autosuficiencia alimentaria en México en los próximos diez años*. En: *rumbo rural*, Año. 4, No. 10, septiembre/diciembre, pp. 20-31. CEDRSSA, Cámara de Diputados, México
- Calderón Arózqueta, Rafael. 2010. *Derechos indígenas, recursos naturales, cambio climático y soberanía alimentaria de los pueblos indígenas de México*. En: *Cultura Indígenas*, boletín de la Dirección General de Investigación y Patrimonio Cultural. Vol. 2, Núm.4. CDI, México
- Carta Agroecológica de Oaxtepec, 2011. En: *Revista de agroecología*. LEISA, septiembre 2011-volumen 27, número 3, Perú.
- Holt-Giménez, Eric. 2010. *Los pecados de la agroecología según el capital*. En: *La Jornada del campo*, diciembre, Número 39. Suplemento del periódico La Jornada, México
- Gómez Oliver, Luis. 2008. *La crisis alimentaria y su incidencia en México*. En: *Rumbo rural*. Año 4, No. 9, mayo/agosto, pp. 40-63. CEDRSSA, Cámara de Diputados, México.
- Jarquín Gálvez, Ramón. 2010. *Las escuelas de campo y experimentación para agricultores en México*. En: *Revista de agroecología*. LEISA, diciembre 2010-volumen 26, número 4, Perú

- López Bárcenas, Francisco. 2008. *El derecho a la alimentación en la legislación mexicana*. En: *Rumbo rural*. Año 4, No. 9, mayo/agosto, pp. 10-17. CEDRSSA, Cámara de Diputados
- Martínez M.F.Z., Bakker N. y Gómez H. L. 2010. *Herramientas para la Metodología Campesino a Campesino innovación pedagógica para construir saberes agroecológicos*. En: *Revista de Agroecología LEISA*, vol. 26, núm. 4, Lima, Perú.
- Rubio, Blanca. 2011. *Entre la integración y el despojo*. En: *La Jornada del Campo*, septiembre, número 48. Suplemento del periódico La Jornada, México
- Toledo, Víctor. 2010. *Lo agroindustrial caliente, lo agroecológico enfría*. En: *La Jornada del campo*, diciembre, número 39. Suplemento del periódico La Jornada, México

XI. GRANJA INTEGRAL FAMILIAR

SAMUEL JAIME ÁLVAREZ MERINO

1. INTRODUCCIÓN

La forma moderna de producir alimentos que provienen del campo se enfoca en los monocultivos. Grandes extensiones de tierra en todas partes del mundo, son dedicadas a un solo tipo de cultivo, de tal manera que se termina un ciclo anual y vuelve a repetirse el mismo esquema productivo sobre la misma superficie para sostener la misma especie de cultivo. Cada año, es más notorio que deben emplearse una mayor cantidad de insumos para que al producir esa misma especie, se alcance por lo menos, el mismo rendimiento. El control de plagas y enfermedades que se presentan en una misma especie de cultivo, requieren de una mayor dosificación pues las plagas y enfermedades se vuelven cada vez más resistentes a esos mismos tratamientos.

La biodiversidad tiene un gran adversario en los monocultivos que van degradando el suelo al extraer una misma clase de nutrientes, además de ganar una mayor extensión en tanto que la contaminación por la aplicación de insumos químicos sintéticos también va dejando a su paso tierras que ya no pueden ser cultivadas o que han perdido su fertilidad.

Existe un peligro cada vez mayor para los ecosistemas debido a la ampliación de la frontera agrícola y pecuaria. A diario, se incorporan nuevas tierras al cultivo, cientos de hectáreas de bosques y selvas son taladas por esta misma razón, asimismo, las áreas urbanas van ganando más espacio al tiempo que presenciamos la desaparición de ecosistemas y agroecosistemas completos. La creación de corredores industriales en zonas despobladas pero ricas en flora y fauna también es una práctica común dado el bajo costo de este tipo de tierras, y aunado a eso, se construyen nuevas vías de comunicación que fraccionan ecosistemas al tiempo que modifican los ciclos naturales de esas áreas.

El turismo también transforma los paisajes naturales, aún en aquellos proyectos que se dicen de bajo impacto, pues una vez que interviene una mayor o nueva presencia del hombre en esos entornos silvestres, es innegable que se interrumpen procesos que de otra forma continuarían un desarrollo natural.

Hoy en día, basta tener un ordenador para teclear en él unas cuantas preguntas sobre el estado que guardan boques y selvas, para conocer cuántas hectáreas se deforestan, las razones de ello, el tipo de acciones que se están tomando para enmendar esa situación y los avances que existen en la materia, así por ejemplo, al preguntar sobre “superficie boscosa talada” o bien “estado de los bosques del mundo”, aparecen cerca de 614 000 resultados entre los cuales encontramos precisamente una publicación de

la FAO¹ que se realiza cada dos años: “El estado de los bosques del mundo 2014”, un informe oficial donde José Graziano da Silva (Director General de la FAO), nos señala en el prólogo que:

Es bien sabido que los bosques son el repositorio de diversidad biológica terrestre más grande del mundo. Asimismo desempeñan un papel fundamental en la mitigación del cambio climático mundial y contribuyen a la conservación del suelo y el agua en muchos ecosistemas frágiles.” Y también que “...alrededor de un tercio de la población mundial, principalmente habitantes de países menos desarrollados, depende de la madera como su principal o única fuente de energía. ...Los bosques también pueden contribuir a la mitigación de la pobreza proporcionando viviendas asequibles y sostenibles (FAO, 2014).

Sin embargo, y pese a la importancia de los bosques, la superficie de los mismos se ha reducido en los últimos 5,000 años, como se puede ver en FAO (2012, p. 21), “...la desaparición total de terreno forestal en todo el mundo ha ascendido a 1,800 millones de hectáreas, lo cual supone un promedio neto de pérdida de 360,000 hectáreas al año (Williams, 2002)”.

En ese mismo orden de ideas, al buscar información sobre la producción de alimentos y la agricultura aparecen 18,300,000 resultados y el más inmediato es “El estado mundial de la agricultura y la alimentación 2014”, donde nuevamente el Director General de la FAO, José Graziano da Silva, destaca en el prólogo:

Unos 842 millones de personas siguen padeciendo hambre crónica debido a que no pueden costearse una alimentación adecuada, a pesar de que el mundo ya no padece escasez de alimentos. En una desconcertante paradoja, más del 70% de las personas que padecen inseguridad alimentaria en el mundo vive en zonas rurales de países en desarrollo. Muchos de ellos son trabajadores agrícolas con bajas retribuciones o productores de subsistencia que pueden tener dificultades para satisfacer las necesidades de alimentos de sus familias. (FAO, 2014b).

Dicho lo anterior, existen dos aspectos primordiales y relacionados que deben cubrirse: la producción de alimentos y la sustentabilidad en su producción. La sustentabilidad en todos los procesos productivos es una necesidad fundamental para restablecer el equilibrio de la naturaleza en lo que corresponde a la parte ambiental. En los procesos productivos de las unidades familiares campesinas, esa premisa es aún más importante en varios aspectos, entre otros, el restablecimiento o conservación de los suelos donde se cultiva, ello al tiempo que se continúa produciendo.

En ese sentido, la Granja Integral Familiar (GIF), se plantea como una estrategia de desarrollo endógeno que con el auxilio de prácticas agroecológicas y una baja inversión económica, se trata de obtener alimentos que coloquen al campesino y a su familia en autosuficiencia en primer lugar y, al generar excedentes, permitirle acceder al mercado local.

¹ En <http://www.fao.org/3/a-i3710s.pdf>. Consultado en agosto de 2015.

La idea central en la configuración de la GIF, es el aprovechamiento de cada uno de los recursos que se relacionan y generan dentro de la misma, de manera que la denominación de Integral, toma sentido cuando cada componente tanto físico como social, económico y aun cultural, se acoplan de una forma lógica, con sentido común para producir alimentos para el campesino y su familia pero además, se aprovechan los esquilmos en otros procesos productivos de la misma granja.

Asimismo, al encaminar las unidades de producción campesina al modelo de GIF, se logra la aproximación a la Soberanía Alimentaria definida en el Foro para la Soberanía Alimentaria en Nyéléni 2007,² como:

...el derecho de los pueblos a alimentos nutritivos y culturalmente adecuados, accesibles, producidos de forma sostenible y ecológica, y su derecho a decidir su propio sistema alimentario y productivo.

Esto pone a aquellos que producen, distribuyen y consumen alimentos en el corazón de los sistemas y políticas alimentarias, por encima de las exigencias de los mercados y de las empresas. Defiende los intereses de, e incluye a, las futuras generaciones. Nos ofrece una estrategia para resistir y dismantelar el comercio libre y corporativo y el régimen alimentario actual, y para encauzar los sistemas alimentarios, agrícolas, pastoriles y de pesca para que pasen a estar gestionados por los productores y productoras locales.

La soberanía alimentaria da prioridad a las economías locales y a los mercados locales y nacionales, y otorga el poder a los campesinos y a la agricultura familiar, la pesca artesanal y el pastoreo tradicional, y coloca la producción alimentaria, la distribución y el consumo sobre la base de la sostenibilidad medioambiental, social y económica.

Y también se acerca a la Seguridad Alimentaria definida en el Programa CE-FAO (2011), como existente cuando:

Todas las personas tienen, en todo momento, acceso físico, social y económico a alimentos suficientes, inocuos y nutritivos que satisfacen sus necesidades energéticas diarias y preferencias alimentarias para llevar una vida activa y sana.

De manera que en este trabajo, aunque de forma sucinta, se aborda la GIF como una alternativa agropecuaria productiva. Así, en un primer apartado, se expone el concepto de GIF, sus componentes y su función, para después en un segundo apartado, explicar algunos procesos que conforman la lógica productiva en una GIF, y que permiten mensurar su idoneidad para los pequeños productores, y en una última parte, se concluye enfatizando en las ideas centrales que hacen de la GIF, una opción productiva que merece atenderse.

² En <http://www.nyeleni.org/spip.php?article291>

2. LA GRANJA INTEGRAL FAMILIAR

El término de GIF incluye de inicio tres vocablos. Por una parte la Real Academia Española define Granja³ como: Del francés, *Grange*. Hacienda de campo dentro de la cual suele haber un caserío donde se recoge la gente de labor y el ganado, asimismo. Finca dedicada a la cría de animales. Establecimiento donde se venden o sirven productos lácteos en la que se enseña el cuidado de los animales y el cultivo de las plantas. Entonces, de la definición se desprende que ese espacio agrupa varios elementos entre los cuales está el terreno, las plantas, los animales y por supuesto las personas que realizan las labores.

Por otra parte y en relación con el término Integral,⁴ en el mismo diccionario de la Real Academia Española encontramos la siguiente definición: Del b. latín, *integralis*. Global, total. Dicho de cada una de las partes de un todo: Que entra en su composición sin serle esencial, de manera que el todo puede subsistir, aunque incompleto, sin ella. De manera que aunque cada componente es esencial, el todo puede subsistir sin alguna de las partes.

Con respecto al término Familia,⁵ la Real Academia Española lo define como Del latín, *familia*. Grupo de personas emparentadas entre sí que viven juntas. Conjunto de ascendientes, descendientes, colaterales y afines de un linaje. Hijos o descendencia. Conjunto de personas que tienen alguna condición, opinión o tendencia común. En lo referente a la Granja, lo afín sería el objetivo del grupo de personas que comparten un espacio y que buscan producir alimentos sanos sin causar un impacto negativo al ambiente donde intervienen.

Un breve resumen de la GIF, acorde con las definiciones atrás mostradas, sería: lugar en el campo compuesto de casas que alberga a personas, animales y cosas (entre ellas; herramientas), donde además, se enseña a cuidar, criar animales y cultivar plantas que servirán de alimento y ahí cada parte que la compone, se acopla a un todo que es ensamblado por un grupo de personas que viven juntas y guardan un parentesco.

Por supuesto que esa definición no explica los lazos de sensibilidad que pueden desarrollarse entre los miembros de la familia y el resto de los componentes como con las plantas, los animales y hacia el mismo suelo. La definición tampoco nos da idea del tamaño que debe tener una granja ni del tipo de relación laboral entre las personas que intervienen en los procesos.

La GIF, puede definirse como la unidad de producción constituida por una diversidad de componentes, entre los cuales se encuentran animales, plantas, árboles, microorganismos, sustratos, y por supuesto, los miembros de la unidad familiar. Estos componentes se inter-relacionan, se complementan mediante la acción humana (la

³ Real Academia Española; Granja en <http://lema.rae.es/drae/?val=granja>

⁴ Real Academia Española; Integral en <http://lema.rae.es/drae/?val=integral>

⁵ Real Academia Española; Familia en <http://lema.rae.es/drae/?val=familia>

actividad desplegada por la familia), para establecer un nivel armónico que permite enlazar, integrar residuos de un proceso para desarrollar otro, así, se busca la obtención de productos alimenticios que abastezcan de la cantidad de proteínas, vitaminas y minerales necesarios en la dieta de los integrantes de la unidad de producción GIF.

La idea es que productos como la carne de res, de cabra, de cerdo, de gallina, de oveja, de pato, de codorniz, de guajolote, incluso de pescado, se obtengan dentro de la estructura que conforma la GIF.

Asimismo, huevos de codorniz, de guajolote, de gallina, y frutas y verduras, se planifica que sean producidos en el entorno de la GIF. Lo anterior implica reducir e incluso eliminar la dependencia de alimentos provenientes del exterior y, por ende el acercamiento a la soberanía y la seguridad alimentaria de la Unidad de Producción Familiar.

La optimización de los componentes de la GIF, es tanto un objetivo como una prioridad dentro de este esquema de producción. Para lograr eso, se hace acopio de las diferentes técnicas y tecnologías disponibles para cada proceso. En un primer momento, se recurre a los procesos que aunque rústicos son altamente eficientes y, conforme la Unidad de Producción Familiar logre avanzar en la obtención de recursos económicos vía venta de excedentes, se puede en un segundo momento, integrar tecnologías y procedimientos más avanzados que permitirán obtener un mayor rendimiento y hacer más eficiente la inversión de energía tanto humana como animal y vegetal.

La GIF no es sólo un modelo productivo, sino también una forma de vida, dicho esto, debido a la manera en que se va realizando la integración de los diversos componentes, donde la mano del hombre interviene para dar acomodo a semillas, a plantas y árboles, todos ellos seleccionados para ocupar un sitio específico en el suelo previamente adecuado mediante prácticas producto de innovaciones tecnológicas y tradicionales, de manera que en este modelo convergen conocimientos campesinos tradicionales y conocimientos producto del desarrollo y transferencia de tecnología.

Además, cada animal que se elige para ser integrado a este modelo, guarda un sentido lógico dentro del sistema, ya sea para aportar proteínas mediante su carne, o bien para aportar leche, o huevos, entre otros. La aportación de las especies animales también abarca los estiércoles que producen pues éstos se incorporan al suelo en forma de composta o son devueltos a la tierra después de ser procesados en una vermicomposta (descomposición controlada de materia orgánica utilizando lombrices de tierra).

Ese arreglo de los diferentes componentes de la GIF, no sería posible sin una comprensión del papel que desempeña cada uno de los mismos. Dicha comprensión requiere de cierta sensibilidad para equilibrar, para armonizar, para dar balance de una forma dinámica a la participación de cada ser vivo que interviene en este modelo, y es esa sensibilidad, esa comprensión la que lo acerca de una forma distinta a la parte de naturaleza que está manejando en su sistema.

Bajo esa visión, los integrantes de la GIF, encauzan esfuerzos para preservar, y aún para mejorar el medio en que su granja se está desarrollando pues es menester si se quiere dar continuidad a los procesos productivos que ahí toman lugar.

Una GIF es funcional y sirve al propósito cuando la producción de alimentos cubre las necesidades fundamentales de los miembros de la familia y a partir de ahí, los excedentes pueden ser comercializados localmente. Desde el punto de vista económico existen varios procesos productivos que toman lugar al mismo tiempo, es decir, mientras los cultivos se encuentran en desarrollo, los animales se encuentran en crecimiento, el suelo y los organismos que ahí se desarrollan se encuentran en pleno dinamismo, la actividad humana se centra en armonizar estos procesos que de otra forma estarían aislados.

Lo anterior requiere que el granjero y su familia, pongan en juego diferentes habilidades para cubrir aspectos económicos, técnicos, sociales, culturales y aún la amalgama de los mismos. Dentro de los aspectos técnico-económicos, mencionaremos la selección de cada especie animal y vegetal que se integrará en la granja considerando lo que aporta cada una, así, unas especies requieren más cuidados que otras y aportan algo diferente.

Algunos autores mencionan otras bondades que tiene el modelo como la capacidad de emplear la mano de obra familiar, eso es importante para aminorar o limitar la migración. También se destaca la capacitación que desarrollan los integrantes de la unidad de producción familiar al incorporar nuevas técnicas y tecnologías en las diferentes áreas, y eso posibilita la multiplicación del modelo a través del intercambio (transferencia) de información entre campesinos, entre productores.

Los integrantes de una granja de estas características comparten cierto apego por las plantas, por los animales y por supuesto, por el suelo en que se cultiva. Para el campesino, la tierra en que se produce no es solo un medio, es parte de su vida, hay un sentido de pertenencia que permite una visión distinta de la productivista-economicista.

Bajo esa óptica, el campesino conserva los recursos regionales disponibles impactando de forma positiva en el ambiente, de manera que en un primer momento, la conservación de los recursos acerca a la GIF a la sostenibilidad, a la preservación a través de la aplicación de prácticas tradicionales. Cabe hacer mención que desde hace décadas las prácticas tradicionales en muchos casos han sido permeadas y hasta sustituidas por prácticas emanadas de la Revolución Verde (Altieri, 2000), por esa razón, el rescate de las prácticas tradicionales en las prácticas agroecológicas como afirma Vía Campesina (2011): “La agroecología surge como un diálogo de saberes, el origen del conocimiento agroecológico está con los pueblos, en la producción agroecológica es fundamental la naturaleza por ello se debe convivir en armonía con ella”, es elemental para recuperar el equilibrio ecológico.

Ese tipo de prácticas son aplicadas de igual forma por un campesino que por un gran productor, y están encaminadas a restaurar los suelos, desarrollar la cubierta vegetal, aumentar y retener nutrientes, entre otros efectos benéficos.

Hasta aquí, hemos descrito *grosso modo* las características de una GIF, pero ¿Qué tipo de prácticas deben realizarse ahí? ¿Prácticas de tipo convencionales? ¿Tradicionales? ¿Ecológicas?

Hay razones suficientes para evitar las prácticas de tipo convencional. A través de numerosos estudios, Raigón, *et al.* (1997); Álvarez, *et al.* (2013); Álvarez, *et al.* (2014); Ponisio, *et al.* (2014), entre otros, se demuestra que las prácticas ecológicas, orgánicas, son superiores en varios rubros, por encima de las prácticas convencionales (*Cuadro 1*). Así por ejemplo, las prácticas ecológicas y orgánicas, ayudan a restablecer el equilibrio de los suelos, son iguales o superiores en cuanto a rendimientos en muchos de los casos, son sistemas resilientes, ayudan a recuperar y enriquecer los organismos benéficos del suelo, no emplean insumos químicos sintéticos, requieren de una mayor cantidad de mano de obra de manera que pueden ayudar a abatir los índices de desempleo, recurren a la diversidad de cultivos como estrategia de conservación de nutrientes, también controlan las plagas y enfermedades por medios biológicos o nutrimentales, entre otras bondades.

En párrafos anteriores se mencionó que la agricultura ecológica hace uso de prácticas agrícolas y pecuarias que tienen su origen en la agricultura tradicional, de manera que el rescate de ese tipo de prácticas realizadas por nuestros antepasados está presente y en amalgama con innovaciones tecnológicas que se recogen en ese tipo de agricultura.

En relación con lo anterior, podemos expresar que las prácticas tradicionales han probado su valía desde tiempos ancestrales, y no fue sino hasta hace unas cuantas décadas que comenzaron a ser desplazadas por un tipo de prácticas que privilegiaron la productividad por encima de la conservación ambiental. La Revolución Verde probó ser altamente productiva pero también en ese mismo grado ha sido destructiva con los suelos, con la capa de ozono, con la biodiversidad, con el ambiente en general, ha contaminado diversos cuerpos de agua, entre otros, por la fabricación y el uso de insumos que tienen óxidos nitrosos y amonio (*Cuadro 1*).

Algunas prácticas agrícolas tradicionales actuales, incluyen el uso de tierras con monocultivos, y aunado a ello, la ganadería con rebaños extensivos con la consiguiente compactación de los suelos, la pérdida de nutrientes y organismos benéficos presentes en el suelo y que se pierden con las quemadas controladas y por incendios que se salen de control. Aquí podemos incluir también la introducción de especies vegetales que desplazan a las especies nativas y ocasionan disturbios en el ecosistema dado el rompimiento de cadenas tróficas.

La información hasta aquí expuesta, sirva de antecedente para sustentar la implementación de estrategias entre las que se encuentra la aquí planteada: la GIF. Con este modelo, se pretende la producción de alimentos sanos, suficientes, la recuperación de la fertilidad del suelo como ente de soporte de vida microbiana, de plantas, de animales, de romper la dependencia externa de semillas, de especies vegetales y animales, de recuperar la producción de insumos como abonos, como fertilizantes foliares, como pesticidas agrohomeopáticos, que pueden producirse al interior de la granja acorde con la escala de la misma.

