

Lilia Roa Fuentes y Jorge Omar López Martínez

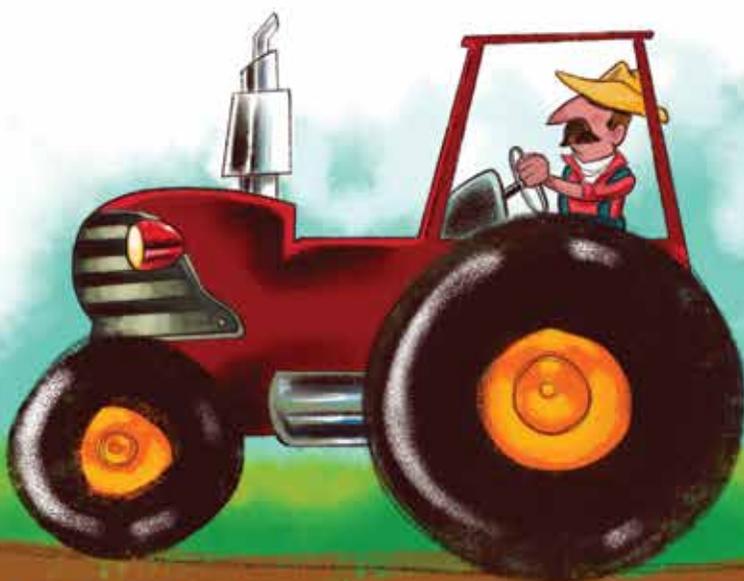


Agricultura funcional para la seguridad alimentaria

La agricultura es considerada la primera revolución humana, y desde entonces ha significado –como toda innovación– tanto beneficios como graves consecuencias. Los sistemas agrícolas deben incorporar lo aprendido del funcionamiento de los ecosistemas naturales; diversidad de especies, diversidad genética, redundancia y resiliencia son algunos ejemplos que abordaremos para enfatizar en la necesidad de pensar nuestra agricultura con el fin de garantizar la seguridad alimentaria de las generaciones venideras.

“La extinción de numerosas formas de vida es una consecuencia invariable del progreso de los cultivos y necesariamente oscurecerá su invaluable registro del pasado.”

ALFRED RUSSEL WALLACE (1863)



Introducción

Desde tiempos inmemorables el ser humano ha modificado su entorno natural; entre otras cosas, para satisfacer las necesidades alimentarias de la población. Para lograrlo ha incurrido en la domesticación de un reducido número de especies vegetales, a partir de la reproducción selectiva de poblaciones con características deseables para el consumo. Con ello se han producido plantas diferentes a sus ancestros silvestres. Tradicionalmente la domesticación ha sido un proceso intuitivo y se han requerido centenares de años de ensayo y error para lograr seleccionar y amplificar las características deseadas en las plantas.

A mediados del siglo XIX, con el descubrimiento de la sexualidad de las plantas, se inició el mejoramiento genético moderno que emplea individuos de una misma especie y organismos de especies diferentes para generar híbridos con las características deseables. Posteriormente, con el advenimiento de la biotecnología y la ingeniería genética, los límites para la transferencia de genes entre diferentes especies fueron excedidos. Los avances han divergido significativamente de la modificación genética tradicional, con consecuencias a largo plazo aún desconocidas por la humanidad.

A partir de la domesticación se desarrollaron sistemas agrícolas a baja escala que soportan, sin apuro, las necesidades de la población humana. Sin embargo, la agricultura moderna es una pequeña parte de lo que podría ser. Existen miles de especies de plantas que están esperando ser utilizadas, muchas de las cuales han demostrado ser superiores a aquellas que favoreció la selección humana (Figura 1).



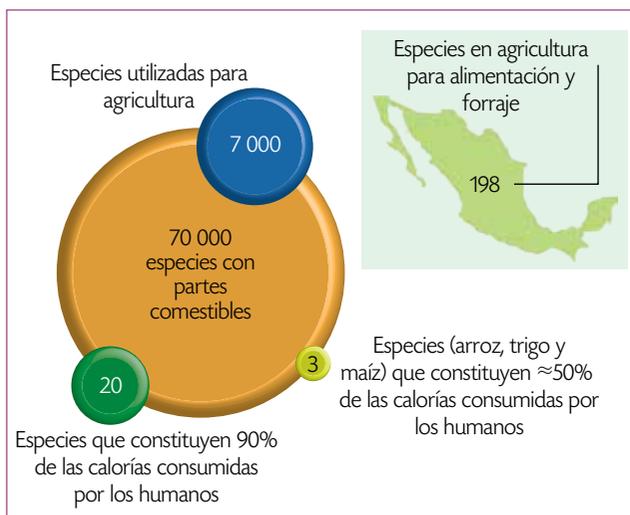


Figura 1. Relación del número de especies con potencial para la agricultura y estado actual de la base de la agricultura a nivel mundial.

Adicionalmente, con la Revolución Industrial y el crecimiento exponencial de la población, la agricultura tradicional comenzó a sufrir cambios colosales. Por ejemplo, ha dejado de ser una actividad de autoabastecimiento y, en cambio, se han desarrollado grandes regiones de agricultura mecanizada especializada en monocultivos, con producciones de un orden de toneladas al año. Estos cultivos se caracterizan, además, por estar bajo manejo intensivo, comúnmente aplicado a través de paquetes tecnológicos que permiten producir más en el menor tiempo posible.

Si bien la expansión e intensificación de la agricultura ha sido enarbolada por los gobiernos como una estrategia que genera beneficios para la humanidad –tales como la disminución de la pobreza o el mejoramiento de la seguridad alimentaria–, también ha generado fuertes presiones sobre el ambiente. Los ecosistemas naturales han sido suprimidos o gravemente degradados. En consecuencia, los servicios ecosistémicos que ofrecen han disminuido de modo alarmante (MEA, 2005). Por ejemplo, la provisión de agua potable, la regulación de la calidad del aire, e incluso un servicio que ha perdido valor en la sociedad actual: la belleza escénica que reconforta la vida y fortalece el vínculo con nuestra propia naturaleza humana.

Tales cambios han provocado pérdidas de biodiversidad a escala local y han impactado fuertemente los patrones de biodiversidad a escalas globales. Desde

1960, con la adopción de variedades de semillas modificadas genéticamente, se dio un cambio trascendental en el patrón de diversidad genética de las especies utilizadas en los campos agrícolas. Este cambio –promovido con el objetivo de lograr altos rendimientos– significó la pérdida de casi tres cuartas partes de la diversidad genética de los cultivos agrícolas alrededor del mundo.

Por otro lado, de acuerdo con la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN), la agricultura es uno de los principales promotores de la deforestación y degradación de los ecosistemas y se encuentra estrechamente vinculada con las altas tasas de pérdida de biodiversidad observadas en la actualidad. La agricultura es el tipo de uso de suelo dominante a escala global: para 2009 cubría cerca de 40% de la superficie terrestre. Las estimaciones sugieren que, debido a la demanda alimentaria, las áreas destinadas a las actividades agrícolas en los países en desarrollo se incrementarán aproximadamente 25%, con una desafortunada desproporcionalidad hacia las regiones tropicales. Adicionalmente, la demanda energética basada en el desarrollo “bioenergético” traerá un fuerte incremento de las superficies destinadas a cultivos tales como palma de aceite, sorgo, maíz y caña de azúcar. Con todo, se prevé un panorama poco favorable para la conservación de la biodiversidad.

El escenario de la producción de alimentos en México

En las regiones tropicales a nivel mundial se ha identificado que el cambio de uso de suelo de forestal



a la agricultura intensificada es el principal promotor de la pérdida de biodiversidad, lo cual también se asocia a dinámicas sociales sumamente complejas. Por ejemplo, las poblaciones humanas identificadas como las más pobres del mundo viven, precisamente, en las regiones tropicales. Del mismo modo, estos lugares presentan las tasas de incremento poblacional más elevadas del mundo y –por si fuera poco– están en los países con los mayores niveles de corrupción.

México no es la excepción a la regla. Actualmente 30% del territorio nacional se destina a la agricultura y las altas tasas de pérdida de biodiversidad, así como la disminución en los servicios ecosistémicos, se encuentran asociados a los cambios de uso de suelo. Además, una gran parte de la población vive en pobreza extrema y el país se encuentra en la indecorosa lista de aquéllos con los índices de corrupción más altos del mundo, lo que impacta directamente los recursos que son destinados al desarrollo rural. En México existen escenarios muy contrastantes; por un lado, áreas agrícolas altamente tecnificadas y con orientación al mercado, lo que implica grandes extensiones de tierra, uso de fertilizantes, pesticidas y otros insumos que garantizan una alta productividad. Por otro lado, también hay áreas agrícolas con poca inversión en tecnología para suplir las necesidades de autoconsumo.