Cuadro 1. Características de tres tipos de agricultura en México

Agricultura convencional	Agricultura tradicional	Agricultura ¹ ecológica
Practicada en grandes extensiones	Practicada en pequeñas extensiones	Diferentes extensiones
Grandes extensiones con un sólo cultivo (monocultivo)	Parcelas pequeñas con variedad de cultivos	Variedad de cultivos
Alto empleo de insumos químicos sintéticos	Bajo o nulo empleo de insumos químicos sintéticos	Nulo uso de insumos químicos sintéticos
Generalmente disponen de riesgo	Generalmente de temporal	Indistinto
Innovaciones tecnológicas constantes	Prácticas tradicionales	Innovaciones tecnológicas
Generalmente emplea mano de obra contratada	Generalmente emplea mano de obra familiar	Uso intensivo de mano de obra
Altos rendimientos	Rendimientos bajos o moderados	Rendimiento menos que el convencional
Impacto ambiental fuerte y negativo	Impacto ambiental positivo	Impacto ambiental positivo
Apoyo con subsidios	Sin soporte de subsidios	Sin soporte de subsidios

Elaboración propia. ¹ Información obtenida de Raigón, *et al.* (1997).

También se trata de generar ingresos buscando tener excedentes para el comercio local una vez que se cubran las necesidades básicas alimenticias de los miembros de la unidad campesina de producción familiar.

3. EL DISEÑO DE LA GRANJA INTEGRAL FAMILIAR

En la creación de una GIF, es importante el diseño, la planeación de la misma, considerando para ello en la medida de lo posible, evitar el uso de sustancias químicas sintéticas al tiempo que se aprovecha cada proceso para iniciar o continuar otro, es decir, una vez que se conoce la función de cada especie que se integrará al sistema, debe tomarse ventaja de lo que pueda aportar, ejemplo, las excretas de los animales de la granja deben aprovecharse en el desarrollo de compostas, de vermicompostas, y aquí mismo, los desechos orgánicos del hogar se integran a la lombricomposta, los lixiviados se agregan a las plantas, los esquilmos se aprovechan en la alimentación del ganado, y así se van cerrando ciclos en un ecosistema diseñado por el hombre.

Todas estas acciones, que se llevan a cabo en la GIF, contribuyen a la reducción de costos que de otra forma tendrían que sufragarse si se dependiera totalmente de productos comprados del exterior. Hasta el momento, se habló de producir los abonos y aprovechar los lixiviados que se obtienen del sistema, eso conlleva un ahorro al no tener que acudir al expendio de agroquímicos. De la misma manera, al recurrir a la agrohomeopatía para producir soluciones que ayuden en el control de plagas y enfermedades, se da un gran paso en la reducción de costos y así sucede para cada proceso que pueda realizarse sin adquirirlo del exterior.

Conforme se van integrando más procesos, se generan más funciones, se complejiza de una mejor manera el ecosistema, logrando producir variadas especies animales y vegetales lo que garantiza que no se dependa de una sola especie para sobrevivir.

Una nota importante cuando hablamos del diseño de la GIF, es que en las fuentes de información para el efecto, encontramos sugerencias de la forma que debe adoptar la granja, y esto sería ideal si se trata de un área donde no se realiza ninguna actividad o bien si se trata de un espacio que se va a acondicionar para transformarlo y montar ahí la granja. En todo caso, si el campesino sólo dispone del espacio donde produce tradicionalmente, éste puede modificarse de acuerdo con sus necesidades y su conocimiento.

4. LOS COMPONENTES DE LA GRANJA INTEGRAL FAMILIAR

A continuación se enlistan los componentes de la GIF aunque no necesariamente deben tenerse en este orden:

- La superficie que ocupará la granja.
- Los recursos como agua, semillas de hortalizas, plantas de ornato, plantas medicinales, flores, árboles frutales, árboles maderables, árboles de cerca-

do, abonos, compostas, lombricompostas (vermicompostas), herramientas y aperos de labranza.

- Los espacios que se destinarán para los corrales de los animales como bovinos, ovinos, caprinos, cerdos, abejas, conejos, codornices, guajolotes, pollos, gallinas y peces.
- Espacio para procesamiento o industrialización de productos de la granja, como miel, leche, frutas, verduras, soluciones agrohomeopáticas y fertilizantes foliares entre otros.

¿De dónde partir?

Para ejemplificar, podemos iniciar observando el espacio con el que contamos para producir, con la finalidad de identificar cómo hacerlo más eficiente. Para eso, es necesario visualizar la posibilidad de introducir algunos cambios siempre y cuando no se ponga en riesgo la estabilidad de la unidad de producción.

Cuando la superficie para la GIF ya ha sido definida, se puede realizar un dibujo, de ser posible un plano del área total donde se ubique cada uno de los espacios con los animales y plantas que se piensa introducir. Esto nos da una perspectiva de cómo va a lucir nuestra GIF, y por supuesto, lo más importante, nos permite colocar en proximidad los procesos que con sentido común deban seguir cierta lógica para lograr la integración.

Si se precisa, en el diseño se establecen las diferentes áreas, para empezar del área de la casa familiar, del traspatio para el huerto medicinal, del área de las camas biointensivas, de las colmenas, de los corrales, de la siembra, del procesamiento de las materias primas, del depósito o almacén de herramientas y aperos de labranza, del establo, de las porquerizas, de los árboles frutales, del área para compostas, del área para vermicomposta, etcétera. Esto depende por supuesto, de la extensión de la propiedad, de la superficie que se empleará para la GIF.

En la GIF se producen especies animales y vegetales. Comencemos por establecer las especies vegetales que requerimos para complementar la dieta de la familia. Eso se puede realizar en los espacios más pequeños de la propiedad como en el traspatio, donde se instalen camas biointensivas de por ejemplo un metro de ancho por la longitud que sea posible. En esas camas se cultivaran las hortalizas suficientes para abastecer el consumo de la familia en primera instancia y una vez que se acumule la experiencia y se facilite la producción hortícola, será viable generar excedentes.

No ahondaremos aquí en la forma de producir en camas biointensivas, basta decir que existen numerosos manuales entre los cuales destacan los de Jhon Jeavons y Cox (2007), quienes muestran las características que debe tener el espacio donde se pretenda producir hortalizas y de paso, mencionar que el empleo de esa clase de métodos de producción garantiza la sustentabilidad del sistema, de la fertilidad del suelo. De

forma somera describiremos que ese método de producción biointensivo de alimentos, inicia una vez que se ha elegido el espacio que va a ocupar la cama biointensiva, y ahí mismo se afloja el suelo y se libera de toda clase de raíces hasta una profundidad de 60 centímetros.

La siembra se realiza con plantas sembradas cerca unas de otras, y de esa forma, Jeavons (*idem*), afirma que se produce:

Hasta cuatro veces más que una cama de área equivalente menos profunda y sembrada en hileras. Este tipo de cama significa menos trabajo para el horticultor, pues únicamente tiene que excavar, fertilizar, regar y deshierbar una cama. Además, utiliza tan sólo una cuarta parte del área que se necesitaría para producir los mismos rendimientos que con otros métodos.

Las razones que explican los altos rendimientos que se obtienen en estas camas biointensivas se atribuyen a lo flojo que queda el suelo hasta los 60 centímetros, considerando que de forma general, los suelos en que se siembra sólo se trabajan superficialmente, es decir, en los primeros 30 centímetros, y el resto permanece firme. Con el suelo aflojado hasta los 60 centímetros, las raíces pueden penetrar a mayor profundidad y desarrollar su sistema radicular sin esfuerzo para conseguir agua y nutrientes. Dicho sea oportunamente, esos nutrientes que se mencionan se encuentran en mayor cantidad dado que a estas camas se agrega composta que se mezcla con el suelo del espacio excavado.

La adición de composta ofrece la oportunidad para sembrar con una mayor densidad de plantas por superficie en estas camas, donde también se mantiene la cantidad de agua necesaria para cada cultivo.

En dichas camas es posible cultivar todo tipo de hortalizas como: acelga, lechuga, espinaca, col, brócoli, col de Bruselas, repollo, coliflor, ajo, apio, cebolla, rábano, zanahoria, betabel, berenjena, calabaza, calabacín, fresa, melón, pepino, pimienta morrón, sandía, tomate, jitomate, papa, haba, lenteja, garbanzo, frijol, cilantro, perejil. Para el caso de seleccionar la especie que se cultivará para comercializarla, se deberá realizar un sondeo del mercado local con el objeto de conocer la demanda de los potenciales consumidores y el precio que se obtendrá.

En los huertos medicinales se cultivan plantas como: ajo, ajeno, sábila, romero, lavanda, árnica, manzanilla, menta, cempasúchil, caléndula, ortiga, diente de león, ajeno, hinojo, cedrón, albahaca, yerbabuena, epazote, y otras.

5. COMPOSTAS Y LOMBRICOMPOSTAS

En la puesta en marcha de la GIF, es fundamental contar con composta (se reconoce también como compost) y vermicomposta (lombricomposta), y en la idea central de reducir o eliminar la dependencia del exterior, las compostas deben ser realizadas por el campesino, por el productor.

De forma general muchas publicaciones y diferentes autores coinciden en la importancia que tienen las compostas, por ejemplo, en *Elaboración de composta* de Torres y la SAGARPA⁶ (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación), se habla de los siguientes puntos importantes:

Mejora la sanidad y el crecimiento de las plantas; mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo; es fuente importante de nutrimentos para las plantas; aumenta la capacidad de retención de humedad del suelo y la capacidad de intercambio de cationes en el mismo; es una fuente de alimentos para los microorganismos; Amortigua los cambios de pH en el suelo; disminuye los cambios bruscos de temperatura; Las plantas pueden absorber más nitrógeno como consecuencia de la relación Carbono-Nitrógeno en el suelo; Logra descomposición parcial o casi completa de algunos residuos agrotóxicos.

Pero ¿Qué es una composta? De forma breve, la composta se define (*compost*), como abono orgánico que se forma en un proceso totalmente biológico, ocasionado por la acción microbiana de bacterias aerobias termófilas presentes de forma natural en cualquier parte, que descomponen junto con hongos y actinomicetos, el material sólido orgánico tal como restos de frutas, verduras, cereales, plantas, estiércoles y tierra, que se manipulan acomodándolos en capas y, agregando y controlando la cantidad de agua suficiente para sólo humedecer, facilitar el proceso de descomposición, de mineralización, realizado por los microorganismos de forma natural.

¿Qué es una vermicomposta (lombricomposta)? Se trata de un método biotecnológico, que hace uso de lombrices de tierra que son colocadas en un espacio donde se depositan desechos orgánicos que la lombriz procesará al alimentarse de los mismos. Al consumir estos desechos orgánicos, la lombriz genera un producto conocido como vermiabono, producto de sus excretas. Aunado a esto, la misma lombriz se reproduce y se puede usar como harina para preparar alimento humano con alto contenido proteínico –harina para galletas–, como carnada para pescar, como alimento para animales domésticos, entre otras aplicaciones.

Las excretas de lombriz o vermiabono, son excelentes fertilizantes orgánicos, bio-reguladores, mejoradores del suelo al aportar bioestabilidad ya que permiten fermentación o putrefacción, y de acuerdo con Fundación Produce Nayarit A. C.,⁷ los beneficios del empleo de vermicomposta en los cultivos son: un aumento en el porte de las plantas, protección de enfermedades de la raíz (sean bacterias o nematodos), cuatro veces más Nitrógeno, 25 veces más Fósforo, 2.5 veces más potasio, no aportan plagas al suelo, ayuda al desarrollo de la microflora y microfauna (microorganismos

⁶ En <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasaapt/Elaboraci%C3%B3n%20de%20Composta.pdf>

⁷ En <http://fupronay.org.mx/folleto%20tecnico/LOMBRICOMPOSTA%20INF.pdf>. Consultado en agosto de 2015.

benéficos del suelo) en los suelos, libera elementos nutritivos lentamente y las plantas pueden aprovecharlos de mejor forma, aumenta la capacidad de retención de humedad del suelo, aumenta y mantiene un alto nivel de fertilidad de los suelos, hasta tres años después de su aplicación, regula cambios bruscos del pH, amortigua los cambios bruscos de temperaturas, disminuye el riesgo de erosión del suelo, mejora el intercambio catiónico planta – suelo, neutraliza la presencia de contaminantes (herbicidas, esterres fosfóricos, anticriptogamicos, etcétera), mejora las características de estructuras (desligando los suelos arcillosos y agregando los suelos arenosos).

Cabe mencionar que solo unas cuantas especies de lombrices -10 a 12- son útiles en la lombricultura, y en México, la más adaptada es la lombriz californiana: *Eisenia foetida*.

Ya hemos comentado que es menester aplicar principios ecológicos en la puesta en marcha de la GIF, y al elaborar nuestras propias compostas estamos reciclando, estamos recuperando nutrientes que de otra forma se perderían, pero además, estamos en posición de ser autónomos, en posición de sustituir insumos externos en la cuestión de abonos. Al aplicar este tipo de compostas, enriquecemos el suelo con microorganismos benéficos que crean condiciones para una mayor actividad biológica del suelo, ayudando a las raíces de las plantas en la absorción de nutrientes del suelo.

Lo anterior es particularmente importante, dado que en *Generación de residuos sólidos municipales per cápita y por composición 2004*, se explica que en México, producimos desde 510 gramos hasta 1.4 kilogramos diarios de basura por persona, y de esa, poco más de la mitad es de origen orgánico. De manera que en promedio podríamos estar generando diariamente entre 300 y 850 gramos de residuos orgánicos por persona, que pueden ser aprovechados en la elaboración de compostas y lombricompostas, y de ahí, a nuestros huertos urbanos, a nuestras plantas de ornato, a nuestros huertos verticales, a la producción de hortalizas de forma casera en envases plásticos que estaríamos reciclando.

En el caso de la GIF, existen más posibilidades de incrementar el volumen de residuos orgánicos que se pueden “compostear” o “vermicompostear”. Tal es el caso de toda clase de esquilmos.

Con los residuos orgánicos también es posible producir biogás en contenedores llamados biodigestores. En esos contenedores se incorpora la materia orgánica y se agregan bacterias anaerobias —pueden obtenerse del estiércol de los bovinos y viven en ausencia de oxígeno— que se alimentan de dicha materia y producen gas natural —metano— y dióxido de carbono. El gas metano producido en el proceso antes descrito, es biológico y durante su combustión no genera efecto invernadero además de tener la ventaja de poder ser reproducido mientras existan desechos orgánicos. Al concluir el proceso de biodigestión, queda un abono parecido al humus utilizable como mejorador del suelo.

¿Cuáles son las cantidades de lombricomposta que debe emplearse en los diferentes cultivos?

Cultivos y/o Métodos de siembra	Dosis
Caña de azúcar	3-4 ton/ha
Tomate (al trasplante)	600 g/planta
Maíz	2-3 ton/ha
Tomate	2.5-3.0 ton/ha
Praderas	600 g/planta
Frutales	2 kg/árbol
Hortalizas	800 g/m ²
Césped	1 kg/ m ²
Ornamentales	0.5-a kg/ m ²
Semilleros o almacigos	90-100 g/ m ²
Trasplantes	0.5-2.0 kg/planta
Rosales y especies leñosas	0.5-1.0 kg/m ²
Para recuperación de suelos	1.5-2.0 ton/ha

Tomado de Fundación Produce Nayarit, A.C.⁸

6. COMPONENTE AGRÍCOLA DE LA GRANJA INTEGRAL FAMILIAR

En el manejo del cultivo, debe tenerse presente la estabilidad en el largo plazo, evitando daños mayores por plagas y enfermedades. Al considerarse una variedad amplia de cultivos, su distribución acorde a la cercanía de alguna fuente hídrica, su escalonamiento, reducir las horas-hombre en mano de obra, estamos contribuyendo al manejo de nuestros cultivos. Entre las estrategias precisas para el mencionado manejo entre otras, se incluye la rotación de cultivos, los cultivos de cobertura y la asociación de cultivos.

La rotación de cultivos se refiere a la decisión de sustituir un cultivo cuyo ciclo ha concluido, por otro, en la misma parcela, es decir, se recurre a la alternancia. Con esta práctica, se rompe el ciclo de vida de plagas que se alimentaban de un cultivo, para introducir uno de características diferentes, con requerimientos nutrimentales diferentes, lo que contribuye a reducir la extracción de un mismo nutriente del suelo, evitando su agotamiento y conservando la productividad.

⁸ En <http://fupronay.org.mx/folleto%20tecnico/LOMBRICOMPOSTA%20INF.pdf>. Consultado en agosto de 2015.

Un ejemplo de rotación de cultivos es la siembra de alfalfa, de haba, contribuyen a la fijación de Nitrógeno en el suelo, y si, posteriormente al concluir el ciclo de esos cultivos, se siembra ahí mismo maíz, este aprovechara el contenido de Nitrógeno fijado ahí por la alfalfa o haba, mientras que el maíz aporta un mayor volumen de materia orgánica y el consumo de nutrimentos diferentes o bien en cantidades variadas.

En lo que se refiere a la asociación de cultivos, esta es una técnica en la que dos o más especies “conviven” al plantarse próximas para que cada una aproveche lo que la otra aporta, es decir, el cultivo simultáneo de dos plantas compatibles beneficia a ambas en mayor y mejor medida que el cultivo por separado ya que se complementan a la vez que compiten, eso propicia un mejor aprovechamiento de los nutrientes del suelo, de luz solar, de una menor aparición de plagas y mejor salud de las plantas.

Los cultivos de cobertura se refieren a la cobertura vegetal viva que precisamente cubre el suelo de forma temporal o permanente en asociación con otras plantas. De forma general, las especies empleadas como cobertura, son leguminosas y entre sus funciones se les atribuye la supresión de malezas, la conservación del suelo, del agua, el control de plagas, de enfermedades, y como alimento humano y animal.

Dentro del componente vegetal, por supuesto que tenemos los vegetales susceptibles de cultivarse en las camas biointensivas en traspatio de las cuales ya se habló en páginas anteriores.

7. COMPONENTE ANIMAL DE LA GRANJA INTEGRAL FAMILIAR

Este componente es posible dividirlo en ganado mayor, ganado menor, especies zootécnicas menores y peces. Comprendiendo en primer lugar que el ganado es el conjunto de animales domésticos aprovechados por el hombre para obtener sus productos. En este caso, las aves de corral, las abejas y los conejos se consideran “especies zootécnicas menores”.

El ganado mayor lo constituyen bovinos, asnos, mulas y caballos, mientras que el ganado menor lo constituyen las ovejas, los caprinos y los porcinos. La presencia de toda clase de animales de granja, responde a la finalidad de aprovechar su habilidad de conversión de material vegetal consumido (forrajes y esquilmos), en la reproducción de la misma especie, en la producción de estiércoles y orina utilizables en las compostas y lombricompostas, y la producción de carne, de leche, que se destina al autoconsumo para complementar la dieta de la familia y a la venta local para obtener recursos económicos.

En la medida de lo posible y dependiendo de la superficie disponible y de la cantidad de animales que tengan este requerimiento, cultivar alfalfa, avena, cebada y maíz, para asegurar su alimentación y evitar la dependencia externa.

Finalmente, es recomendable establecer un registro de las actividades que se realizan en nuestra GIF para establecer la contabilidad y avances o retrocesos en cada subsistema de nuestra granja. De esa forma, por ejemplo, se registra la cantidad de

composta o vermicomposta producida y la cantidad y lugar donde se aplicó, el resultado que se genera, y entonces, calendarizar una nueva fecha para nuevas aplicaciones. Asimismo se registran enfermedades, plagas, fechas de aparición y métodos de control, fechas de siembra, variedades, resultados, todo ello con el propósito de crear un acervo que puede emplearse posteriormente.

Entre las ventajas que ofrece a la GIF el empleo de principios agroecológicos se encuentra la biodiversidad, la resiliencia, la eficiencia energética y su mayor productividad que se vincula a la soberanía alimentaria. Se promueve la agricultura local, la autosuficiencia, la producción nacional de alimentos por campesinos y familias rurales y urbanas a partir de la innovación, los recursos locales y la energía solar. Se busca limitar o erradicar la dependencia de agroquímicos sintéticos a la vez que se intensifica la productividad, el contenido de nutrientes en el suelo, la reducción o limitación del daño causado por plagas y enfermedades.

También de suma importancia para el concepto de GIF, es el rescate, la conservación, y transferencia de prácticas agropecuarias ancestrales que contribuyan al manejo, conservación y desarrollo de las actividades productivas de la GIF.

Se promueve la agricultura a pequeña escala como una forma de lidiar con el problema de soberanía alimentaria, pero también como una manera de romper la dependencia externa de alimentos e insumos.

8. CONCLUSIONES

La reducción de la pobreza y la seguridad alimentaria son objetivos casi inalcanzables para al menos mil millones de personas en el planeta. Los altos niveles de hambre, la inequidad en la distribución del ingreso, tierra, agua, semillas y otros recursos, además de la degradación ecológica, son problemas persistentes y cada vez más intensos a escala mundial.

La GIF busca el mejor aprovechamiento de los pequeños espacios a través del empleo de técnicas, de métodos, de tecnologías que posibilitan la mayor eficiencia de los escasos recursos disponibles a la vez que son capaces de producir alimentos sanos y suficientes.

La GIF, desde su concepción se establece con la diversidad suficiente para evitar problemáticas que se enfrentan cuando la misma superficie se dedica a un monocultivo o a la cría de una sola especie animal. La inclusión de un área para cultivar especies medicinales provee a la familia de una farmacia viviente y al alcance.

En la puesta en marcha de la granja, se incluyen sólo procesos sustentables, sólo procedimientos que garanticen el cuidado de los recursos, se consideran prácticas agroecológicas que minimizan el impacto ambiental, que cuidan de la fertilidad de los suelos integrando reciclaje de nutrientes, con un flujo cerrado de energía, cuyo

control de plagas y enfermedades se hace por medios agrohomeopáticos, biológicos, que no contaminan los alimentos ni el suelo, aún en los animales no agregan residuos tóxicos a su organismo porque no emplean concentrados alimenticios de los cuales se desconoce el contenido de residuos químicos sintéticos.

En el desarrollo de este modelo de granja, se aprovechan también los conocimientos tradicionales del campesino y a esos conocimientos solo se agregan mejoras técnicas y tecnologías que ya han sido probadas, que son funcionales para los propósitos del modelo.

En cuanto a los alimentos que son susceptibles de producirse en este tipo de granja, la ventaja radica en la diversidad que se obtiene, así por ejemplo, la parte correspondiente a proteínas se cubre con carne de las diferentes especies animales así como de las legumbres, en lo que concierne a vitaminas y minerales, las hortalizas y los frutales cubren ese requerimiento.

La aplicación de los principios básicos de la agroecología como la sustitución de insumos (con mayor razón si éstos son sintéticos), el incremento de la fertilidad de los suelos, el reciclaje de nutrientes, el reciclaje de la energía, el incremento en la materia orgánica en la tierra, la diversificación de especies animales, de vegetales, de la aplicación de técnicas para elaborar compostas, lombricompostas, la conservación de variedades locales tradicionales, la interacción que se logra entre especies animales, vegetales, el suelo, el agua, y el ser humano, garantizan la preservación de los recursos, su productividad y la sostenibilidad de la GIF.

BIBLIOGRAFÍA

Altieri, Miguel; Nicholls, Clara. 2000. *Agroecología. Teoría y práctica para una agricultura sustentable*, 1ª edición (257 pp.).

<http://www.ambiente.gov.ar/infoteca/descargas/altieri01.pdf>

Altieri, Miguel; Toledo, Víctor M. 2011. “La revolución agroecológica en América Latina: rescatar la naturaleza, asegurar la soberanía alimentaria y empoderar al campesino”. SOCLA (Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología).

Foro para la Soberanía Alimentaria en Nyéléni (2007). “Declaración de Nyéléni”, Nyéléni, Selingue, Malí. <http://www.nyeleni.org/spip.php?article291> consultado en agosto de 2015.

Programa CE-FAO (2011). “La Seguridad Alimentaria: Información para la toma de decisiones”. Una introducción a los conceptos básicos de la seguridad alimentaria. La Cumbre Mundial sobre la Alimentación 1996. <http://www.fao.org/docrep/014/al936s/al936s00.pdf>. Consultado en agosto de 2015.

Real Academia Española. Diccionario de la Lengua Española. Granja en <http://lema.rae.es/drae/?val=granja>. Consultado en agosto de 2015.

- Real Academia Española. Diccionario de la Lengua Española. Familia en <http://lema.rae.es/drae/?val=familia>. Consultado en agosto de 2015.
- Vía campesina. La Agroecología: práctica de conocimientos ancestrales. <http://viacampesina.org/es/index.php/temas-principales-mainmenu-27/agricultura-campesina-sostenible-mainmenu-42/1214-la-agroecologia-practica-de-conocimientos-ancestrales>. Consultado en agosto de 2015
- Restrepo M., Jairo; Angel S., Diego Iván; Prager M., Martín. 2000. Agroecología. Universidad Nacional de Colombia y Fundación para la Investigación y el Desarrollo Agrícola (FIDAR). Centro para el Desarrollo Agropecuario y Forestal, Inc. (CEDAF). http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/training_material/docs/Agroecologia.pdf. Consultado en agosto de 2015.
- Raigón, M.D.; Navarro–Herrero, I.; Pozuelo, R.; Poveda, D. 1997. Estudio comparativo de costes de producción en agricultura ecológica y convencional. Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola. Universidad Politécnica de Valencia. <http://fci.uib.es/Servicios/libros/conferencias/seae/Estudio-comparativo-de-costes-de-produccion-en.cid221650>. Consultado en agosto de 2015.
- Álvarez M., S.J.; Gómez, M.A.; Schwentesius, R.E. 2013. Investigaciones comparativas entre agricultura convencional y agricultura orgánica. Spanish Journal of Rural Development, Vol. IV (4): 1-10, 2013 <http://www.sjruraldevelopment.org/es/journal/329/investigaciones-comparativas-entre-agricultura-convencional-y-agricultura-organica>. Consultado en agosto de 2015.
- Álvarez M, S.J.; Castellanos, J.A.; Jiménez, C.; Sedano, G. 2014. Café orgánico ¿Alternativa económico-ambiental para los Loxichas, Oaxaca, México? Spanish Journal of Rural Development, Vol. V (4): 67-78, 2014. <http://www.sjruraldevelopment.org/es/journal/377/cafe-organico-alternativa-economico-ambiental-para-los-loxichas-oaxaca-mexico>. Consultado en agosto de 2015
- Ponisio, Lauren C.; M’Gonigle, Leithen K.; Mace, Kevi C.; Palomino, Jenny; de Valpine, Perry; Kremen, Claire. 2014. Diversification practices reduce organic to conventional yield gap. Proceedings B., 22 January 2015; volume 282, issue 1799. <http://rspb.royalsocietypublishing.org/content/282/1799/20141396>. Consultado en agosto de 2015.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2014. El estado de los bosques del mundo 2014. Potenciar los beneficios socioeconómicos de los bosques. <http://www.fao.org/3/a-i3710s.pdf>. Consultado en agosto de 2015
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2012. El estado de los bosques del mundo 2012. <http://www.fao.org/docrep/016/i3010s/i3010s.pdf>. Consultado en agosto de 2015.

- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). El estado mundial de la agricultura y la alimentación 2014. 2014b. <http://www.fao.org/3/a-i4040s.pdf>. Consultado en agosto de 2015
- Jeavons, Jhon; Cox, Carol. 2007. El huerto sustentable. Cómo obtener suelos saludables, productos sanos y abundantes. <http://www.growbiointensive.org/SVG%20Spanish.pdf>. Consultado en agosto de 2015.
- Cadena Maya, Marilyn E.; Hernández Castillo, Yaneth; Osorio Solano, Elfilia Stephania. 2012. Investigación de basura orgánica en el D.F. UNAM, Facultad de Contaduría y Administración. https://investigacion-2257-2012-2.wikispaces.com/file/view/Proyecto_investigacion_Basura_Organica.pdf/338161414/Proyecto_investigacion_Basura_Organica.pdf. Consultado en agosto de 2015.
- Torres Cedillo, Luis. S/f. SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). Elaboración de composta. <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasaapt/Elaboraci%C3%B3n%20de%20Composta.pdf>. Consultado en agosto de 2015.
- Fundación Produce Nayarit, A.C. Lombricomposta. <http://fupronay.org.mx/folleto%20tecnico/LOMBRICOMPOSTA%20INF.pdf>.
- Generación de residuos sólidos municipales per cápita y por composición 2004. http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_resumen/08_residuos/cap8.html#2



PROCURADURÍA
AGRARIA

XII. ESTABLECIMIENTO Y PRODUCCIÓN DE CULTIVOS FORRAJEROS PARA VALLES ALTOS CENTRALES DE MÉXICO

BALDOMERO ALARCÓN ZÚÑIGA

1. INTRODUCCIÓN

En México, la ganadería es una de las principales actividades económicas del sector agropecuario, debido a que más del 50% de la superficie territorial se dedica a esta actividad bajo condiciones de pastoreo de especies nativas e introducidas, herbáceas, arbustivas y arbóreas (Castro, 2009). Los forrajes en pastoreo o cosechados mecánicamente, constituyen una parte importante en la dieta de rumiantes en las unidades ganaderas, y representan un bajo costo en la producción animal (Pérez, *et al.*, 2002).

Al respecto, la SAGARPA (2011) menciona que en las zonas templadas de México, los forrajes ocupan el 23.4% de la superficie del país (46, 036,752 ha), mientras que el INEGI (2010) señala que existen en el país 302,595 unidades de producción, con una superficie establecida con pastos cultivados de 2, 253,963 ha y una producción de 45, 982,534 toneladas de forraje seco. Estos datos indican la gran importancia económica, territorial y social donde intervienen los sistemas de pastoreo dentro del sector productivo pecuario.

Otro aspecto a considerar es el manejo agronómico y del pastoreo de las forrajeras, ya que son aspectos fundamentales para maximizar el potencial genético de las diferentes especies de gramíneas de clima templado, la inapropiada aplicación de estos conocimientos ocasionan el fracaso de los sistemas de producción animal (Garduño, 2006).

Por su parte, Núñez (1998) menciona que existen diversos aspectos agronómicos que son claves para obtener alto rendimiento y valor nutritivo en los forrajes, entre ellos, la selección de la especie a partir de las características de clima y suelo de las regiones, requerimientos agro-climáticos de las diferentes especies forrajeras, y métodos de establecimiento y producción de forraje de acuerdo con la especie forrajera y sistema de producción animal.

La región de Valles Centrales de México corresponde a una región de planicies, lomeríos y valles que se encuentran dentro del Eje Neovolcánico de México, correspondiendo a los estados de Hidalgo, Distrito Federal, México, Michoacán, Morelos, Puebla, Querétaro, y Tlaxcala. Se cultivan alrededor de 3.9 millones de hectáreas, y cerca de 1.9 millones de hectáreas corresponden a cultivos forrajeros (maíz, alfalfa, sorgo, avena, triticale, trigo, y pasturas).

2. ESTABLECIMIENTO Y PRODUCCIÓN DE LOS PRINCIPALES CULTIVOS FORRAJEROS

Aquí se detallan las características y condiciones para el establecimiento y producción de los principales cultivos forrajeros apropiados para Valles Altos de la Mesa Central de México.

2.1 Alfalfa

2.1.1 Descripción de la especie *Medicago sativa* (alfalfa, lucerna)

En el mundo, la alfalfa (*Medicago sativa* L.) es el principal cultivo forrajero de las leguminosas, con aproximadamente 32 millones de hectáreas sembradas (Julier, *et al.*, 2003). En México la alfalfa constituye un recurso forrajero importante, debido a su amplia adaptación a diferentes climas y suelos (Moreno y Talbot, 2006), además que es un cultivo popular entre los agricultores teniendo un papel muy importante en la producción de leche en estabulación, pastoreo y en la elaboración de concentrados alimenticios, debido a su alta producción de materia seca alto contenido proteico y digestibilidad (Li, *et al.*, 2011).

Brummer (2004) comenta que el cultivo de alfalfa, controla la erosión del suelo, mejora la calidad del agua, reduce los brotes de plagas y aporta cantidades considerables de nitrógeno al suelo. De acuerdo con Cortés, *et al.* (2005), la alfalfa es una leguminosa que es importante por su contenido de triptófano y clorofila, por lo que ha sido propuesta como una posible fuente para la elaboración de concentrados proteicos.

La superficie nacional cultivada de alfalfa en 2014 fue de 387,551 ha, de las cuales se cosecharon 386,063 ha, con una producción total en el país de 31 538,099 ton (SIAP-SAGARPA, 2014), donde los estados con mayor producción de alfalfa son: Guanajuato, Chihuahua, Hidalgo, Puebla, Querétaro, Michoacán, Jalisco, Baja California y Estado de México.

Las variedades que se siembran en dichos estados son muy diversas, las más comunes en Valles Altos Centrales de México son Aragonesa, Atlixco, Oaxaca, San Miguelito, CUF 101, y Júpiter, pero son producidas y seleccionadas en otras regiones del país o del mundo. Se estima que entre el 85% y 90% de las necesidades anuales de semilla de alfalfa, son provenientes de Estados Unidos de América, España y Australia, lo cual nos hace dependiente del uso de variedades y estrategias de selección de regiones contrastantes a nuestro país (Salinas, 2005).

2.1.2 Establecimiento de alfalfa

La alfalfa es una especie forrajera que se adapta a una gran variedad de suelos; sin embargo, prefiere los de textura media, profundos y con buen drenaje. Cuando el suelo no tiene estas características la planta no puede expresar todo su potencial de

rendimiento. En terrenos muy pesados o arcillosos, siempre existe el peligro de perder el cultivo durante la etapa de establecimiento, debido a la formación de costras sólidas que retienen la emergencia de las plántulas.

Además, el suelo compactado bajo condiciones de extremada sequía, dificulta la respiración de las raíces y pone en riesgo la vida de la planta. Cuando existen encharcamientos por periodos prolongados, las raíces mueren lentamente por asfixia, lo cual puede evitarse con un buen trazo de riego que permita una distribución uniforme del agua en el terreno. Paralelamente los excesos de humedad traen consigo la acumulación de sales en los horizontes superiores del suelo.

La alfalfa es medianamente tolerante a la salinidad del suelo, sin embargo, en la etapa de nacencia presenta menos tolerancia a ella. La persistencia de sales y encharcamientos limitan el desarrollo de la planta y provocan la muerte gradual de la misma.

La alfalfa puede ser sembrada en cualquier época del año, pero es recomendable establecerla en el otoño e invierno, es decir, del 15 de octubre al 15 de febrero. En este periodo los problemas por maleza se reducen, debido a la presencia de temperaturas bajas. En la etapa de emergencia, la alfalfa es muy tolerante a las bajas temperaturas, siempre y cuando exista suficiente humedad en el suelo. El método y densidad de siembra es muy variable, y dependerá del sistema de riego empleado (rodado, aspersión, por goteo, etcétera).

La densidad de siembra va de 15 a 45 kilos de semilla de alfalfa por hectárea. Si el sistema de riego es rodado podemos emplear 30 a 40 kilos de semilla, pero si es por aspersión con pivote central entonces podríamos emplear 15 kilos con suelos ligeros y bien rastreados (dos pasos cruzados de rastra). Si el suelo es arenoso se puede reducir la densidad de siembra hasta 20 kilos con riego rodado, pero si es arcilloso entonces debemos emplear como mínimo 25 kilos. Por lo anterior, la densidad de siembra dependerá del riego, suelo, preparación del terreno y época de siembra.

La fertilización es altamente recomendada en el establecimiento de la alfalfa. Se sugiere una dosis de 60-60-40 al momento de la siembra, con dosis frecuentes distribuidas en el año con 110-70-60 para maximizar el rendimiento de forraje de excelente calidad. Diversos autores no recomiendan la fertilización nitrogenada, pero de acuerdo con diversos análisis de suelo realizados en los Valles Altos de la Mesa Central de México, se recomiendan dosis de 60 a 120 kilos ya que los suelos son deficientes en nitrógeno.

2.1.3 Comportamiento productivo de la alfalfa a través del año

Cada variedad de alfalfa existente representa una combinación específica de caracteres genéticos, que fueron seleccionados en condiciones climáticas específicas y cuyo potencial productivo se expresa de manera diferente a través de localidades y estaciones del año (Salinas, 2005). Durante la primavera logra su máximo crecimiento; mantiene una alta tasa de producción de forraje durante el verano, siempre y cuando

se presenten temperaturas altas, y comienza a declinar hacia el otoño. El crecimiento de invierno está conferido a si una variedad presenta latencia invernal o no. Sin embargo, es durante el invierno en donde se observan las más bajas tasas de crecimiento (Squella, 2011).

Villegas *et al.* (2004) reporta la mayor acumulación de materia seca en primavera a la sexta semana de rebrote en cv. Valenciana (4.7 t MS ha^{-1}), asumiendo que esta estación del año la velocidad de rebrote es mayor, con más cantidad de tallos y una reducción en la relación hoja:tallo (Dorantes, 2000; Ayala *et al.*, 2006).

En un experimento realizado en Montecillo, Estado de México, por Rivas *et al.* (2003), citan que los mayores rendimientos de materia seca de alfalfa se obtienen en verano (9.5 t MS ha^{-1}), seguida por primavera (8.1 t MS ha^{-1}), y las estaciones con menores rendimientos fueron otoño ($6.7 \text{ t de MS ha}^{-1}$) e invierno (6.6 t MS ha^{-1}), con 31%, 26%, 22% y 21%, respectivamente del rendimiento anual acumulado ($30.9 \text{ t MS ha}^{-1}$). Los cortes se realizaron cada cuatro semanas en primavera y verano, cada cinco semanas en otoño, y cada 6 semanas en invierno, a una altura de 5–7 cm sobre la superficie del suelo.

Asimismo, Morales (2006) obtuvo el mayor rendimiento de materia seca promedio de 4.16 t ha^{-1} corte, en los meses más calurosos; por lo contrario el menor rendimiento lo observó en los meses más fríos; probablemente porque la respiración se redujo sensiblemente, y la planta formó sus compuestos orgánicos a un menor ritmo.

2.1.4 Rendimiento de hoja y relación hoja: tallo

Las hojas de la alfalfa aportan un importante porcentaje al rendimiento total de biomasa; cuando aumenta el rendimiento de hoja aumenta el área foliar, la captación de luz, la fotosíntesis, y por lo tanto la planta crece más rápido (Morales, *et al.*, 2006); sin embargo, al pasar el tiempo aumenta el rendimiento de tallo y disminuye la relación hoja:tallo, lo anterior se observa cuando las plantas van madurando y la senescencia de las hojas se hace presente, por otro lado, Portabella, *et al.* (1982), encontraron correlación de rendimiento de hojas, longitud del foliolo (0.3338), relación hoja:tallo (0.4852), con la producción de materia seca.

La temperatura, intensidad de la luz, fotoperiodo y nutrición de las plantas, son las condiciones ambientales más importantes que influyen en la aparición de las hojas y el tamaño que ellas logran (Squella, 2011). Las hojas de alfalfas el componente de la planta que presentan el mayor valor nutritivo y potencial de consumo en el momento del corte (10% floración o 5 cm de rebrote basal), por lo tanto la calidad puede ser mejorada con cultivares que presenten una mayor cantidad de hojas (Romero, *et al.*, 2007a).

Mendoza, *et al.*, (2010) estudiaron el efecto de interacción entre frecuencias de corte y estación del año, en la proporción de hojas, mencionando que conforme aumenta el intervalo de corte, la contribución del tallo al rendimiento de forraje es

mayor en todas las estaciones del año. Además independientemente de la estación del año, el mayor porcentaje de hoja se registró en los cortes a las 3 y 4 semanas; aunque la mayor cantidad de hojas se obtuvo en invierno con un valor promedio de 65% ($P < 0.05$).

Asimismo, Rojas (2011) obtuvo la mayor aportación de hojas al rendimiento en invierno con 59.2%, seguido de otoño con 57.9% de hoja, superando a las de primavera (47.9%) y verano (44.9%). De igual manera, Ayala *et al.* (2006) reportaron una mayor proporción de tallos en primavera y verano, y menor en otoño e invierno, señalando que pudo deberse al clima caluroso de verano que permite mayores tasas de crecimiento, por lo que el recambio de tejido es más acelerado con mayor caída de hojas. Las variedades Aragón, Valenciana y Cuf 101 presentaron una relación hoja:tallo de 1.3, y cv. Oaxaca fue de 1.1 (≤ 0.05). Independiente de la variedad, en otoño e invierno se presentó la mayor relación hoja:tallo (1.5), seguido del verano y primavera, con valores de 0.9 y 1.0.

En relación al momento de corte, Cadena (2009) menciona que la frecuencia entre cortes y época de cosecha influyen en la relación hoja:tallo reportando que el intervalo de corte a cuatro semanas en otoño-invierno fue menor que a siete semanas, contrario a lo encontrado a 6 vs 3 semanas para primavera-invierno ($P \leq 0.05$), concluyendo que la calidad forrajera está asociada a factores propios de la planta como factores externos (manejo, época del año, condiciones climatológicas, entre otros).

Cuando aumenta el intervalo entre cortes disminuye la calidad, al aumentar la cantidad de tallo, pero con un incremento en el rendimiento de forraje. Además que independientemente de la estación del año, no existen diferencias significativas ($P > 0.05$) entre frecuencias de corte de 6-4 semanas con respecto a frecuencias de corte de 5 para otoño-invierno y primavera-verano, respectivamente, para la variable relación hoja:tallo. Villegas *et al.* (2006) encontró efecto de interacción variedad x calendario de cortes en cada una de las estaciones del año y promedio anual, sobre la relación hoja:tallo.

2.1.5 Cortes

El rendimiento anual de materia seca de alfalfa está determinada en gran parte por el número de cortes que se realiza durante el año, además de la edad del cultivo; así, aquellos cultivos con mayor número de cortes anuales aumentan el rendimiento, sin embargo, disminuirán las reservas del rebrote y el cultivo se perderá rápidamente. Al respecto, Villegas, *et al.* (2006), indicaron que la frecuencia de corte en alfalfa, debe definirse estacionalmente, con base en la velocidad de crecimiento de la planta, para lograr los máximos rendimientos anuales de forraje y mantener su persistencia.

Con cortes frecuentes las reservas de la planta se agotan rápidamente, el cual se refleja en menor persistencia y menor rendimiento; pero además el efecto ambiental

determina ambos parámetros aunado con el efecto de corte (Rosado, 2011). Rivas, *et al.* (2005), con el objeto de estimar las curvas de crecimiento de alfalfa a través del año, encontraron que los mayores rendimientos fueron en el corte realizado en julio (3720 kg) y agosto (2910 kg), con relación a los demás cortes del año.

Por su parte, Mendoza, *et al.* (2010), encontraron que el rendimiento de forraje estacional y total varía además por efecto de la frecuencia de corte. La mayor producción de forraje anual acumulada se registró al cosechar cada 7 y 6 semanas, con rendimientos de 34,457 kg MS ha⁻¹ y presentó una distribución estacional de 31, 26, 23 y 20 % para verano, primavera, otoño e invierno, respectivamente; mientras que el menor rendimiento total acumulado (21,888 kg MS ha⁻¹) se obtuvo en las frecuencias de 3 y 4 semanas, con una distribución estacional de 31, 27, 22 y 20% para primavera, otoño, verano e invierno, respectivamente. El rendimiento anual de forraje fue 57% mayor cuando la alfalfa se cosechó a intervalos de corte de 6 y 7 semanas, en comparación a 4 y 3 semanas.