Éste es el escenario de cerca de una cuarta parte de la población mexicana que vive en el sector rural y depende de las actividades agrícolas. Muy pocos pueden explotar sus tierras para entrar en el mercado, lo cual redundará en una gran cantidad de mexicanos en el campo que deben soportar la pobreza, con dificul-



tades para acceder a una dieta balanceada y diversa, y expuestos a una alta vulnerabilidad alimentaria. Además, a los problemas de salud se suman la falta de una educación de calidad, la escasez de vivienda y el limitado acceso a servicios sociales básicos.

● **¿Pero es posible que la sociedad sobreviva sin la actividad agrícola?**

No. Es evidente que las poblaciones humanas no pueden prescindir de la actividad agrícola. El número poblacional actual hace imposible siquiera pensar en un retorno a la idílica época recolectora en la que hombres y mujeres a medio vestir exploraban los bosques en busca de víveres. Por muy romántica y liberadora que la idea nos parezca, la capacidad de carga de los sistemas naturales no podría sostener los requerimientos actuales de alimentación de 7 000 millones de personas.

Para lograr la seguridad alimentaria es necesario comenzar por entender la estrecha relación que existe entre la productividad de los sistemas agrícolas y los servicios que ofrecen los ecosistemas naturales. Se requiere comenzar a cobrar conciencia de esta relación e incorporar estrategias de producción agrícola que sean diseñadas bajo un esquema de sistema funcional, lo que permitirá la conservación de los procesos que conllevan al mantenimiento de los servicios ecosistémicos.

● **¿Podemos aprender de los ecosistemas naturales?**

Sí. Podemos aprender muchas lecciones de los ecosistemas naturales (Figura 2). Para empezar, considere-

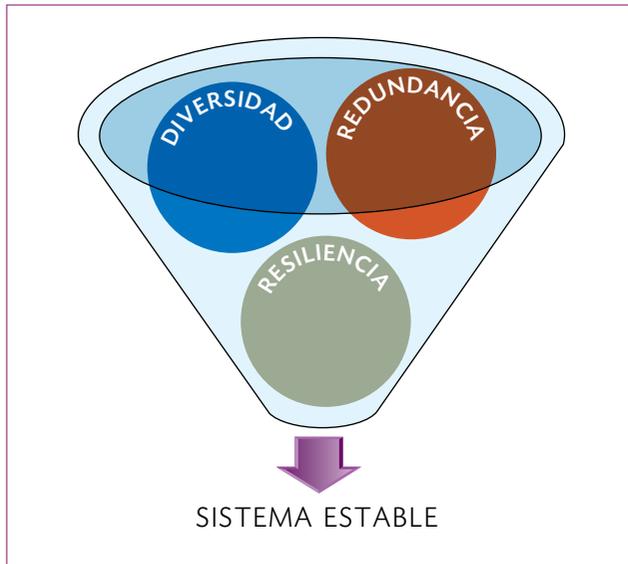


Figura 2. Cualidades de los ecosistemas naturales que nos dan la clave para garantizar la estabilidad de los sistemas agrícolas y, así, la seguridad alimentaria.

mos que el componente vivo y los factores ambientales que conforman los ecosistemas suman miles de años interactuando y adaptándose en el marco de los procesos evolutivos que los han llevado a la compleja dinámica que podemos ver hoy. La ecología y otras muchas disciplinas de las ciencias de la vida se esfuerzan por entender la complejidad de este funcionamiento. Pero

lo aprendido hasta hoy no tiene un alcance más allá de una aproximación simple y práctica, que se resume en un conjunto de conceptos que señalan el camino andado por estos sistemas.

Para extraer los conceptos que puedan guiar el quehacer de la agricultura y tender a garantizar la seguridad alimentaria, debemos empezar a descomponer el ecosistema en sus partes fundamentales.

El componente vivo son las especies que conforman los tres dominios de la vida: desde las bacterias (pasando por las arqueobacterias) hasta los hongos, plantas y animales. Todas las especies expresan una amplia gama de variación genética, morfológica y de posible respuesta a los cambios. La *diversidad de especies* en un ecosistema está representada por los organismos que han adquirido la habilidad de crecer y reproducirse en un sitio determinado, bajo condiciones ambientales particulares, y que sobreviven enfrentando la competencia y depredación de otros organismos presentes. Por ejemplo, la diversidad de especies provee de importantes polinizadores a los sistemas agrícolas, así como dispersores de semillas y agentes de control biológico que mantienen al margen a las poblaciones de plagas. Por ello, es importante mantener altos índices de biodiversidad en sistemas agrícolas, así como en los mosaicos de vegetación donde se encuentran insectos, pues





se proporciona seguridad alimentaria y resulta económicamente menos costoso.