Datos similares reporta Villegas, *et al.* (2004), evaluando el rendimiento de las variedades Oaxaca y Valenciana, encontrando que la máxima producción de forrajes se obtiene a la cuarta y quinta semana de rebrote durante verano y otoño, respectivamente.

En primavera el momento óptimo de aprovechamiento cambió entre variedades, reportando que la variedad Valenciana debe cosecharse a la quinta semana de rebrote, mientras que la variedad Oaxaca a la sexta semana. Durante el invierno la variedad Oaxaca debe cosecharse a la sexta semana de rebrote y la variedad Valenciana a la octava semana.

La máxima acumulación de forraje en ambas variedades de alfalfa y estaciones del año, estuvo asociada con las mayores tasas de crecimiento e índice de área foliar.

Por su parte, Vázquez, *et al.* (2005), reportaron que la producción media de materia seca de 26 diferentes variedades tiene el valor mínimo en el primer corte (1491 kg ha⁻¹), ya que es el corte de establecimiento, y representa el 15.9% de la producción total anual, y el máximo en el tercer corte (2816 kg ha⁻¹) siendo un 30.1% de la producción total. En los cortes 2 y 4 las diferencias no son estadísticamente significativas ($P > 0,05$) y aportan el 27.2% y 26.7% de la producción total.

Por su lado Cadena (2009), reportó que el rendimiento anual acumulado de forraje estacional, varió por efecto del intervalo de corte. El mayor rendimiento acumulado de forraje ($P < 0,05$) se registró en el intervalo de 4 semanas en otoño-invierno y 6 semanas en primavera-verano, con 23,494 kg MS ha⁻¹. De estos resultados, se presentó el siguiente orden descendente: primavera 49% > verano 36% > invierno 8% > otoño 7%. El menor rendimiento anual acumulado de materia seca se registró en el intervalo de 7 y 3 semanas, durante otoño-invierno y primavera-verano, respectivamente, con 4,406 kg MS ha⁻¹, con el siguiente orden descendente: primavera 36% > verano 28% > otoño 21% > invierno 15%.

2.1.6 Variedades

Camacho y García (2003) evaluaron el rendimiento de forraje de cuatro variedades de alfalfa Cuf 101, San Miguelito, Moapa y Júpiter en asociación con trébol blanco y mezclas de festuca alta, pasto ovillo, ballico perenne, encontrando que la producción de materia seca por hectárea por corte fue similar entre variedades ($P > 0.05$), con valores para CUF101 5496.0, Júpiter 6068.6, Moapa 6027.0 y San Miguelito 5864.0 kg MS ha⁻¹ por corte.

De manera contraria, Manríquez *et al.* (2002) presentan resultados del rendimiento de forraje en variedades de alfalfa, encontrando diferencias para rendimiento de materia seca entre las variedades Sw14, Adelaide, CUF101, ro4214, Moapa 69 y Sw9301. Las variedades Moapa 69 y Sw14 fueron las más productivas con rendimientos por corte de 3986.3 y 3966.5 kg MS ha⁻¹ sin diferencias estadísticas, de lo contrario la variedad CUF101 y Ro4214 presentaron los rendimientos más bajos con 3285.3 y 3456.3 kg ha⁻¹.

Vázquez, *et al.* (2005), evaluaron diversas variedades de alfalfa en Salamanca, España, alistando en orden decreciente el rendimiento de las variedades en Bar MS 82439, Diamond, Ampurdan, Pascal, Alfamer, Nogara, Sprinter, Supreme 13R, y Al-tiva y las variedades menos productivas fueron Vernal y Baraka. La producción total anual promedio de las variedades fue 9370 kg ha⁻¹ oscilando entre el mínimo Vernal (8211 kg ha⁻¹) y el máximo en Bar MS 82439 (10109 kg ha⁻¹), pero sin diferencias estadísticas entre ellas ($P > 0.05$). Por su parte Soto *et al.* (2003) encontraron un efecto de interacción corte por variedades, reflejado en diferencias estadísticas entre variedades al primer corte, pero sin diferencias para los cortes 2 y 3.

Rojas (2011) evaluó la respuesta productiva de diez variedades de alfalfa: Aragón, Valenciana, Chipilo, Milenia, Oaxaca, San Miguelito, Júpiter, Atlixco, Vía Láctea y CUF 101, con intervalos de corte definidos estacionalmente, realizado de junio de 2010 a junio de 2011 en el Colegio de Postgraduados, Montecillos, Méx. Las variedades Júpiter y Milenia fueron las más productivas con 20,275 y 20,644 kg MS ha⁻¹ año⁻¹, en contraste, las variedades CUF 101 y Aragón presentaron los menores rendimientos anuales con 13,350 y 14,488 kg MS ha⁻¹, respectivamente. Independiente de la variedad, el mayor rendimiento estacional de forraje se observó en verano (36%), seguido de primavera (27%), otoño (24%) e invierno (13%) ($P < 0.05$), con un rendimiento promedio anual de 17,313 kg MS ha⁻¹.

2.2 Maíz

El maíz es el mayor cultivo de grano producido a nivel mundial con 260.7 millones de hectáreas, es la base de la alimentación en México y Latinoamérica, y es un recurso energético en los sistemas de producción pecuaria, que lo hace un cultivo de suma importancia para la generación y conservación de recursos genéticos (Núñez *et al.*,

2006). Originario de México, la variabilidad genética del maíz es demasiado amplia, presenta adaptaciones de 0 a 2900 msnm, desde climas tropicales húmedos a semi-desérticos, suelos arenosos y francos, soporta bajas temperaturas y granizo, y su uso es muy diverso.

Los caracteres morfológicos del maíz varían de acuerdo con la raza, para altura de planta se puede encontrar que el maíz Tuxpeño mide 2.7 m, el Chalqueño 2.3 m, y el Cónico 1.7 m de altura; el número de hojas es diverso, siendo en Tehua con 20.5 hojas, Tabloncillo tiene 14.6, y Zapalote chico 12.8 hojas; el color del grano puede ser chocolate para Chapalote, amarillo para Arrocillo o blancos para Olotón; la forma, tamaño de la mazorca y grano también pueden ser diferentes (pequeños, alargados, anchos, etc.) (Wellhausen *et al.*, 1951).

Dicha variación en el maíz está determinada principalmente por la capacidad de adaptación que muestra a los distintos lugares donde se distribuye su cultivo. Elizondo, *et al.* (2011), menciona que las razas nativas tienen buena adaptabilidad a condiciones climatológicas variables, y presentan alto rendimiento en grano.

En la actualidad se han establecido dos sistemas de producción de semilla de variedades mejoradas de maíz; el no convencional que abastece a la mayoría de los agricultores y el convencional de semillas que es parte de los germoplasmas nativos. Actualmente se cuenta con bases genéticas de maíz que permiten altos rendimientos en grano, produciendo a nivel mundial 872'066,770 ton en grano (FAO, 2014).

México produjo en 2014 alrededor de 23'273,257 ton en grano en una superficie de 7.427 millones ha, con poblaciones nativas, sintéticos e híbridos de maíz finamente caracterizadas. La superficie sembrada de maíz forrajero en 2014 fue en 577,815 ha con un rendimiento total de 13,771,232 ton forraje fresco (SIAP-SAGARPA, 2014). Sin embargo, para el uso de maíz como forraje no se tiene conocimiento de fuentes de los recursos genéticos que permitan asegurar producciones de forraje con una calidad nutritiva requerida por el ganado.

3. FUENTES GENÉTICAS DE GRUPOS RACIALES NATIVOS EN MÉXICO

En América Latina se han caracterizado cerca de 220 razas de maíz (Goodman y Robert, 1977), de las cuales 64 (29%) se han identificado y descrito en México, 59 se consideran nativas y cinco han sido descritas inicialmente en América del Sur. Anderson (1946) y Wellhausen *et al.* (1951) reportan que en México se han identificado razas como Cubano amarillo, y cuatro razas de Guatemala Nal-Tel de altura, Serrano, Negro de Chimaltenango y Quicheno, que se encuentran en otros países, pero probablemente es consecuencia del intercambio genético o migración desde tiempos pre-colombinos.

Las razas de maíz de México se han agrupado con base en caracteres morfológicos, de adaptación y agronómicos. Originalmente, Wellhausen, *et al.* (1951), clasificaron

las razas de maíz por caracteres morfológicos en cuatro grupos: A) Indígenas antiguos: Chapalote, B) Exóticas pre-colombinas: Olotón, C) Mestizas prehistóricas: Reventador, Comiteco, Zapalote grande, Tuxpeño, Vandeano, y D) Modernas incipientes: Celaya (Cuadro 1). Betanzos y Bata (2009) indican que además de la caracterización de dichas razas a ciertas regiones climatológicas (tropicales, templadas, etc.), existen diversas fuentes genéticas adaptables a las condiciones eco-geográficas de los Valles Centrales de México.

En México se mencionan principalmente dos variedades de maíz: blanco y amarillo o forrajero. El blanco se produce exclusivamente para consumo humano, en virtud de su alto contenido nutricional; en tanto que el maíz amarillo se destina al procesamiento industrial y en la alimentación animal (Núñez, 2006).

Las razas se nombran a partir de distintas características fenotípicas (Cónico, por la forma de la mazorca), tipo de grano (Reventador, por la capacidad del grano para explotar y producir palomitas), por el lugar o región donde inicialmente fueron colectadas o son relevantes (Tuxpeño de Tuxpan, Veracruz; Chalqueño, típico del Valle de Chalco) o por el nombre con que son conocidas por los grupos indígenas o mestizos que las cultivan (Zapalote Chico en el Istmo de Oaxaca o Apachito en la Sierra Tarahumara) (Wellhausen, *et al.*, 1951).

La elección de cualquier híbrido, sintético o población nativa con potencial forrajero dependerá del rendimiento de forraje (kg de materia fresca y/o seca hectárea⁻¹), aunque influirán diferentes factores como época de siembra, duración del ciclo productivo, cosecha, tipo de suelo, plagas y enfermedades, así como la disponibilidad de agua y fertilización. De manera indirecta, se han incrementado los componentes de rendimiento como altura de planta y mazorca, número y peso de hojas, peso de mazorca, peso de tallo, peso de grano, resistencia al acame de tallo y raíz, y reducción de pudrición en mazorca, porque un incremento en éstos componentes se encuentra asociado con aumentos en rendimiento, el cual no depende fundamentalmente de efectos aditivos sino también de la interacción génica y efectos epigénicos (Núñez, *et al.*, 2005).

Aldrich y Leng (1965), recomiendan densidades poblacionales de maíz en campo de 60 a 120 mil plantas ha⁻¹, óptimas para ensilaje, lo que se consigue al sembrar de 25 a 40 kg de semilla, para obtener rendimientos de 50 a 80 ton de forraje verde ha⁻¹ (incluyendo, peso de hoja, tallo y mazorca).

Peña, *et al.* (2002), mencionan que otro factor determinante en el rendimiento es la densidad de plantas, aunque no encontraron diferencias en rendimiento de forraje seco y calidad nutritiva bajo densidades de siembra de 75 a 80 mil plantas ha⁻¹.

Núñez (2006), reporta que el rendimiento está influenciado en parte por la localidad y altitud, tal fue el caso del estudio realizado en Pabellón, Ags, México, donde las plantas establecidas a una menor altitud adelantaron su ciclo productivo 23 días y por consiguiente la acumulación de materia seca fue mayor, 30 kg ha⁻¹ d⁻¹.

La interacción densidad-fertilización provoca diferencias significativas en tallo al aumentar la población a 100,000 plantas ha^{-1} , lo que aumenta el rendimiento pero a medida en que sigue aumentado la población el rendimiento disminuye (Sada, 1972). Hubbard (1961; citado por Blanco, 2004) encontró que a densidades mayores de 100,000 plantas ha^{-1} , los tallos tienen poco engrosamiento debido a la competencia de las mismas plantas por luz solar y nutrientes.

La merma de la calidad de las hojas y tallos en estadios avanzados de la planta se compensa con una mejora en la calidad de la mazorca, aunque el contenido de grano puede variar significativamente por diferencias genéticas (Romero y Soledad, 2004).

3.1 Calidad del maíz forrajero

El valor nutricional del maíz forrajero debe estar dirigido a la digestibilidad y proteína de la planta entera (Dhillon, *et al.*, 1990; Barriere *et al.*, 1992). La calidad del forraje y composición de la planta varía de acuerdo con la raza, ciclo reproductivo, manejo agronómico y relación de componentes morfológicos (hoja, tallo y mazorca), bajo el cual se esté trabajando, además de las condiciones ambientales. Tuxpeño y Celaya son razas que se consideran de ciclo vegetativo largo (>143 d a madurez fisiológica), estos genotipos tardíos por lo general tienen mayor rendimiento de materia seca y en algunos casos baja relación grano-follaje. En consecuencia tienden a producir mayor contenido de fibra y menor digestibilidad respecto a otras razas como Cónico y Chalqueño que se caracterizan por ser de tipo precoz (Coors, *et al.*, 1997).

Según Peña, *et al.* (2002), las variedades precoces poseen germoplasma con moderada susceptibilidad al acame; lo cual indica que la lignificación del tallo es menor y por consiguiente más digestible. Además reportan que las variedades precoces tienen menor producción de biomasa en materia fresca y seca, pero muestran mayor eficacia productiva y los valores estimados de rendimiento lechero son similares a los de variedades sobresalientes de tipo tardío que tienen mayor acumulación de biomasa, asumiendo a una mayor calidad nutritiva ya que las variedades precoces tienen menores contenidos de fibra y mayor digestibilidad.

El manejo agronómico es crucial para la determinación de calidad y un factor importante es la fecha y altura de corte. Estudios realizados por Romero y Soledad (2004) en la Estación Experimental Agrícola en Rafaela, Argentina, determinaron que por cada centímetro de aumento en la altura de corte por encima de 15 cm del suelo, se pierden 130 kg de MS ha^{-1} , pero se incrementa la calidad.

3.2 Avena

3.2.1 Cultivo de avena (*avena sativa*)

En la producción de cereales, la avena es uno de los más importantes del mundo, ocupando el cuarto lugar en producción de grano, después del trigo, el arroz y el maíz.

Este cereal tiene múltiples aplicaciones, ya sea en la alimentación humana o, principalmente, en la alimentación animal, para la cual se utiliza tanto el grano como el follaje, ya sea en fresco, henificado o en pastoreo (Robles, 1989).

La avena es una planta que puede adaptarse a una gran variedad de climas semi-cálidos y fríos, puesto que se cultiva desde una altitud de 0 a 3000 m sobre el nivel del mar. En general, se siembra en regiones de clima frío seco o frío húmedo, pero en regiones donde las bajas temperaturas son un factor limitante, pueden emplearse variedades propias de invierno que muestran mayor resistencia al frío, como son las variedades Chihuahua, Turquesa, Obsidiana, Avemex, Karma, entre otras (Robles, 1989).

3.2.2 Requerimientos edafoclimáticos

Es considerada una planta de estación fría, localizándose las mayores áreas de producción en los climas templados más fríos, aunque posee una resistencia al frío menor que la cebada y el trigo. Es una planta muy sensible a las altas temperaturas sobre todo durante la floración y la formación del grano. La avena es muy exigente en agua por tener un coeficiente de transpiración elevado, superior incluso a la cebada, aunque le puede perjudicar un exceso de humedad.

Las necesidades hídricas de la avena son las más elevadas de todos los cereales de invierno, por ello se adapta mejor a los climas frescos y húmedos, de las zonas nórdicas y marítimas. Así, la avena exige primaveras muy abundantes de agua, y cuando estas condiciones climatológicas se dan, se obtienen buenas producciones. Es muy sensible a la sequía, especialmente en el periodo de formación del grano.

Es una planta rústica, poco exigente en suelo, pues se adapta a terrenos muy diversos. Prefiere los suelos profundos y arcillo-arenosos, ricos en cal pero sin exceso y que retengan humedad, pero sin que quede el agua estancada. La avena está más adaptada que los demás cereales a los suelos ácidos, cuyo pH esté comprendido entre 5 y 7, por tanto suele sembrarse en tierras recién roturadas ricas en materias orgánicas

3.2.3 Preparación del suelo

Se recomienda hacer un barbecho profundo para voltear la capa arable y aflojar el suelo. Realizar uno o dos pasos de rastra según el tipo de suelo, incluir un ejemplo. Nivelar el terreno para aprovechar mejor la lluvia, facilitar el riego y distribuir más uniformemente la semilla: esto evita los encharcamientos y por lo tanto la pérdida de plántulas (Robles, 1989).

3.2.4 Densidad de siembra

Robles (1989), menciona que la población óptima por unidad de superficie, estará con cada región agrícola, con sus condiciones ecológicas y edáficas y también la variedad,

para producir el máximo de rendimiento. La cantidad de semilla que se recomienda utilizar es de 70 a 120 kg ha⁻¹.

3.2.5 Actividades culturales para mantenimiento y cosecha

La fertilización es importante en la siembra. En general se recomienda un análisis químico anual del suelo para saber cuánto fertilizante utilizar; sin embargo como dosis se aplica de 80-120 kg N, y 65-80 kgP₂O₅, en una sola aplicación al momento de la siembra.

Es frecuente la invasión de malezas en el cultivo, y se recomienda la aplicación de diversos herbicidas para el control de malezas de hoja ancha, donde el ingrediente activo puede ser 2,4-D amina + picloram, Dicamba, Atrazina, entre otros.

La cosecha de avena se realiza a los 110-125 días después de la siembra, dependiendo de la variedad; y se recomienda cosecharlo cuando el grano presente un estado lechoso-masa. En asociación con ballico anual, se sugiere cosechar a los 100 días.

En relación al rendimiento de forraje, los resultados experimentales nos indican que se pueden obtener rendimientos de 17 a 35 ton de forraje fresco por hectárea, esto es de 2.3 a 7.9 ton ha⁻¹ de forraje fresco, con un número de 115 a 290 pacas por hectárea. Las variedades más comunes son: Chihuahua, Turquesa, Obsidiana, Avemex, Karma y Chapingo, entre otras.

3.3 Veza común

3.3.1 Cultivo de la veza común (*Vicia villosa*)

Hughes *et al.* (1985) refiere que existen unas 150 especies del género *Vicia*, ampliamente distribuidas por todo el mundo. En general, se les da el nombre de vezas. Unas 25 de ellas son nativas de Estados Unidos de América. Las especies de tipo comercial son todas nativas de Europa y de los territorios asiáticos adyacentes, abundando preferentemente en la cuenca del mediterráneo. Las dos especies más empleadas como forraje son *Vicia sativa* y *V. villosa*. En México, según reportes del SIAP-SAGARPA en mayo de 2008, se sembraron en 2006 una superficie de 8,676.5 ha de ebo, de las cuales se establecieron en el Estado de México 904 ha.

3.3.2 Requerimientos edafoclimáticos

Resiste las temperaturas inferiores a los cero grados centígrados, y solo sufre daños durante el invierno, cuando el suelo se hiela intensamente. Existen variedades comerciales para la producción de semilla, que pueden resistir hasta los 12°C bajo cero.

La *Veza común* aunque se adapta a suelos desde los arenosos hasta algunos más pesados, el suelo donde su adaptación es mejor es en los suelos de tipo migajosos, con excelentes propiedades de drenaje.

3.3.3 Densidad de siembra

El cultivo de los distintos tipos de veza difiere principalmente en la densidad de siembra.

Clase	Kg semilla / ha
Veza común	45-57
Veza peluda	23-34
Veza púrpura	23-34
Veza lampiña	28-40

La interacción que existe entre densidad de siembra y número de cortes es importante, ya que al proporcionar un buen manejo de cortes a una buena densidad de siembra, permite obtener buenos rendimientos de forraje (Sánchez, 1990). Rincón, (1991). El comportamiento del rendimiento de materia seca de veza común tiende a incrementarse conforme se aumenta la densidad de siembra, llegando a un máximo en la densidad de 75 Kg de Semilla Pura Germinable por hectárea, para posteriormente descender.

Las mejores plantas tutores para la veza común son la cebada (*Odeum vulgare*), y avena (*Avena sativa*), y en algunos casos se emplea centeno (*Secale cereale*). De los tres cereales, la avena es la que tiene mayor sensibilidad a temperaturas bajas (Gómez, 1974). El establecimiento de veza con maíz, favorece el porte de la primera y la producción de forraje, aunque Uribe y Rodríguez (1995) mencionan que puede deberse a cuestiones ambientales y no a la asociación.

Rendimiento forrajero

El rendimiento de veza común en monocultivo es alrededor de 8.1 ton de forraje fresco por hectárea, alrededor de 1.3 ton MS/ha, lo que se considera muy bajo. Sin embargo en asociaciones con avena, triticale o ballico, los rendimientos suelen alcanzar hasta 52 ton forraje fresco por hectárea de la asociación; por lo que se sugiere asociarlo con alguna gramínea en lugar de sembrarlo en monocultivo. El momento de cosecha es variable, pero va de 110 a 125 días, dependiendo de la época, clima y suelo.

3.4 Ballico o Ryegrass

3.4.1 Descripción de la especie *Lolium perenne* (ballico, ryegrass)

El ballico perenne (*Lolium perenne* L.), también llamado ballico inglés, es una gramínea amacollada perenne de clima templado, nativo de Europa, Asia templada y el norte de África. Está ampliamente distribuido a través del mundo, incluyendo Norte y Sur de América, Europa, Nueva Zelanda y Australia. Las características de esta especie son: alto potencial de producción, rápido establecimiento, adaptabilidad a la labranza mínima y adaptabilidad a suelos pesados con poco drenaje (Hannaway, *et al.*, 1999).

Es importante como forraje en los sistemas ganaderos, debido a que posee alta palatabilidad y su digestibilidad es ideal para el pastoreo ya que, por su rapidez de rebrote y disposición de las hojas, presenta resistencia al pisoteo de los animales (Fenneman, 2008). Es un pasto que se adapta fácilmente a diferentes tipos de suelo que posean buen drenaje y humedad, el óptimo es el de textura media franco con pH ligeramente ácido, aunque puede adaptarse a suelos arcillosos fuertemente alcalinos. Es exigente en fertilidad nitrogenada sobre todo en terrenos ácidos (Muslera y Ratera, 1991).

Su hábito de crecimiento es variable, según las variedades y forma de aprovechamiento, aunque puede tener un crecimiento erecto, forma un césped muy denso cuando es sometido a pastoreo (Hannaway, *et al.*, 1999). En México tiene una gran distribución, ya que se encuentra presente en los estados de Aguascalientes, Baja California, Chihuahua, Coahuila, Distrito Federal, Durango, Guanajuato, Jalisco, México, Puebla, Querétaro, Nuevo León, San Luis Potosí y Sonora, con una superficie sembrada en 2011 de 17,605 ha y un rendimiento de forraje verde en 43 ton ha⁻¹ (SIAP-SAGARPA, enero 2013).

En México, el ballico perenne se adapta a regiones templadas con temperatura media anual de 10 a 18 °C, y donde la temperatura del mes más caluroso no supera los 30 °C (Núñez, *et al.*, 1995). Para una buena producción, requiere suelos con fertilidad media a elevada, crece relativamente bien en suelos de baja fertilidad, pero para que forme una cubierta vegetal satisfactoria en tales suelos, es necesaria una siembra densa, riego constante, y no suelos inundables. No resiste el agua estancada, no son gramíneas para tierras secas y no se adaptan a condiciones climatológicas extremas (Duthil, 1990).

Devesh (2005) menciona que el ballico perenne es altamente utilizado para el pastoreo, aunque por condiciones climatológicas de México con un periodo de sequía hasta en ocho meses, se requiere el uso de riego por aspersión con intervalos cortos de riego (17d). De la misma manera, el uso es limitado debido a que su persistencia es menor en comparación con otras especies de pastos, y requiere un manejo intensivo para su máxima productividad.

3.4.2 Requerimientos edafoclimáticos (suelo-clima) del ballico perenne Principales plagas y enfermedades

En la región de Valles Altos Centrales de México se han identificado varios insectos plaga, pero son de menor impacto en el rendimiento y persistencia de una pradera de ballico perenne; sin embargo, el gusano soldado (*Spodoptera exigua*) puede causar problemas ligeros al cultivo. Esta plaga por lo general se presenta cuando las lluvias se establecen muy temprano y después un periodo de temperaturas altas con sequía, con un hábito nocturno de defoliación (Ramos, *et al.*, 2000).

El control de dicha plaga, y de algunos gusanos trozadores y defoliadores como el gusano soldado, es la aplicación de *Malathion* o *Monocrofos* (*Dietil [dimetoxifosfinitio]*)

succionato), a razón de 837 – 1255 g en 200 L de agua por hectárea, aplicados con aspersor manual o de tractor, preferentemente por la mañana. Es importante evitar el acceso de los animales en los potreros que se asperjaron 10 días posteriores a su aplicación con el objeto de que el insecticida no cause problemas de intoxicación a los animales.

La temperatura ambiente y de la disponibilidad de humedad del suelo son dos de los principales factores que determinan la producción y la morfología de las especies forrajeras templadas (Rawnsley, *et al.*, 2010). El *ballico perenne* está adaptado a periodos calientes que se presentan en climas fríos y húmedos. En las áreas templadas de México, el mejor crecimiento del ballico perenne es en primavera y verano; sin embargo, el ballico perenne es sensitivo a temperaturas extremas y sequías (Núñez, *et al.*, 1991).

La temperatura ambiental afecta y estimula el crecimiento del ballico perenne, se adapta bien a regiones de climas fríos, con inviernos no muy severos, con un rango de temperatura óptima para su crecimiento de 18 a 25 °C. Su crecimiento se estabiliza a partir de los 25 °C y se detiene a los 35 °C. El ballico perenne es más sensible a temperaturas elevadas y estrés hídrico en comparación con ballico anual. La producción se ve afectada cuando la temperatura supera los 31 °C y en la noche excede los 25 °C (Muslera y Ratera, 1991).

Hannaway, *et al.* (1999), describen que el mayor crecimiento del ballico perenne ocurre entre 20 a 25 °C, pero también pueden continuar creciendo a temperaturas ligeramente inferiores de 10 °C. Se desarrolla de manera excelente en suelos fértiles con buen drenaje, aunque tiene un amplio rango de adaptabilidad de suelos bien drenados hasta suelos con pobre drenaje; y toleran periodos largos de inundación (15 a 25 días) con temperaturas menores de 27 °C. Se adapta a suelos ácidos y alcalinos con pH de 5.1 a 8.4, pero su mejor desarrollo se presenta cuando el pH del suelo es de 5.5 a 7.5.

Ruiz, *et al.* (2007), reporta que el ballico perenne puede emplearse como cobertera en suelos salinos, degradados, o invadidos con otros pastos como el kikuyo, también citado por Ordoñez y Bojórquez (2004). El ballico responde rápidamente a las aplicaciones de fertilizantes nitrogenados, sobre todo en otoño (Duthil, 1990).

La principal enfermedad de hojas y tallos del ballico perenne es la “roya de la corona” causada por el hongo *Puccinia coronata*, que produce una reducción notable en la cantidad y calidad del forraje del pasto. Las royas son las de mayor distribución e importancia a nivel mundial. Se conocen tres tipos de roya (*Puccinia spp.*), la roya del tallo o roya negra, la roya lineal o amarilla y la roya de la hoja conocida también como roya café (Rodríguez, 2004).

Las royas del tallo y la corona, son las enfermedades más ampliamente conocidas y destructivas del ballico perenne. Pueden infectar cualquier parte de la planta que se encuentre sobre la superficie del suelo, desde la etapa de plántula hasta la madurez

(Lara, 2006). El daño fisiológico que provoca la roya de la hoja en la planta es durante el desarrollo y crecimiento, llegando a ocasionar su muerte, ya que reduce el área fotosintética y causa pérdidas de agua y nutrientes (Rodríguez, 2004).

La roya ataca al ballico principalmente en los meses de máxima humedad, o cuando hay estancamientos de agua de riego. Existen variedades de ballico perenne resistentes a la roya de la corona como Florida, Tetraploide, Barlatra y Tetralite Americano. La presencia de la roya puede ser identificada fácilmente, ya que es un polvo amarillento que cubre el follaje de las plantas afectadas por esta enfermedad (Espinoza *et al.*, 2000).

Se ha demostrado que ataques de la roya de la corona provocan una reducción en el contenido de los carbohidratos solubles durante el otoño y una reducción importante del rendimiento de la materia verde. En términos de producción de leche y/o carne, se han evidenciado pérdidas importantes y disminución del consumo debido al rechazo por parte de los animales (Ruiz, 2005).

Usos

El ballico perenne se usa como forraje de corte en verde, pradera, henificado, y ensilado, por su hábito de crecimiento con vigoroso amacollamiento y rápida producción de hoja, su recuperación es rápida en condiciones de cosecha mecánica y pastoreo (Galicia y Prado, 2008). De acuerdo con Donaghy y Fulkerson (2001), el manejo adecuado del pastoreo permite producir grandes cantidades de forraje de alta calidad aprovechable para los animales y que pueda persistir por más tiempo.

El ballico perenne, suele sembrarse solo o en combinación con otras gramíneas como la avena, triticale o cebada; ó leguminosas como el trébol alejandrino/blanco/rojo, ebo o veza, alfalfa, ó lotus, para mejorar la producción de la pradera o incrementar el valor nutritivo de los forrajes (Espinoza *et al.*, 2000). El ballico perenne es ampliamente usado como un césped con numerosos cultivares desarrollados específicamente como cobertura del suelo para los campos de golf, jardines y campos deportivos (Cheplick, 1998; Cunningham *et al.*, 1994; Fermanian, 1996; citados por Dhavale, 2012). Además se puede adquirir otros usos como lo mencionan Hannaway, *et al.* (1999), que en China por el alto contenido de proteína también es utilizado para la alimentación de carpas, el cual es cosechado a mano.

3.4.3 Rendimiento de forraje a través del año de ballico perenne

Es importante conocer la producción de biomasa total y su distribución durante el año para planear adecuadamente las necesidades de alimento suplementario que se debe ofrecer a los animales, o en época de abundante forraje conservarlo de acuerdo con los usos que se le puede dar al ballico perenne. La variación en el rendimiento está estrechamente influenciada de acuerdo con los factores ambientales de la zona, las

características de potencial productivo de la planta y el manejo agronómico a que se exponga el forraje en el periodo de producción.

Varios autores del mundo y México han realizado estudios de la influencia productiva que el ballico perenne presenta durante el año, empezando con Mendoza (1992) quien describe que los forrajes presentan cambios temporales en producción, entre estaciones o entre años. La estación del año hace que el balance entre la tasa de crecimiento y pérdida de tejido de una pradera varié, es por ello, que el conocimiento de los cambios estacionales en la curva de crecimiento, permite determinar la frecuencia de defoliación a la que deben ser cosechados las especies forrajeras de interés, y así, obtener altos rendimientos y forrajes de buena calidad (Zaragoza, *et al.*, 2009).

3.4.4 Rendimiento de forraje de ballico perenne por época del año

La producción de biomasa del pasto *ballico perenne* aumenta significativamente en la época de mayor radiación solar y se mantiene relativamente constante el resto del año (Villalobos, *et al.*, 2010). Apoyando lo anterior en un estudio de rendimiento de *Lolium perenne* en respuesta a la frecuencia de corte realizada por Velasco *et al.* (2005) publicaron que el rendimiento de forraje en verano y primavera representó el 46 y 25% de la producción anual, mientras que en otoño e invierno apenas el 16 y 13%, respectivamente.

Resultados similares fueron encontrados por Garduño (2006) al evaluar la dinámica de crecimiento de ballico perenne a diferentes frecuencias e intensidad de pastoreo, realizado en Epitacio Huerta, Michoacán. Los tratamientos consistieron en tres intensidades de pastoreo alta (4-6 cm), media (6-8 cm) y ligera (8-10 cm) y dos frecuencias de pastoreo (14 y 21 días en época de lluvias y 35 y 42 días en las épocas fría y seca). El autor reportó que durante las lluvias se produjo 66% de la materia seca (3 950 kg MS ha⁻¹ corte⁻¹) del forraje total, mientras que en las épocas fría y seca fue 6 y 28% (360 y 1 668 kg MS ha⁻¹, respectivamente).

Los autores concluyen que la época más crítica de producción de forraje en ballico perenne fue la de invierno. Reafirmando el estudio anterior, Velasco, *et al.*, (2005) señala que el rendimiento de materia seca en verano y otoño fue 11 y 13 % mayor que en invierno y primavera, respectivamente. Lo anterior indica que los genotipos de *L. perenne* presentan una mayor producción de forraje durante el verano, seguido de primavera, otoño e invierno.

3.4.5 Rendimiento de forraje de ballico perenne por variedad

Las variedades que se han formado del género *Lolium* se han evaluado, adaptado y seleccionado para cada una de las regiones agroecológicas del mundo, con el objetivo de tener alternativas en la producción de forrajes. Es imprescindible mencionar que hay variedades mejoradas de acuerdo con la zona de estudio, algunos han realizado experimentos como es el caso de Chapa (1995) donde reporta en promedio al primer

corte para las siguientes variedades: Barlatra 13.6 ton MV ha⁻¹, Barvestra 18.6, Tetralife 17.4 y para el segundo corte Barlatra 14.3, Barvestra 17.6, y Tetralife 10.25. Pérez *et al.*, (1997) en la evaluación de rendimiento de materia seca de variedades de *Lolium perenne* con tres presiones de pastoreo, obtuvieron que la variedad Barlatra presentó el mayor rendimiento de materia seca promedio (3 221 kg ha⁻¹), seguida por Cropper (2 040 kg ha⁻¹) y Talbot (1 951 kg ha⁻¹).

3.4.6 Rendimiento de forraje de ballico perenne por corte

Zaragoza (2000) evaluó la dinámica de crecimiento y acumulación de forraje del ballico var. Tetraploide Americano a diferentes frecuencias de corte en Montecillos, Texcoco, Edo de México. Los rendimientos de materia seca total de ballico fueron de 3 474, 2 730, y 2 612 kg MS ha⁻¹, en las frecuencias de corte cada 28, 42 y 14 días, respectivamente, concluyendo que al aumentar la frecuencia de defoliación a 4 semanas se obtienen los mayores rendimientos de forraje, pero se disminuye la altura de la planta, resultados similares a lo reportado por Velasco, *et al.*, (2005).

Dichos autores citan que en verano y primavera, al cortar cada 6 semanas las plantas dispusieron de mejores condiciones para su crecimiento y alcanzaron alturas significativamente diferentes al resto de las frecuencias de corte. La mayor altura (14.4 cm) se registro en verano y la menor (7.3 cm) en invierno. Por su parte, Chapa (1995) obtuvo alturas promedio a los 30, 60 y 90 días, respectivamente, por variedad en: Barlatra 15.5, 34.1, y 49.7 cm; Barvestra 17.9, 42.2, y 63.4; Tetralife 17.0, 40.8, y 45.9 cm.

Así también, un estudio realizado por Pérez (2001), sobre la respuesta productiva y dinámica de rebrote del *ballico perenne var. Tetraploide americano*, realizada en invernadero en Montecillo, Texcoco, Edo de México, se evaluaron 6 alturas de corte (3, 6, 9, 12, 15 cm de altura de corte y un testigo sin corte) con 3 repeticiones en condiciones de invernadero. Todas las macetas se cortaron 2 veces por semana a la altura respectiva de tratamiento. Sus resultados indican, de acuerdo con el análisis de varianza, que existen diferencias significativas ($p < 0.05$) entre tratamientos, en el peso de la hoja, tallo, material muerto y peso total en todas las fechas de corte durante el experimento, y que es debido a una gran variabilidad genética entre plantas.

BIBLIOGRAFÍA

- Alarcón, Z.B. and E.C. Brummer. 2007. A candidate gene-marker approach to improve winter hardiness in alfalfa germplasm. *Archivos Lat. de Prod. Animal.* 15(2): 70-75p.
- Aizpuru, I., Aseginolaza C., Uribe-Echebarría, P. M., Urrutia, P., Zorrakin, I. 1999. Claves ilustradas de la flora del país Vasco y territorios limítrofes. Servicio central de publicaciones del gobierno Vasco, Victoria, España.

- Almanza, P. M. I. 2000. Estudio comparativo de diversidad genética en trigos harineros de primavera (*Triticum aestivum* L.) utilizando coeficientes de parentesco y marcadores moleculares. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México. 86 p.
- Bartels, J.M. 1996. Cool season forage grasses. Agronomy technical book, No. 34. Madison, Wisconsin, U.S.A. 12-64 p.
- Bolaños, A.E.D., Gonzalez H y J. Perez P. 1995. Intensidad de pastoreo, rendimientos de crecimiento de ballico perenne. Rev. Fitotec. Mex. 18: 35-42.
- Castro, R. R. 2009. Patrón de rebrote y comportamiento productivo de la asociación de pasto ovilla (*Dactylis glomerata* L.), ballico perenne (*Lolium perenne* L.) y trébol blanco (*Trifolium repens* L.). Tesis de Doctor en Ciencias. Colegio de postgraduados Montecillo. Texcoco. Edo. de México. 121p.
- Cachón, A. L. E., H. Nery G. y H. E. Cuanalo de la C., 1976. Los suelos del área de influencia de Chapingo. Colegio de Postgraduados. ENA. Chapingo, México. 79 p.
- Chapa, R. N., 1995. Estudio comparativo sobre tres variedades de ray grass perenne en la zona de Navidad, municipio de Galeana. N.L. Tesis Ingeniero Agrónomo Zootecnista. Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Agronomía. 54 p.
- Colf, V. D. 2008. Potencial de producción de kikuyo (*Penisetum clandestinum*) sobre pastos sembrados con rye grass (*Lolium spp*). Tesis maestría (Agric). 89 p.
- Costa, M. Battista J. P. y Seró. C. 2004. Verdeos de Invierno - Raigras Anual. INTA. Balcarce. Argentina. Daly, M. J., Hunter, R. M., Green, G. N., Hunt, L. 1996. "A comparison of multi-species pasture with ryegrass-white clover pastures under dry land conditions". Proceeding New Zealand Grassland Association. 58: 53-58.
- Delgado, E. I. 1983. El ryegrass Westerwolds y ryegrass italiano CRIDA-03, INIA. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. No. 9/83. Zaragoza, España. 17 p.
- Delgado, E. I. 1985. El raygrass westerwold. Folleto de divulgación. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Número 9/83 HD. Zaragoza, España. 15p.
- Devesh, S. 2005. Cool season annual and perennial grass forages for California a new perspective. In: Proceedings, California Alfalfa and Forage Symposium, 12-14.
- Dhavale, T. 2012. "Reprogramming fructan biosynthesis in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) and establishing novel symbiota with neotyphodium fungal endophytes". Of Doctor of Philosophy Department of Botany University Bundoorra, Victoria 3086 Australia 203 p.
- Diaz, M., V. Echenique, G. Schrauf, S. Cardone, P. Polci, E. Lutz y G. Spangenberg. 2004. Biotecnología y mejoramiento genético de especies forrajeras. INTA, Argentina. RIA, 33 (3): 77-104 p.

- Díaz, N; Díaz, M. D.; Piñeiro, J., 1999. Variación mensual de la digestibilidad y del contenido en fibra de las especies componentes de una pradera pastos, XXIX (2), 189 – 200p.
- Donaghy D., Fulkerson B. 2001. *Principles for developing an effective grazing management system for ryegrass-based pastures*. Tasmanian Institute of Agricultural Research, Burnie, Tasmania. 10 p.
- Dorantes J., J. 1997. Evaluación de la inclusión de diferentes leguminosas en la asociación avena-ballico bajo pastoreo en invierno en Chapingo, México. Tesis Profesional. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 73 p.
- Do Valle, B. C. 2001. Genetic resources for tropical areas: achievements and perspectives. In: ProC. XIX Int. Grassl. Congress. Braz. Soc. Anim. Husb. Sao Pedro. Sao Paulo- Brazil. pp: 477-482.
- Duthil, J. 1989. Producción de forrajes. 4 edición. Ediciones Mundiprensa. España. 443 p
- Duthil, J. 1990. Producción de forraje. 5° edición, Editorial mundi-prensa. Madrid. Pág.31-33.
- Espinoza C. J. M; Ramos. G. J. L. Robles E. F. J. 2000. Características descriptivas del ballico anual y perenne en las zonas templadas de Mexico. INIFAP Folleto técnico núm. 16.
- Fenneman, J. 2008. Invasive species in garry oak and associated ecosystems in british Columbia”. <http://www.goert.ca/documents/L.peren> consultado 22 de enero de 2013.
- Flores, M. J. 1983. Bromatología Animal. 3ª Edición. Ed. Limusa. México D.F. 1096 p.
- Galicia, J. M y Prado, D. C 2008. Evaluación de rendimiento y componentes morfológicos de genotipos de *Lolium perenne* y *L. multiflorum* en Chapingo, Edo. de México Tesis profesional. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 83p.
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). 4ª ed. México DF. 217 p.
- García, J. 2004. Nuevo cultivar de Ryegrass: LE 19-45ª. Jornada de pasturas, serie de actividades de difusión No. 380. INIA, Uruguay. 30 p.
- Garduño, V. S. 2006. Dinámica de crecimiento de ballico perenne a diferentes frecuencias e intensidad de pastoreo. Tesis de Maestría en Ciencias. Especialidad de Ganadería. Colegip de postgraduados Montecillo. Texcoco. Edo. de México. 80 p.
- Hannaway, D. Fransen S. Cropper J. Teel M. Chaney M. Griggs T. Halse R. Hart J. Cheeke P. Hansen D. Klinger R. and Lane W. 1999. Perennial Ryegrass. Publication Oregon State University. PNW 503. 20 p.

- Hepp, K.C. Ganderats, F, S. 2003, Mecanismo de crecimiento *Lolium perenne*, *Festuca arundinacea* y *Dactylis glomerata* en la zona intermedia de Ansel. Agricultura técnica, ISSN 0365-2807, Vol. 63, N°. 3, pág. 259-265.
- Heath, E. M; Barnes, R. F. and Metcalfe F. 1985. The science of grassland agriculture. 4th Edition. Iowa State University Press. Ames, Iowa, U.S.A.
- Hodson, J. 1979: Nomenclature and definitions in grazing studies. Grass and forage science 34: 11-18.
- Hughes, D. H., Heat E. M. y Mectalfe S. D. 1981. Forrajes: La ciencia de la Agricultura basada en la producción de pastos. 2ª edición. Ed. Continental S. A. México D.F. 758 p.
- Hughes, J.E. 1981. Nature and Degree of Recovery of Grassland from the Great Dought. Ecological Monographs 14, pages 405-420.
- INEGI, 2010. Superficie sembrada de los principales cultivos anuales en el año agrícola 2010 por cultivo. <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx>
- Inoue, M., Gao, Z., Hirata, M., Fujimori, M. and Cai, H. (2007). Construction of a highdensity linkage map of Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) using restriction fragment length polymorphism, amplified fragment length polymorphism, and telomeric repeatassociated sequence markers. Genome, 47, 57-65p.
- Lara, L. J. J. 2006. Efecto de la roya del tallo (*Puccinia graminis* f. sp. *Avenae Eriks y Henn*) sobre el rendimiento en avena (*Avena sativa* L.) en Tlaxcala. Tesis profesional. Departamento de Parasitología. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 83 p.
- López, L. L. y P. Peñaloza E. 1990. Producción de forraje y semilla de ballico anual (*Lolium multiflorum* Lam.) en Etna, Oaxaca. Tesis profesional. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 73 p.
- Maldonado, G. G. 2008. Evaluación morfológica, de rendimiento y filogenia con base en microsatélites (SSR) de genotipos de ballico perenne (*Lolium perenne* L. ssp. *multiflorum* (Lam.) Husnot), ballico híbrido (*Lolium hybridum*) y pasto ovillo (*Dactylis glomerata* l.) en Chapingo, México. Tesis profesional. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 83 p.
- Marín, S. O. 1997. Evaluación de variedades neocelandesas de ballico perenne (*lium perenne* l) y trébol blanco (*Trifolium repens*) en Chapingo, México. Tesis profesional. Departamento de zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo. Mexico. Pag.183.
- Marvin H. H. 1992. Ryegrass. The Pennsylvania State University. 4 p.

- Mendoza M. G. D. 1992. Utilización de residuos agrícolas en la alimentación de rumiantes en pastoreo. Memorias del curso UNACH-CIES-Gob.Chis. Centro de Investigaciones Ecológicas del Sureste. San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México. 78 p.
- Menéndez, V. J. L. "Lolium perenne L.". Asturnatura.com en línea. Num. 83. 20/05/06. Disponible en [http://www.asturnatura.com/Lolium perenne. Html.](http://www.asturnatura.com/Lolium_perenne.html) consultado el. 22/01/2013.
- Moser, L.E. y C. S. Hoveland. 1996. Cool-season Grass Overview. In: Cool Season Forage Grasses. American Society of Agronomy, Inc. Madison, Wisconsin, USA Publishers. 471-633 p.
- Muñoz, R. A., Devesa, J. A., Talavera, S. 2000. Trifolium L. En: Castroviejo. (eds): Flora Ibérica, Vol. VII (II) Leguminosae (partim). Servicio de publicaciones del CSIC; Madrid. España.
- Muslera, P. E. y C. Ratera G. 1991. Praderas y forrajes. Producción y aprovechamiento Ed. Mundi-prensa, Madrid, España. 702 p.
- Núñez, H. G., Hernández, Y. C., Santamaría, C. J. y Márquez, O. J. 1995. Producción de forrajes bajo condiciones limitadas de agua para riego. LALA. Ciclo Internacional de Conferencias sobre Nutrición y Manejo. Comarca Lagunera, Durango. pp. 29-37.
- Núñez, H.G.; Martínez, R. y García, D.G. 1991. Valor nutricional del ballico anual y perenne. Producción y utilización de praderas de ballicos anual y perenne. Informes de investigación. INIFAP, Pabellón de Arteaga, Aguascalientes. 22-25 p.
- Núñez, H.G. 1998. Experiencias en investigación de praderas en ambientes templados de México. XIII Congreso Nacional de manejo de pastizales. 80-86 p.
- Olson, G.L., Smith S.R., Phillips T.D. and Lacefield G.D. 2006. Annual and Perennial Ryegrass Report. University of Kentucky. College of Agriculture. 6 p.
- Ordóñez F. J. y C. Bojórquez R. 2004. Establecimiento del *Lolium multiflorum* L. con cinco densidades sobre pasturas degradadas como una alternativa a la siembra de cultivos agrícolas. Rev. Inv. Vet. Perú; 15 (2): 87-91 p.
- Ortegón, P. J. 1975. Estudio sobre producción de semilla de pasto italiano (*Lolium multiflorum* L.), en diferentes densidades y cortes en Pabellón, Aguascalientes. México. 11-17 p.
- Ortiz, M. P. 2008. Evaluación de componentes productivos de 141 genotipos de ballico anual (*Lolium multiflorum* L.) en Chapingo, México. Tesis profesional. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 111 p.

- Pérez, B. M. T. 2001. Respuesta productiva y dinámica de rebrote del ballico perenne a diferentes alturas de corte. Tesis de Maestría en Ciencias. Especialidad de Ganadería. Colegio de Postgraduados Montecillo. Texcoco. Edo de México. 60 p.
- Pérez, B. M. T., Hernández, G. A., Pérez, P. J., Herrera, H. J. G., Bárcena G. R. 2002. Respuesta productiva y dinámica de rebrote del Ballico perenne a diferentes alturas de corte. *Técnica Pecuaria en México*. 40(3):251-263 p.
- Pérez, P. J., Gonzalez M. S. S. y Abarca B. L. A. 1997. Rendimiento y digestibilidad de la materia seca de variedades de *Lolium perenne L* con tres presiones de pastoreo. *Agrociencia* 31; 37-43.
- Ramos, G.J.L., Espinoza C.J.M., y Robles E.F.J. 2000. Características descriptivas del ballico anual y perenne en las zonas templadas de México. Folleto Técnico Num. 16. SAGARPA-INIFAP-CIR-Norte Centro. CA Pabellón. 29 p.
- Rawnsley, RP and Snare, TA and Lee, G and Lane, PA and Turner, LR, Effects of temperature and osmotic stress on leaf appearance rate, Proceedings of the 4th Australasian Dairy Science, Tasmanian Institute of Agricultural Research, University of Tasmania, PO Box 3523, Burnie, Tasmania, Australia. 345-450 p.
- Rodríguez, C. M. E. 2004. Genética de la resistencia a roya de la hoja (*Puccinia triticina* E.) en trigos duros (*Triticum turgidum* var. Durum L.). Tesis Maestro en Ciencias en Protección Vegetal. UACH. 61 p.
- Ruiz, C. E., Aldaco N. R. A., Montemayor T. J. A., Fortis H. M. Olague R. J., Villagómez G. J. C. 2007. Aprovechamiento y mejoramiento de un suelo salino mediante el cultivo de pastos forrajeros. *Técnica Pecuaria de México* 45(1): 19-24. 6 p.
- Ruiz, D. A. A. 2005. El Mejoramiento Genético de las Especies Forrajeras. INTA. 5p.
- SAGARPA, 2013. Servicio de información agroalimentaria y pesquera. Secretaría de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación. (SIAP-SAGARPA). Anuario estadístico de la producción agrícola 2011. Consultado 2013 <http://www.siap.gob>.
- Sakiroglu, M., K.J. Moore, and E.C. Brummer. 2011. *Variation in biomass yield, cell wall components, and agronomic traits in a broad range of diploid alfalfa accessions*. *Crop Sci*. 51(5):1956-1964.
- Sánchez, B. A. 2008. Evaluación de componentes morfológicos y rendimiento de avena, ballico anual y ebo invernal en monocultivo y asociación para invierno en Almoloya de Juárez, edo. de México Tesis profesional. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 75 p.
- Saragos, P. A. Vasquez P, J. A. 2012. Componentes de rendimiento y calidad nutritiva de ocho variedades de alfalfa en valles centrales de México. Tesis profesional. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo



PROCURADURÍA
AGRARIA

XIII. APROVECHAMIENTO DE LOS INSECTOS COMESTIBLES EN EL ALTIPLANO CENTRAL MEXICANO

SERAFÍN TINAJERO ANAYA

1. INTRODUCCIÓN

Desde sus orígenes, los primeros habitantes que se establecieron en las tierras mexicanas han aprovechado la biodiversidad de especies vegetales y animales seleccionando, escogiendo, mejorando y aculturando una gran cantidad de ellas, como frijol, calabaza, maíz, nopal, chile, jitomate, cacao y aguacate, que en la actualidad son base de la alimentación de los mexicanos y que al transcurrir el tiempo se ha visto que han tenido y tienen una importancia económica, social, ecológica y cultural. Lo mismo sucede con especies animales como los insectos comestibles, que también han jugado un papel destacado para el consumo y aprovechamiento.

Este trabajo de investigación trata del aprovechamiento de los insectos comestibles en el Altiplano Central Mexicano. Los insectos comestibles son los gusanos blancos del maguey (*Aegiale Acentrocneme hesperiaris*), escamoles (*Liometopum apiculatum* M.), gusano del madroño (*Eucheria socialis*), chapulines de varias especies y gusano rojo del maguey (*Cossus redtenbachi* *Cossidae*), los cuales son básicos en la obtención de ingresos económicos y en las dietas alimenticias de numerosas familias de varias comunidades de los estados del Altiplano Central Mexicano, formando parte de sus patrones alimenticios culinarios, arraigados por generaciones.

El impacto económico es importante para los recolectores de insectos comestibles debido a que obtienen altos ingresos de su venta y comercialización. Se sabe, por ejemplo, que en el caso del chapulín se comercializan alrededor de 103 toneladas anuales, con un valor aproximado de dos millones y medio de pesos, entre una gran cantidad de personas que participan en este proceso que comprende desde la recolección, pasando por el empacado y el procesamiento, hasta la comercialización.

Con relación al impacto ecológico, con la actual forma de recolección de los insectos comestibles se presentan situaciones de deterioro y daño a la ecología por razones de descuido, desconocimiento de las técnicas y formas de apropiación inadecuadas para la explotación y aprovechamiento de estos recursos, sobre todo de aquellos recolectores que carecen de estas técnicas o conocimientos.

Respecto del impacto social de la actividad de recolección de insectos comestibles, esta contribuye a subsanar en gran medida las condiciones sociales en las cuales se en-

cuentran inmersos, puesto que permite superar y elevar los niveles de bienestar familiar al disponer de mayores ingresos y productos complementarios que mejoran su dieta.

El impacto alimenticio del aprovechamiento de insectos comestibles en los habitantes de las comunidades del Altiplano Central Mexicano es realmente importante, puesto que de su actividad recolectora obtienen recursos naturales para su autoconsumo, integrando importantes cantidades de proteínas de origen animal, básicas para el organismo humano.

El impacto cultural del aprovechamiento de los insectos comestibles en el Altiplano Central Mexicano ha sido y es una forma importante de valorar, cuidar y utilizar esta clase de recursos alimenticios, arraigados en su cultura culinaria, de conocimiento, preparación, uso y consumo cotidiano.

El objetivo e importancia de esta investigación radica en conocer el impacto del aprovechamiento de los insectos comestibles y, en este sentido, se recomienda la tesis del aprovechamiento agro-silvo-insectil, que plantea impulsar un desarrollo local y regional para las comunidades campesinas recolectoras de insectos comestibles del Altiplano Central Mexicano, en la que se hacen planteamientos productivos, sociales, alimenticios, terapéuticos, ecológicos y alternativos que contribuyen a mejorar su producción, transformación y comercialización, ya que su aprovechamiento es una importante fuente de alimentos y obtención de ingresos económicos, buscando que el valor agregado sea obtenido por los propios recolectores, de tal manera que hagan aportes al desarrollo local.

En los últimos años algunos alimentos de este tipo han pasado a formar parte de los llamados “platillos exóticos” de la cocina mexicana, por lo que se ha incrementado su aprovechamiento en diferentes tipos de restaurantes, tanto regionales como de la zona metropolitana de la Ciudad de México, situación que provoca una mayor demanda comercial y con ello una reducción considerable del producto.

La hipótesis que se plantea es que el aprovechamiento de los insectos comestibles en el Altiplano Central Mexicano permite hacer un uso más racional y equilibrado de los recursos naturales, contribuyendo en el corto, mediano y largo plazos a la preservación y desarrollo ambiental generando actividades económicas adecuadas para el desarrollo local y regional, lo que ayuda a elevar los niveles de vida de sus habitantes, siempre y cuando su cultivo se haga de la forma apropiada, conforme a las técnicas y procedimientos tradicionales.

El presente trabajo de investigación se encuentra estructurado por tres apartados, además de las conclusiones y sugerencias:

En la introducción se aborda el objetivo, la importancia del tema y las hipótesis de la investigación; el apartado I explica los métodos y las técnicas de investigación; el II trata del marco referencial, y en el III se abordan los análisis y resultados de la investigación.

2. MÉTODOS Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

Los métodos abordados fueron el método histórico y el comparativo. De acuerdo con De Schutter (1991) el método histórico es aquel que estudia los eventos, procesos e instituciones de las sociedades con el propósito de encontrar los orígenes o antecedentes de la vida social contemporánea y de esta manera comprender su naturaleza y funcionamiento. Por su parte, el método comparativo es aquel que involucra la comparación de diferentes tipos de instituciones o grupos de personas para analizar y sintetizar sus diferencias, así como sus similitudes.

En el caso de la presentación y análisis de resultados se incluyeron los niveles descriptivo, analítico y predictivo o propositivo a través del método diacrónico, que es aquel que explica los fenómenos en su relación con sus antecedentes históricos, teóricos y empíricos, a fin de percibir los fenómenos sociales como una fase del proceso dinámico (De Schutter, 1991).

2.1 Técnicas de investigación

1. Consulta bibliográfica, cuyo objetivo fue profundizar y ampliar el conocimiento económico, social, ecológico y cultural del tema a tratar; así como la revisión y el análisis de trabajos relacionados al problema de investigación. Aquí fue necesario visitar bibliotecas públicas, privadas y hemerotecas para consultar todo aquello que nos permitiera acercarnos a la temática abordada.
2. Aplicación de encuestas y cuestionarios a los recolectores y actores sociales para analizar la importancia social, ecológica, económica y cultural derivada del aprovechamiento de insectos comestibles.
3. Entrevistas y pláticas con expertos en el tema.
4. Recorridos fisiográficos y etnofaunísticos en la zona de estudio.
5. Búsqueda en internet de temas semejantes al abordado.

Los niveles de la presente investigación son los siguientes: descriptivo, analítico y el predictivo o propositivo; es decir, en el nivel predictivo o propositivo es donde buscamos las formas más adecuadas para proponer alternativas de solución a una problemática dada, por lo que se considera adecuado que la presente investigación se ubique en el nivel propositivo.

3. MARCO REFERENCIAL

3.1 Alimentación de los primeros pobladores

La alimentación es una de las más importantes acciones que realizan las personas y es la única forma de vida para los seres humanos desde que aparecen en la tierra. Ha sido la forma única de sobrevivir, pues comprende aspectos físicos, mentales y anímicos de las personas. En las culturas mesoamericanas esta era muy variada.¹

Una correcta alimentación es la que proporciona los requisitos biológicos, psicológicos y sociales que son característicos de una buena nutrición. Las necesidades nutricionales de cada individuo varían según su raza, edad, sexo, estatura, clima y actividad a la que se dedique.²

La Organización de las Naciones para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y la Organización Mundial para la Salud (OMS) estiman las necesidades energéticas diarias del hombre estándar³ en una cantidad de 3,000 calorías y las de la mujer estándar en 2,200 calorías.

La alimentación es la base para obtener hidratos de carbono, grasas, proteínas, sales minerales, vitaminas y agua para tener un organismo con crecimiento, en existencia y en condiciones de equilibrio.⁴

Culturas como mexicas, mayas, mixtecos y zapotecos tenían una alimentación equilibrada y muy diversa. Combinaban maíz, frijol y amaranto con proteínas de origen animal de varias especies y un sobresaliente consumo de insectos comestibles; huevo, verduras, flores, algas y una gran cantidad de frutas. Preparaban sus alimentos de distintas formas: asados, hervidos, al vapor, en barbacoa... La grasa vegetal era obtenida de la chía y el aguacate y la animal del jabalí y del guajolote.

El chile se usaba en muchas variedades, una para cada platillo. Endulzaban sus bebidas de maíz y cacao con miel de varios tipos de abeja y de la caña del maíz. También

¹ Velázquez Soto, Idolina, 2003. *Flores e insectos en la dieta prehispánica y actual de México*. Facultad de Administración, BUAP, Puebla, México, p. 1. Consulta en Internet el 9 de octubre de 2003.

² Chávez, M., 1992. *Tablas de uso práctico del valor nutritivo de los alimentos de mayor consumo en México*. Comisión Nacional de Alimentación. Instituto Nacional de la Nutrición Salvador Zubirán, México.

³ El hombre estándar es un individuo físicamente sano de 20 a 39 años de edad, con 65 kilogramos de peso, ocupando ocho horas al día en un trabajo que requiere actividad moderada. La mujer estándar es una persona físicamente sana de 20 a 39 años de edad, con 55 kilogramos de peso, ocupando ocho horas al día en una actividad moderada.

⁴ Velázquez Soto, Idolina, 2003. *Flores e insectos en la dieta prehispánica y actual de México*. Facultad de Administración, BUAP, Puebla, México, p. 1. Consulta en internet el 9 de octubre de 2003.

asaban las pencas de la biznaga, obteniendo con ello un dulce postre. Otro postre se hacía con semillas de amaranto tostadas, molidas y mezcladas con miel. Fermentaban una serie de agaves, frutas, semillas y maíz para obtener bebidas espirituosas de tipo religioso (*Op. cit.* p. 1).

En la actualidad está surgiendo la entomofagia o consumo de insectos en los países desarrollados como Estados Unidos de América, Japón y la Unión Europea. En esas naciones ha surgido la venta de insectos en tiendas de cocina exótica. Entre estos productos hay hormigas, orugas de mariposa y larvas de abejas cubiertas de chocolate; chapulines, gusanos de seda y de maguey, abejas e incluso alacranes fritos o preparados en almíbar (*Op. cit.* pp.1-2).

Los mexicas comían apenas lo suficiente para vivir; sus cuerpos eran esbeltos y sanos. A esto contribuía el consumo de insectos y flores en el México antiguo. La cocina prehispánica buscaba la armonía entre platos fríos y calientes, entre sabores dulces, salados y picantes. Comían dos veces al día, sin exceso, guardando un profundo respeto y silencio, evitando cualquier desavenencia.

El Códice Mendocino revela cuál era la alimentación de los niños: a partir de los tres años de edad media tortilla al día; a los cuatro y cinco, una tortilla entera; de los seis a los doce, una tortilla y media. Desde los 13 años, dos tortillas. Desde luego que las tortillas iban acompañadas de frijol y otros guisos, incluyendo insectos y nopales (*Op. cit.* p. 3).

Los insectos eran complementos alimenticios de la dieta. Su uso quedó en códices prehispánicos y en documentos históricos de la conquista y colonización española. Así, las crónicas dan cuenta de la degustación de gusanos, insectos y larvas. Los insectos son elementos vivos y vitales en torno a la cocina, siempre presentes por su gran adaptabilidad ambiental y su desmedido poder de reproducción (*ibidem*).

Los platillos más deliciosos para los actuales gourmets son los escamoles, los gusanos blancos y rojos del maguey, el ahuahutle y los jubiles, que en sus diferentes estados de desarrollo (huevos, larvas, ninfas, pupas y adultos) son los más solicitados en el mercado para los restaurantes de cocina tradicional y exótica. El comercio de insectos ha generado ciertos monopolios en cuanto a recolección y venta. Tal es el caso de los jumiles del encino de Cuautla y Taxco; el ahuahutle de Texcoco; el gusano blanco o meocutli de Apan; los tecaoli o gusanos rojos de Oaxaca; y los escamoles de Hidalgo (*Op. cit.* p. 7).

Este territorio del Altiplano Central Mexicano es un espacio geográfico que se ha caracterizado por toda una gama de factores económicos, sociales, culturales y ecológicos de los demás lugares de la República Mexicana, debido a los grandes asentamientos humanos que han establecido desde tiempos antiguos, donde han implementado formas y métodos para el aprovechamiento de las especies animales y vegetales, jugando un destacado papel los insectos comestibles: potencial que ha brin-

dado a sus habitantes, a través de múltiples generaciones, alimentos y considerables cantidades de ingresos económicos.

Existen resultados y avances de estudios regionales y locales de los recursos bióticos y de los usos que los diferentes grupos humanos hacen de ellos, de acuerdo con su cultura, sus conocimientos ancestrales y las características del medio.

Farrera (1998) identificó 385 especies vegetales útiles para 18 categorías de usos, de las cuales 54% son silvestres, destacando las medicinales con 114 especies, seguidas por las ornamentales, comestibles y para la construcción rural. Identificó también 94 especies de animales útiles de las que 87% son silvestres. Del total, 38% son comestibles y las otras se utilizan en medicina tradicional y en usos místicos, de acuerdo a la cosmovisión indígena.

Villanco (1998) hace referencia al uso de 80 especies de quelites entre los grupos étnicos nahua, totonaco, tepehua, otomí y mestizo; y destaca que son 20 las especies que más se consumen en todas las comunidades consideradas, independientemente de su origen étnico. En su mayoría son especies toleradas, fomentadas y silvestres, aunque reporta que existen algunas cultivadas.

González (1998), en su trabajo sobre uso alimenticio y medicinal de la flora en una comunidad mazahua de Michoacán, encontró que la gente nombra 150 especies vegetales, de las cuales 34% son dedicadas a la medicina y usos terapéuticos tradicionales y 24% a la alimentación. Su producción y recolección se realiza en tres sistemas: huerto familiar, bosque y milpa. Hernández (1998) investigó y comprobó la estrecha relación entre las condiciones del medio, la cultura y conocimientos étnicos, así como las estrategias y lógica de producción campesinas, que se refleja en los sistemas múltiples que aplican los lugareños para garantizar su supervivencia y la de sus cultivos prehispánicos, como el huautli o amaranto, chía, nopal, maíz, frijol, calabaza, algodón, jitomate, chile, ciruelo, aprovechamiento de plantas y animales del bosque y la ganadería familiar.

Es conocido por varios investigadores que existen en el mundo alrededor de 30 mil plantas superiores, de las cuales únicamente mil 500 se consideran domesticadas, lo que destaca las amplias posibilidades de explotación alternativa de una gran cantidad de especies existente (Gómez, 1999).

Es importante señalar que los recursos naturales renovables y la biodiversidad representan la base que posibilita una relación armónica y virtual entre el hombre y la naturaleza, entre el campo y la ciudad, lo urbano y lo rural.⁴ De tal forma, es imprescindible revalorar el “capital ambiental” para que forme parte de políticas integrales que se centren en el aprovechamiento racional, sustentable e integral de dicho capital, y que pongan el acento en un proyecto de nación en el que el medio rural se considere un espacio vital para un desarrollo inclusivo, justo y equitativo bajo el principio de la sustentabilidad (*Op. cit.* p. 13).

El país cuenta en su territorio con un flujo natural de biodiversidad que se traduce en: a) la gran cantidad de especies animales y vegetales; b) la riqueza de especies por cada clase de organismos; c) la variabilidad genética en cada especie, y d) el número de endemismos en cada uno de los grupos. Estas condiciones que generan la totalidad de especies en nuestro país son de tal importancia, que México ha sido considerado como un país “megadiverso”, ya que junto con otras 16 naciones cuenta con 75% de todas las especies de plantas vasculares y animales terrestres vivos que se conocen en el mundo. Más aún, en nuestro territorio se encuentra cerca de 10% de la totalidad de las plantas vasculares del planeta (*Op. cit.* p. 14).

3.2 El deterioro ambiental

Producto de una serie de factores derivados del agotamiento del modelo de desarrollo seguido desde la posguerra hasta inicios de los ochenta y de aplicación irrestricta del modelo neoliberal durante las dos últimas décadas, que se concreta en la rápida y drástica apertura del sector agropecuario a los mercados internacionales y en el desmantelamiento de las instituciones estatales que proporcionaban soporte a las actividades del medio rural, se ha propiciado un acelerado deterioro de los recursos y la biodiversidad de México (*ibídem*).

De tal suerte, nos encontramos ante una paradoja que pone en serio riesgo la base material de la producción agropecuaria, ya que la gran diversidad ambiental y cultural que representan una gran riqueza nacional se ve seriamente amenazada ante la carencia de proyectos, programas y planes de desarrollo de largo plazo, la voracidad del capital internacional financiero, la pobreza de los habitantes del medio rural, la aplicación de tecnologías depredadoras, el abandono de tecnologías apropiadas que tienen sus orígenes a los sistemas de producción *in situ* que practican las comunidades y, desde luego, las lagunas jurídicas que permiten un uso irracional de los recursos naturales (*ibídem*).

El deterioro ambiental representa grandes costos a la sociedad en su conjunto; desafortunadamente, el costo no sólo es económico: es sobre todo ecológico, porque el ambiente natural en muchos casos no se vuelve a recuperar. Se estima, con base en un estudio que hizo el INEGI en el periodo de 1993 a 1997, que el costo por el agotamiento de los recursos y el deterioro ambiental es equivalente a 10% del PIB, cifra realmente elevada de un “capital ambiental” que no se está reponiendo (*ibídem*).

Los recursos naturales siempre han jugado un papel importante, puesto que han sido utilizados de diferentes formas que van desde la construcción de viviendas, herramientas de trabajo, usos medicinales, hasta aquellas que como alimento de origen animal o vegetal han recolectado y consumido los grupos sociales establecidos en diferentes regiones del país.

En este aspecto, tenemos algunas especies vegetales y animales que a través del tiempo ancestral y por varias generaciones los grupos sociales establecidos en el Altiplano Central Mexicano han venido aprovechando, incluyendo a los insectos comestibles, los cuales son recursos altamente ricos en proteína y calorías aprovechadas por el organismo humano y que han servido para el desarrollo de las culturas de los pueblos que se establecieron en esta región de México.

4. ANÁLISIS Y RESULTADOS

El impacto del aprovechamiento de los insectos comestibles en el Altiplano Central Mexicano tiene una gran importancia alimenticia, social, cultural, económica y ecológica, por lo que la atención hacia la población de estas regiones llamadas marginadas exige de acciones participativas con una amplia valoración social, que contribuyan a fortalecer la dignidad humana y a impulsar sus valores colectivos de solidaridad.

Por tal motivo, es necesario implementar programas y acciones de corresponsabilidad social e institucional, asumiendo un compromiso con las necesidades más urgentes de los pobladores, de movilización de recursos locales y de la participación del Estado, así como de la sociedad civil, para contribuir al desarrollo de los seres humanos.

El impacto del aprovechamiento de los insectos comestibles en el Altiplano Central Mexicano presenta algunas características típicas, enmarcadas por las siguientes situaciones:

A) Impacto económico

1. Obtención de altos ingresos económicos.
2. Bajos costos de producción.
3. Proporciona empleo.
4. Participación en la creación de redes de desarrollo agrícola local y regional.

B) Impacto social

1. Disminución de la pobreza extrema.
2. Impulso al desarrollo local y regional.
3. Conciencia de organización.
4. Ser una opción productiva.

C) Impacto ecológico

1. Respeto, cuidado y preservación de los nichos ecológicos.
2. Respeto y cuidado a la naturaleza.
3. Disminución de la alta mortandad de las hormigas.

4. Disminución de los severos daños causados a los nichos ecológicos.
5. Cuidado y preservación de los recursos naturales.
6. Valoración y conservación del capital natural o ambiental.
7. Aprovechamiento sustentable de los recursos naturales y la producción de alimentos sanos para la población del campo y la ciudad.
8. Implementación de políticas y estrategias de aprovechamiento local y regional.
9. Proporciona generación de servicios turísticos y ambientales sanos.
10. Establecimiento de leyes y normas de aprovechamiento de los recursos naturales (insectos comestibles).
11. Restauración ambiental, recuperando el estado de equilibrio.
12. Aprovechamiento integral y alternativo de los recursos naturales, humanos, sociales, culturales y ambientales.
13. Conciencia del cuidado uso y aprovechamiento de las especies de insectos comestibles y recursos naturales.

D) Impacto cultural

1. Revaloración de las raíces culturales.
2. Valoración de la cultura culinaria.
3. Preservación de la cultura.
4. Difusión y extensión de la cultura culinaria.
5. Rescate y valoración de conocimientos empíricos ancestrales.
6. Aprovechar los conocimientos tradicionales.

E) Impacto alimenticio

1. Consumo de productos con altos contenidos de proteína.
2. Diversificar su aprovechamiento alimentario.
3. Disminución de carencias alimenticias.
4. Elaboración de nuevos productos alimenticios.
5. Disminuir la desnutrición.
6. Aumentar el consumo de productos con altos contenidos de proteína de origen animal.
7. Difundir los contenidos proteínicos de los productos.
8. Preparación de microdosis energéticas alimentarias.
9. Valorar la cultura del consumo y aprovechamiento de insectos comestibles.
10. Proporcionar condiciones para disminuir el hambre de cientos, miles y millones de mexicanos y mexicanas.
11. Fortalecer el consumo de insectos comestibles *in situ* (consumo propio) y *ex situ* (consumo alternativo).
12. Combinaciones de alimentos convencionales y tradicionales.
13. Proporciona alimentación sana y nutritiva.

La recolección de insectos comestibles tiene una serie de ventajas y de aportaciones que se consideran en los siguientes aspectos:

1. **Social:** brinda la oportunidad de ocupar a la población marginalmente aprovechada en la comunidad, que tiene que buscar sobrevivir, para lo cual su único recurso es la migración hacia las grandes ciudades y centros urbanos nacionales y extranjeros. Contribuye a la movilización de grandes contingentes humanos en el seno familiar y comunal en busca de sus propias soluciones.
2. **Alimenticio:** contribuye a mejorar la dieta alimenticia de las familias campesinas con productos frescos y libres de productos químicos tóxicos.
3. **Económico:** es una posibilidad de obtener ingresos económicos para adquirir alimentos de primera necesidad y a la vez generar ingresos complementarios.
4. **Ecológico:** los recursos naturales se conservan y se desarrollan en la medida que se hace un uso racional de ellos; esta actividad puede contribuir a ello, a mantener y desarrollar la biodiversidad (tanto la fauna como la flora).
5. **Cultural:** los pueblos indígenas y campesinos son abundantes en elementos culturales de solidaridad y apoyo mutuo a través de sus formas tradicionales de organización y de cooperación.

En este aspecto sucedió que efectivamente, de acuerdo al objetivo e hipótesis planteadas, el impacto social, económico, ecológico, alimentario y cultural del aprovechamiento de los insectos comestibles en el Altiplano Central Mexicano es una actividad importante de los recolectores, puesto que a través de ella se obtienen cantidades considerables de recursos económicos, así como productos alimenticios que les permite elevar el nivel social y superar condiciones de pobreza. Sus actividades de recolección de insectos comestibles permiten tener un desarrollo local y regional de sus habitantes en estas comunidades.

Un impacto importante que se detectó fue que no todos los recolectores de insectos comestibles presentan la misma situación, económica, social y cultural, dentro de las actividades económicas tradicionales que realizan. Para ello fue necesario realizar una tipología de recolectores y consumidores de estos recursos, a través de una serie de variables de tipo económicas, ecológicas, sociales, culturales y alimenticias; con base en los cuestionarios que se aplicaron a cada uno de los habitantes de las comunidades que se dedican a este tipo de actividades, donde se consideraron los tiempos dedicados a esta actividad, cantidad de ingresos económicos obtenidos, autoconsumo de estos recursos y cantidad de los productos recolectados; lo que a continuación se presenta.

- a) Recolectores de insectos comestibles de tiempo completo.
- b) Recolectores de insectos comestibles de tiempo parcial.

- c) Recolectores de insectos comestibles de tiempo esporádico.
- d) Recolectores de insectos comestibles de tiempo ocasional o recreativo.
- f) Intermediarios de insectos comestibles.
- g) Dueños de restaurantes que preparan y venden insectos comestibles.
- h) Consumidores de insectos comestibles.

Ante esta situación de demanda de alimentos a través de insectos comestibles, aseveramos que el consumo es importante y que no se puede dejar de lado, por lo que es pertinente esta clasificación o tipología de las personas que están inmersas en este tipo de actividades productivas y que permiten ubicarlos categóricamente en el conjunto de la sociedad rural y urbana.

Otro aspecto importante a destacar es el impacto de los daños ecológicos que en la actualidad perpetran aquellas personas que no tienen los conocimientos técnicos del aprovechamiento de las especies de insectos comestibles analizadas, puesto que causan graves perjuicios a los nichos ecológicos donde viven, se producen y reproducen estas especies; lo que trae consigo que dentro de poco tiempo disminuyan estos recursos, tan importantes para las familias que se dedican a estas actividades, siendo un impacto negativo.

En relación con las propiedades y bondades de las especies de insectos comestibles analizadas se considera necesario darle una mayor difusión para que más familias recolectoras y la sociedad en general tengan presente que son recursos altamente ricos en nutrientes, energéticos, terapéuticos y sanos para consumo humano, con lo cual se disminuiría la desnutrición, pobreza y marginación de cientos, miles y quizá millones de familias mexicanas.

En cuanto al conocimiento de los procesos técnicos de recolección y aprovechamiento de las especies de insectos comestibles analizadas, se hace necesario hacerlo más social.

Con relación al impacto social del aprovechamiento de insectos comestibles, consideramos necesario reflexionar en torno a ello y argumentamos que permite tener capacidad de reinvertir y obtener beneficios sociales, como alimentación, ingresos económicos, empleo, salud y, en general, mejores condiciones sociales para los grupos de familias recolectoras de estas comunidades.

Respecto del impacto alimentario, consideramos que la recolección de insectos comestibles tiene una alta capacidad de obtener alimentos sanos con altos contenidos de proteína animal, permitiendo ayudar a disminuir la severa desnutrición que existe en la actualidad en esta región del país, sobre todo en los niños que son la base del presente y del futuro de México.

En cuanto al impacto social en la salud consideramos que las actividades del aprovechamiento de insectos comestibles permiten impulsar toda una gama alternativa de sustancias que ayuden a prevenir algunas enfermedades; como las gastrointestinales y respiratorias.

Sobre el impacto cultural del aprovechamiento de insectos comestibles, estimamos que es importante el rescate, valoración y revalorización de estos conocimientos culinarios ancestrales de uso, aprovechamiento y consumo de esta clase de recursos.

Tratando de desarrollar un diagnóstico de la cantidad de insectos comestibles que circulan en el mercado como son los escamoles, gusanos del maguey, blanco y rojo y del madroño, reflexionamos en que hasta la fecha no existe una investigación que nos posibilite tener datos exactos de estas especies de insectos comestibles; sin embargo, a manera de ejemplo, se tienen las cantidades comerciales del chapulín únicamente en los estados de Oaxaca y Puebla, donde ascienden a 103 toneladas de chapulín que circula anualmente en el mercado, con un valor comercial de alrededor de dos millones y medio de pesos.

5. CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS

5.1 Conclusiones

A manera de una conclusión general de la investigación diremos que: el impacto del aprovechamiento de los insectos comestibles en el Altiplano Central Mexicano permite coadyuvar, preservar, revalorar, incrementar, rescatar, optimizar, tener alimentos e ingresos económicos y aprovechar otros usos alternativos, todo ello con el propósito de disminuir la pobreza, desnutrición, hambre, marginación, enfermedades y, en general, bajar los efectos y estragos de la crisis que se vive en el campo mexicano, en especial en esta región, con un compromiso social y de equidad para los recolectores y sus familias, que como seres humanos tienen derecho a vivir en mejores condiciones económicas, sociales, culturales y ecológicas.

5.2 Sugerencias de la investigación

Se sugiere continuar desarrollando conocimientos de las especies representativas de insectos comestibles para conocer con precisión los ciclos reproductivos, hábitos alimenticios y organización en cada una de las especies.

Se recomienda a los habitantes de las ciudades y del campo consumir insectos comestibles para elevar la cantidad de proteínas de origen animal y disminuir la desnutrición.

BIBLIOGRAFÍA

- Chávez, M., 1992. *Tablas de uso práctico del valor nutritivo de los alimentos de mayor consumo en México*. Comisión Nacional de la Alimentación. Instituto Nacional de la Nutrición Salvador Zubirán.
- De Schutter, A., 1991. *Metodología de la investigación social para la educación de adultos*. Ed. CREFAL. Primera edición. Michoacán, México.
- Farrera O., 1998. “Flora y fauna útil y cosmovisión zoque, en Quintana Roo/Jiquipilas. Chiapas, México”. En III Congreso Mexicano de Etnobiología, Resumen. Oaxaca, México.
- Gómez G. y Torres G., 1995. “Recursos naturales, tecnología y desarrollo sustentable (Perspectivas de la tecnología tradicional)”. XX Congreso de la Asociación Latinoamericana de Sociología: América Latina y el Caribe: Perspectivas de su Reconstrucción, México.
- Gómez G., Sámano M. A., Santos C., 2003. “Estructura agraria y deterioro ambiental en México”. Ponencia presentada en el VIII Congreso Mundial de Derecho Agrario, Xalapa, Ver., del 23 al 27 de septiembre.
- González M., 1998. “Empleo de la flora local en la alimentación y la salud por parte de una comunidad mazahua en la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca”. En III Congreso Mexicano de Etnobiología. Resumen. Oaxaca, México.
- Hernández J. A., 1998. *El etnoagroecosistema y su significado para el doctorado en Ciencias Agrarias*. UACH. Chapingo, México.
- Velázquez, S. I. *Flores e insectos en la dieta prehispánica y actual de México*. Facultad de Administración de la BUAP, Puebla, México. Consulta en internet el 9 de octubre de 2003.
- Villanco E., 1998. “Comparación en el uso de quelites en cuatro comunidades (nahua, totonaca, otomí y mestizos) en la Sierra Norte de Puebla”. En Congreso Mexicano de Etnobiología. Resumen. Oaxaca, México.



PROCURADURÍA
AGRARIA

CONCLUSIONES

La provisión de alimentos enfrenta retos cada vez más complejos; para su producción, los campesinos e indígenas trabajan sobre suelos que requieren el restablecimiento de nutrientes.

El impulso de estrategias como la “Autogestión productiva para el desarrollo agrario” implica el funcionamiento de las instituciones o comunidades tomando como base la autonomía, la capacidad de decisión, cuya referencia es la autodeterminación individual o colectiva, y en el caso que nos ocupa, cada uno de los textos emitidos en este volumen está encaminado a desarrollar, fortalecer, engendrar y extender, precisamente, esa habilidad para producir bajo condiciones mejoradas con innovaciones, combinando conocimientos tradicionales y convencionales novedosos que posibiliten la autonomía alimentaria, la autodeterminación del individuo y, luego entonces, de su familia, de su comunidad.

A partir de la autoorganización del individuo y después de un proyecto comunitario es posible trascender hacia la autonomía. Como parte fundamental de esa autonomía ubicamos la dignidad del productor campesino, del productor indígena, del productor agropecuario, en tanto individuo que decide libremente crear productos de la tierra. El productor decide transformar su entorno y lo convierte en un espacio productor de alimentos para garantizar la disposición a sí mismo, a su familia y, en excedente, a su comunidad.

El productor es merecedor de respeto, es digno de su libertad y la ejerce cada día que decide interactuar con la tierra y obtener de ella frutos que comparte con su familia y con la sociedad. Es también digno guardián de esos recursos naturales que ha de preservar para las generaciones futuras, de quienes ha tomado prestado esos espacios para vivir y producir.

En este contexto, las herramientas que están puestas a su disposición en este libro son susceptibles de integrarse y enriquecerse con un conocimiento tradicional, con las experiencias cotidianas de cada productor.

La flexibilidad de estos conocimientos se traduce en su adaptabilidad a cada contexto particular; así, ya tiene en sus manos la sabiduría que le permite comprender la colección de cuerpos naturales sobre la superficie terrestre que contiene materia viva que soporta o es capaz de soportar plantas en forma natural, y que ha sido modificado por él mismo o por generaciones pasadas, para soportar y contener productos destinados a alimentar al hombre.

Las cualidades de este ente vivo llamado suelo son atributos de su conformación milenaria y nuestros productores tienen una manera específica de referirse a ellos; conocen sus atributos, su problemática, la clase de cultivos que pueden lograrse; conocen el grado de absorción hídrica y lo diferencian de otras tierras cuando le atribuyen

un nombre; es decir, a su entender, los clasifican y aplican en ellos labores culturales, implementos y prácticas de manejo de suelo para cada contexto.

Además, y no menos importante, el campesino identifica la clase de suelo que posee y las actividades que ha de realizar para enriquecer la fertilidad del mismo —entre otros, incorpora ceniza doméstica—, ya sea usando materiales como abonos, lo que muestra el conocimiento práctico que tiene de su entorno.

La ceniza doméstica es un material que, al ser integrado al suelo agrícola, se convierte en componente del mismo, pero también en nuestros hogares se genera un problema que puede transformarse en solución. Nos referimos a los Residuos Sólidos Orgánicos (RSO), a todo desecho orgánico que es parte de nuestras basuras cotidianas y que de otra manera, terminarían en los basureros municipales o bien en los alcantarillados.

La gestión integral se enfoca en la recuperación de fertilizantes orgánicos a partir de los mencionados RSO, cuyo confinamiento y tratamiento son un problema a resolver, su uso agrícola es una oportunidad que de principio reduce sustancialmente su volumen, ya que al transformarlo en composta queda solamente 20% del volumen original.

Además, se está recuperando paulatinamente la idea de suelo como un ente ecológico, vivo, al cual se alimenta mediante la composta que resulta del proceso bioxidativo en el que intervienen numerosos microorganismos que con humedad adecuada, desarrollan a su máxima capacidad la biodegradación de los materiales iniciales. Al adicionar al suelo las compostas se mejora la calidad y se enriquece su rendimiento e incrementa los nutrientes disponibles en el suelo para los cultivos.

No obstante, se reconoce el uso de fertilización química sintética, pero bajo circunstancias selectas y con prudencia.

Existen otras formas de nutrir cultivos sin recurrir al suelo. Se trata de una técnica desarrollada y promovida como complemento en la producción en invernadero, con objeto de garantizar alta producción sin depender de las variaciones del suelo. Entre las ventajas principales de los sistemas de cultivo sin suelo se enuncia un medio radical y cultivos homogéneos, nulidad de infecciones provenientes del suelo, disminución del consumo de agua, cultivos con mejor aprovechamiento de nutrimentos, una mayor producción y calidad, entre otras.

Por otra parte, pero en el mismo orden de ideas, las bases para la ecointensificación agrícola están dadas e inciden en la ruptura del trayecto de los procesos emanados de la Revolución Verde con sus consecuencias ya conocidas. Este paquete de técnicas devuelve la funcionalidad originaria a los ecosistemas naturales, pues está orientada a la biomimesis y combina prácticas agrícolas tradicionales con técnicas agrícolas modernas; es una propuesta sustentable que aporta

resultados contundentes para la producción de granos básicos, aplicable a zonas de vulnerabilidad y deterioro ambiental.

La propuesta reúne prácticas agroecológicas como el diagnóstico de la fertilidad del suelo, la remineralización del mismo, la restauración de la materia orgánica, por mencionar algunas. La vía para difusión y manejo de este paquete es la capacitación y la transferencia de tecnología.

Respecto de la provisión del vital líquido, se propone el sistema de captación y utilización integral del agua de lluvia para uso agropecuario o forestal, el cual posee un área de captación (recolección) y un área cultivada (de almacenamiento, de siembra o de plantas) y se considera pertinente en tanto estudio técnico favorable y diagnóstico socioeconómico para definir la problemática y proponer soluciones.

Para corresponder con la lógica que articula los trabajos aquí contenidos, el control de plagas y enfermedades que afectan a los cultivos tiene que efectuarse necesariamente evitando los productos químicos sintéticos, de tal manera que ocupar especies vegetales con potencial repelente o insecticida, y además tomar ventaja de la guerra interna que se desarrolla en la clase insecta, localizando y desarrollando los enemigos naturales de las plagas que amenazan los cultivos, es una forma congruente de sustentabilidad.

En esa línea de congruencia sobre el concepto alternativo para control de plagas y enfermedades, la creatividad y el ingenio humano se ponen a prueba para también mimetizarse con los ecosistemas del planeta. En ese mismo sentido, la agrohomeopatía también tiene una propuesta tan increíble como eficaz, pues las soluciones (dinamizaciones) para atacar problemas ocasionados por plagas o enfermedades surgen precisamente de los organismos que originan el malestar. Este conocimiento científico aún está en construcción, y sin embargo, ya ha probado su gran desempeño.

Una cuestión sumamente importante es que la agrohomeopatía y sus principios son igualmente aplicables a las cuestiones de salud humana, con resultados igualmente sorprendentes. Habrá que dar el beneficio de la aplicación tanto en animales como en vegetales y en los integrantes de la unidad de producción familiar.

Capítulo tras capítulo, en este compendio se ha mencionado a la agroecología como eje articulador de diversos procesos productivos agropecuarios, como estrategia de sustentabilidad para los pueblos, para los campesinos e indígenas, rescatando distintos saberes de ambos y científicos para armonizar producción de alimentos y equilibrio en los agroecosistemas.

De ese modo, la agroecología se aplica en la configuración de la Granja Integral Familiar (GIF) combinando técnicas en espacios reducidos con escasos recursos disponibles, a la vez que se producen alimentos sanos y suficientes.

La concepción de la GIF establece como algo inherente la diversidad de especies vegetales, de especies animales, de procesos sustentables; considera la fertili-

dad de los suelos reciclando nutrientes, organiza el flujo cerrado de energía, recaba los conocimientos tradicionales campesinos con inclusión de técnicas mejoradas y tecnologías probadas, funcionales para los propósitos del modelo. En este tipo de granja se producen alimentos diversos e inocuos, con la garantía de ser originados con nutrientes orgánicos y garantizando asimismo la preservación de los recursos, su productividad y la sostenibilidad de la GIF.

Un eslabón económico importante para la GIF lo constituye la producción bovina bajo sistema de pastoreo, la cual es una de las principales actividades económicas agropecuarias en México. Los forrajes en pastoreo o cosechados mecánicamente son fundamentales en la dieta de rumiantes en las unidades ganaderas y representan un bajo costo en la producción animal. El manejo agronómico y del pastoreo adecuado de las forrajeras maximiza el potencial genético de las diferentes especies de gramíneas de clima templado.

El manejo óptimo agronómico es pieza clave para obtener alto rendimiento y valor nutritivo en los forrajes. Asimismo, la selección de la especie forrajera considerando el clima y suelo de la región y métodos de establecimiento acorde con el sistema de producción animal.

En diferentes partes de la República Mexicana los habitantes rurales recolectan, venden y se alimentan de insectos, y en este caso se promueven esas prácticas en su forma sustentable preservando, revalorando, incrementando, rescatando y optimizando la producción, venta y consumo de insectos comestibles en las ciudades y en el campo para elevar la cantidad de proteínas de origen animal y disminuir la desnutrición.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Abono: Cualquier sustancia orgánica o inorgánica, natural o sintética que aporte a las plantas uno o varios de los elementos nutritivos esenciales para su desarrollo vegetativo natural.

Abono orgánico: Material de origen vegetal o animal, producto de un proceso de transformación por acción de los microorganismos destinados a suplir las necesidades nutricionales de las plantas.

Acidez: Medida de la actividad de iones hidrógeno y aluminio en suelo húmedo; se expresa como valores bajos de pH.

Agricultura sustentable: Sistema de producción agropecuaria que permite obtener producciones estables de forma económicamente viable y socialmente aceptable, en armonía con el medio ambiente y sin comprometer las potencialidades presentes y futuras del recurso suelo.

Agrohomeopatía: Conocimiento científico que utiliza dosis infinitesimales en la producción agrícola y pecuaria conforme a los principios de la homeopatía.

Agroindustria: Rama de industrias que transforman los productos de la agricultura, ganadería, riqueza forestal y pesca en productos elaborados.

Agronosode: Preparación homeopática elaborada de una planta o animal enfermo y aplicado al mismo.

Alcalinidad: Es la capacidad ácidoneutralizante de una sustancia química en solución acuosa.

Análisis del suelo: Prueba física, química o microbiológica que estima alguna de las fracciones que constituyen al suelo.

Asimilabilidad: Capacidad de los elementos para ser absorbidos por las raíces. Es la capacidad que tienen los elementos para ser utilizados de forma más o menos inmediata por las plantas.

Avenamiento: Drenaje de agua superficial y subsuperficial.

Bacteria: Microorganismos procariotas heterótrofos o autótrofos (fototróficos o quimiotróficos) caracterizados por carecer de un núcleo verdadero (el genoma está organizado en un nucleoide, regado en el citoplasma), por poseer una pared celular de variable composición química (en algunos casos además de pared celular también poseen una cápsula) y por poseer o no flagelos que permiten su locomoción.

Biodegradable: Sustancias que pueden ser transformadas en otras químicamente más sencillas.

Biopolímero: Son macromoléculas presentes en los seres vivos.

Biosólidos: Residuos orgánicos sólidos resultantes del tratamiento de aguas residuales.

Bioxidativo: Oxidación de la materia orgánica a partir de los microorganismos.

Bovinos: Perteneciente al ganado vacuno, formado por mamíferos rumiantes con cuernos de estuche liso, hocico ancho y cola larga con un mechón de pelo en el extremo. Son de gran talla y domesticables.

Calostro: Líquido amarillento previo a la leche de transición. Se encarga de laxar suavemente y acondicionar el aparato digestivo de la cría para recibir la leche materna madura.

Capacidad de intercambio de cationes (CIC): Es la suma total de cationes intercambiables que un suelo puede absorber; se expresa en meq/100g de suelo u otro material absorbente como la arcilla.

Catión: Es un ión (átomo o molécula) con carga eléctrica positiva, es decir, que ha perdido electrones.

Célula: Es la unidad vital, morfológica, fisiológica y genética más pequeña de todo ser vivo.

Celulosa: Es un homopolisacárido (es decir, compuesto de un solo tipo de monosacárido) rígido, insoluble, que contiene desde varios cientos hasta varios miles de unidades de glucosa.

Citoplasma: Parte de la célula de consistencia semilíquida en cuyo seno se encuentran suspendidos los orgánulos celulares.

Cloroplastos: Orgánulos celulares protagonistas de la fotosíntesis, en cuyo seno ocurren los distintos procesos que la conforman.

Clorofila: Molécula orgánica presente en todos los organismos verdes, cuya fórmula estructural consta de un anillo de porfirina formado por un anillo tetrapirrol cuyo átomo central es el magnesio. Por lo general el anillo de porfirina puede ir o no acompañado de una larga cadena de carbono e hidrógeno llamada "fitol" y de acuerdo a esto la clorofila se puede tipificar en clorofila a, b y d cuando posee el fitol y clorofila c1 y c2 cuando no lo posee.

Clorosis: Síntoma visual de una planta que consiste en palidez o amarillamiento parcial o total de las hojas y cuya causa puede ser patogénica o déficit nutricional de elementos, principalmente de nitrógeno.

Coloides: Son partículas minerales de diámetro inferior a 0.002 mm. Se les conoce también con el término genérico de arcillas.

Compostaje: Proceso biológico por medio del cual se degradan los residuos orgánicos vegetales y animales. Este proceso de transformación se lleva a cabo a través de la

acción de microorganismos en un ambiente cálido, húmedo y con suficiente oxígeno, cuyo producto final es la composta (humus), excelente para el mejoramiento de los suelos agrícolas.

Conductividad eléctrica: Propiedad de un material que le permite conducir el flujo de la electricidad. Se utiliza para conocer de manera indirecta el contenido de sales en el suelo.

Cryofilos: Organismos que se desarrollan con temperaturas frías.

Cultivos hidropónicos: Proceso que consiste en cultivar las plantas únicamente en el agua, sin contar con los recursos del suelo.

Cultivos organopónicos: Tipos de cultivos que consisten en la siembra de la planta en un sustrato formado por suelo y materia orgánica mezclados en un contenedor.

Defoliación: Caída de las hojas de árboles y plantas, causada por enfermedades y agentes químicos o atmosféricos.

Degradación de suelos: Denominación que se da a un grupo de procesos que ocasionan el deterioro del recurso suelo los cuales provocan una disminución de su productividad biológica o de su biodiversidad.

Densidad aparente: Masa por unidad de volumen de un suelo que se ha secado a un peso constante a 105°C (se considera el espacio ocupado por aire). Se expresa comúnmente en gramos por centímetro cúbico.

Dinamización: Elaboración de un medicamento homeopático que va de lo ponderable a lo infinitesimal.

Ecología: Rama de la biología que estudia las relaciones entre los organismos y el entorno que los rodea.

Edafología (del griego edafos =suelo; y logia=tratado): Ciencia que estudia la composición y naturaleza del suelo en su relación con las plantas y el entorno que lo rodea.

Elongación: Alargamiento de un miembro o una parte vegetal.

Etiolación: Proceso de crecimiento de las semillas o plantas en condiciones de oscuridad.

Etnoedafología: Es el estudio de los suelos a partir del conocimiento campesino.

Ensilaje: Proceso que consiste en almacenar en recipientes llamados silo la producción forrajera sobrante, o bien conservar aquella producción sembrada con fines de ser suministradas en época de escasez del producto.

Entidad federativa: Denominación que reciben los estados o territorios soberanos del país.

Erosión: Proceso natural o inducido por el hombre que es el resultado de la interacción entre agentes activos, como el agua y el viento, sobre el suelo, que provocan el traslado de partículas del suelo de un lugar a otro.

Escala: Relación entre la distancia, medida en un mapa o imagen de satélite, y la correspondiente en el terreno. Se suele representar por una relación y entre más grande sea el segundo número se dice que la escala es más pequeña.

Escorrentía: Parte de las precipitaciones totales que corren en la superficie del suelo de un área determinada, debido a que la cantidad de la lluvia supera a la velocidad de infiltración y con ello se genera un exceso de agua.

Estercolamiento: Aplicación de desechos vegetales o animales utilizados como fertilizante rico en humus, que liberan nutrimentos, contribuye a mejorar la estructura del suelo y a retener agua.

Estructura del suelo: Distribución espacial y organización total del sistema suelo expresado por el grado y tipo de agregación y por la naturaleza y distribución del espacio poroso. Un suelo bien estructurado es aquel que al secarse se desmenuza fácilmente de forma espontánea; cuando está relativamente seco se puede labrar con facilidad y cuando está húmedo no se adhiere a las herramientas.

Etnociencia: Es una corriente en varias disciplinas que se apoyan en las percepciones, la forma como son comprendidos y manejados los objetos de estudio por el hombre.

Evapotranspiración: Proceso combinado en el que se mezcla la evaporación directa de océanos, lagos y ríos con la transpiración de plantas y animales.

Fenotipo: Características observables de un individuo.

Fertilizante: Tipo de sustancia o mezcla química, natural o sintética utilizada para enriquecer el suelo y favorecer el crecimiento vegetal.

Fertilización: Acción de aumentar el contenido de nutrimentos del suelo mediante la aplicación de sustancias químicas, a fin de obtener mejores rendimientos de cosecha.

Fisiología: Ciencia que estudia las funciones orgánicas de todo ser vivo.

Fisiopatología: Estudio de la fisiología de un organismo en estado de enfermedad.

Forraje: Pasto seco conservado para la alimentación de ganado y cereales destinados a ese uso.

Fosfolípidos: Son un tipo de lípidos anfipáticos compuestos por una molécula de glicerol.

Fosfoproteínas: Es una proteína unida covalentemente a una sustancia que contiene ácido fosfórico, a través del mismo.

Fotosíntesis: Proceso químico por el cual, mediante la acción de la luz sobre la clorofila, los organismos autótrofos sintetizan glúcidos y liberan oxígeno a partir de dióxido de carbono (CO₂) y agua (H₂O).

Friable: El suelo se desmenuza bajo una presión de ligera a moderada entre el pulgar y el índice y es coherente cuando se aprieta.

Génesis: La forma de origen de los suelos, con especial referencia a los procesos o factores de formación de suelos que determinan la formación del suelo verdadero a partir de material original no consolidado.

Gramíneas: Familia de plantas de tallos cilíndricos, huecos y nudosos, hojas alternas, flores en espigas o panojas y grano seco cubierto por las escamas de las flores como el trigo.

Hato: Conjunto de cabezas de ganado, como bueyes, vacas, ovejas, etcétera. Sitio donde paran los pastores con el ganado. Hacienda de campo destinada a la cría de toda clase de ganado.

Hectárea: Medida de superficie que tiene 10,000 m² (100 m x 100 m).

Henificación: Proceso de conservación cuyo objeto es eliminar rápidamente el agua de constitución de la planta hasta alcanzar un nivel lindante para las actividades vegetales y microbianas.

Herbicida: Producto fitosanitario utilizado para matar plantas indeseadas.

Hidrólisis: Formación de un ácido y una base a partir de una sal por interacción con el agua. Descomposición de sustancias orgánicas por acción del agua.

Higrometría: Parte de la meteorología que se ocupa de los métodos de determinación de la humedad atmosférica.

Higroscópico: Se aplica al cuerpo o compuesto químico que absorbe la humedad del aire.

Hipoxia: Déficit de la concentración de oxígeno en la sangre.

Homeopatía (del griego homois=semejante, patía=enfermedad): Semejante a la enfermedad.

Horizonte: Capa del suelo paralela a la superficie, que tiene características distintivas producto de los procesos físicos, químicos y biológicos de formación de suelos.

Horizonte A: Horizonte mineral formado en la superficie del suelo o debajo de un horizonte orgánico, generalmente con materia orgánica mezclada con el material mineral.

Humificación: Proceso de descomposición de la materia orgánica, conducente a la formación de humus.

Humus: Es la fracción activa de la materia orgánica del suelo. Se define como la porción bien descompuesta y estabilizada de la materia orgánica del suelo.

Influencia humana: Término usado para caracterizar los impactos de la actividad del hombre en el ambiente.

Inorgánico: Cualquier cuerpo natural sin órganos para la vida como son los minerales.

Ión: Átomo o grupo de átomos que ha perdido o adquirido uno o más electrones y por tanto posee una cierta carga positiva o negativa.

Leguminosa: Son plantas cuyos frutos son en forma de vaina; frutos secos alargados dehiscentes. Es el nombre general de las plantas pertenecientes a la familia fabaceae.

Lixiviación: Paso del agua a través del volumen del suelo, cuyo frente de humedecimiento arrastra, además de las partículas del suelo, toda clase de productos y sustancias solubles en agua o que no están bien absorbidas a las partículas del suelo, tales como fertilizantes, fungicidas, herbicidas, etcétera.

Macroelementos: Grupo formado por los elementos químicos esenciales que las plantas consumen en grandes cantidades y cuya carencia resulta por tanto letal para la planta: carbono (C), oxígeno (O), hidrógeno (H), nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), azufre (S), calcio (Ca) y magnesio (Mg).

Mapa base: Material cartográfico que se utiliza como marco geográfico de referencia.

Materia orgánica del suelo: Es la que proviene de las raíces, residuos de plantas y organismos vivos o muertos del suelo.

Material inorgánico de los suelos: Es la fase sólida, compuesta por minerales primarios y secundarios, arena fina y arena gruesa derivados de las rocas.

Metabolitos: Cualquier sustancia producida durante el metabolismo.

Meristemáticos: Es el encargado del crecimiento de la planta en un sentido longitudinal y diametral.

Mesófilos: Organismos cuya temperatura de crecimiento óptima está entre los 15 y los 35°C.

Meteorización: Se le llama así a la desintegración de una roca en la superficie de la Tierra, o en su defecto próxima a la misma, como resultado de la exposición a agentes atmosféricos y con participación de agentes biológicos.

Microbiología: Estudio de los organismos microscópicos como hongos, bacterias, virus, etcétera.

Microelementos: Grupo de elementos químicos esenciales para las plantas que no son necesarios en grandes cantidades, pero cuya carencia igualmente resulta perju-

dicial para la planta: hierro (Fe), manganeso (Mn), zinc (Zn), cobre (Cu), boro (B), molibdeno (Mo), cloro (Cl) y cobalto (Co).

Morfología: Estudio de las formas externas de un cuerpo. La constitución física, en especial de las propiedades estructurales, de un perfil de suelo, manifestadas en el tipo, espesor y disposición de los horizontes en el perfil y por la textura.

Morfológico: Estudia el cuerpo y la forma de los diferentes organismos vivos. Conductancia estomática.

Nematodos: Organismos pluricelulares, normalmente microscópicos, con forma de gusanos; contienen en la boca un estilete similar a una aguja que utilizan para perforar y succionar los elementos que necesitan de las plantas.

Nosode (del griego nosos=enfermedad): De la misma enfermedad.

Nucleótidos: Moléculas orgánicas formadas por la unión covalente de un monosacárido de cinco carbonos.

Nutriente: Conjunto de sustancias vitales para el buen funcionamiento de las estructuras orgánicas de los seres vivos.

Oligoelementos: Son bioelementos presentes en pequeñas cantidades en los seres vivos y tanto su ausencia como su exceso puede ser perjudicial para el organismo.

Pasteurización: Sumisión de líquidos a altas temperaturas hasta el punto de ebullición con la finalidad de esterilizar dicho líquido para matar todo microorganismo que lo impurifique.

Pastizal: Sitio en que pasta el ganado.

Pastoreo: Acción de pastorear el ganado.

Patógenos: Microorganismos capaces de producir una infección en el cuerpo de animales y plantas.

Polimerización: Son las reacciones de combinación de dos o más moléculas o especies químicas, iguales o diferentes, para formar una molécula mayor; estas especies quedan unidas por enlaces covalentes.

Proteólisis: Es la descomposición de las proteínas en polipéptidos más pequeños o aminoácidos.

Punto o sitio de muestreo: Sitio seleccionado previamente a la salida de campo con el fin de obtener una muestra de suelo.

Quelatos: Compuestos químicos de coordinación cuyo ligante se coordina con el ión central mediante puntos de fijación en pinza.

Región ecológica: Áreas delimitadas en función de características biológicas, físicas y humanas distintivas; cada área se puede considerar como un sistema independiente resultado de la combinación y de la interacción de factores geológicos, formas terrestres, suelos, vegetación, clima, fauna silvestre, agua y factores humanos que puedan estar presentes.

Región hidrológica: Áreas geográficas integradas por tierras y aguas que drenan a los principales ríos o cuencas cerradas del país. La Comisión Nacional del Agua divide a México en 37 regiones hidrológicas.

Relación carbono/nitrógeno: Indica la potencialidad del suelo para transformar la materia orgánica en nitrógeno mineral.

Reticular: Que tienen forma de red.

Rizósfera: La zona del suelo en donde la población microbiana es alterada tanto cuantitativa como cualitativamente por la presencia de raíces de las plantas.

Rumia: Consiste en regurgitar el material semidigerido y volverlo a masticar para deshacerlo y agregarle saliva.

Rumiante: Aquellos animales que digieren la comida en dos etapas, primero la consumen y luego realizan la rumia.

Savia: Líquido que circula por los vasos conductores de las plantas y del que toman las sustancias necesarias para su nutrición.

Semental: Macho que se destina a la reproducción.

Silicato: Sal o éster de los diversos ácidos silícicos.

Sinergismo: Acción combinada de varias sustancias químicas, las cuales producen un efecto total más grande que el efecto de cada sustancia química separadamente.

Sucusión: Agitación vigorosa con movimientos ascendentes-descendentes de un preparado homeopático.

Suelo: Colección de cuerpos naturales formados por sólidos (minerales y orgánicos), líquidos y gases, sobre la superficie de los terrenos. Presenta ya sea horizontes o capas que se diferencian del material de origen como resultado de adiciones, pérdidas, migraciones y transformaciones de energía y materia, o por la habilidad de soportar raíces de plantas en un ambiente natural.

Sustrato: Medio en el que se desarrolla una planta o un animal fijo.

Taxonomía (del griego taxis=arreglo, poner orden; nomos=ley): Método sistemático para clasificar organismos vivos con base en el grado de similitud de los individuos entre sí. Las agrupaciones representan relaciones evolutivas (filogenéticas).

Termófilas: Especies animales o vegetales adaptadas a vivir en lugares cálidos, bacterias que tienen una temperatura óptima de crecimiento superior a 45°C.

Textura del suelo: Se refiere a la proporción relativa de arena, limo y arcilla en el suelo, se expresa en porcentaje.

Tierra: También denominada como terreno. Este término se usa para referirse a todos los recursos naturales sobre nuestro planeta en áreas que no están cubiertas por agua. Es más amplio que suelo.

Translocación: Transporte de las sustancias en disolución acuosa por el interior de los vasos xilemáticos y floemáticos de los vegetales Cormofíticos.

Turba: Áreas con acumulación de grandes cantidades de material vegetal muerto, el cual tarda en descomponerse y llega a formar una capa con muchos metros de profundidad siempre están sujetas a periodos largos de inundación.

Úrea: Es un compuesto químico cristalino e incoloro, de fórmula $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$. Debido a su alto contenido en nitrógeno (46% N) se utiliza en la agricultura como el fertilizante nitrogenado por excelencia.

Xilema: vaso conductor dentro del tallo de las plantas que transporta la savia bruta (agua y sales minerales) hacia las hojas para su anabolismo.

Autogestión productiva y sustentabilidad agraria.

Se terminó de imprimir en el mes de diciembre de 2015 en
Lectorum S. A. de C. V.

Se utilizó la fuente Soberana Texto para el cuerpo del texto
y Soberana Titular para títulos y subtítulos.

El tiraje consta de 1,500 ejemplares.