Para el caso de los ecosistemas de zonas tropicales como México, la heterogeneidad es muy obvia a la vista. Gran parte de ésta se debe a la variación del material genético dentro de las especies, esto es, entre individuos y entre poblaciones de la misma especie, lo que se conoce como *diversidad genética*. Hoy podemos entender que la diversidad genética de una especie favorece su supervivencia, pues le brinda mayor probabilidad de que alguna parte de la población tenga información genética que le confiera resistencia a enfermedades, a cambios rápidos en la dinámica de las poblaciones o a un evento climático extremo. De igual forma, la riqueza de especies y la diversidad genética del sistema agrícola tradicional tienen ventajas, como ofrecer tolerancia a las sequías, a las enfermedades, a periodos cortos de crecimiento, entre otras. Esto se debe a que las variedades de plantas fueron cultivadas para adaptarse mejor a las condiciones locales, en comparación con variedades mejoradas, las cuales requieren de muchos cuidados.

Más allá de cada especie y su diversidad genética, las relaciones entre especies diferentes y con el ambiente físico forman redes imbricadas y complejas que le confieren al ecosistema particularidades relacionadas

con los flujos de energía y el ciclo de los nutrientes. Gracias a esto el ecosistema adquiere la habilidad de soportar las perturbaciones y volver a su estado de equilibrio (“saludable”), lo que se conoce como *resiliencia*. Para lograrlo, el ecosistema almacena información *redundante*, esto es, la repetición de la función contenida en un componente del sistema que permite, a pesar de la pérdida de dicho componente, restablecer su función.

Diversidad genética y de especies, la resiliencia y redundancia son sólo algunos ejemplos de lo que hemos aprendido de los sistemas naturales y que tienen aplicabilidad inmediata en temas de interés mundial, como la seguridad alimentaria.

¿Cómo transferir las lecciones aprendidas de los ecosistemas a los sistemas agrícolas? El desarrollo de la agricultura funcional

Aquí retomaremos dos opciones de manejo alternativo largamente planteadas en la literatura científica que involucran lo aprendido del funcionamiento de los ecosistemas. Por un lado, es necesario desarrollar los sistemas agrícolas bajo una perspectiva de paisaje; es decir, diseñar sistemas agrícolas en una matriz que albergue parches de vegetación grandes y complejos



desde el punto de vista estructural. Adicionalmente, es necesario que la matriz de vegetación en la cual se encuentren embebidos nuestros sistemas productivos sea tan amplia como para generar un sistema de corredores que mantenga la conectividad que minimice los efectos de borde y aislamiento de los ecosistemas naturales y que al mismo tiempo capture la máxima variabilidad ambiental.

Por otro lado, es imprescindible desarticular la relación monocultivo-paquete tecnológico que ha fomentado la pérdida de variedades importantes para el mantenimiento de la biodiversidad agrícola. No debemos abandonar la idea de la tecnificación de grandes áreas de cultivo, pero se deben implementar esquemas de policultivos que favorezcan la biodiversidad. Se debe detener la deliberada minimización de la diversidad en la búsqueda de cultivos uniformes que puedan ser manejados y cosechados de forma estandarizada, pero que también requieran de la supresión de patógenos (pesticidas) y perturbaciones naturales para mantener su productividad, recursos adicionales en riego (agua) y nutrientes (fertilización).

Las áreas cultivadas con mayor diversidad de especies y variedades favorecerían la resiliencia de los agroecosistemas, los cuales serían menos susceptibles a plagas y enfermedades, al mismo tiempo que tendrían ma-

yor resistencia a diferentes tipos de perturbación y se adaptarían más fácil y rápidamente a las circunstancias manteniendo sus diferentes funciones. Es necesario promover el uso de especies autóctonas (nativas) adaptadas a condiciones de fertilidad y humedad del suelo limitadas, lo cual disminuye la necesidad de maquinaria moderna y costosa. Además, se deben incorporar estrategias de monitoreo que garanticen la detección temprana de síntomas de pérdida de calidad del suelo y señales de la alteración de los ciclos de los principales nutrientes para, en consecuencia, implementar acciones de restauración del suelo que ha sido sobreexplotado. Esto mantendrá el potencial de producción de los campos mexicanos que ya son parte de tierras de cultivos, a la vez que impedirá el aumento de la frontera agrícola y las consecuencias que de ello derivan, entre ellas la pérdida de muchos servicios que ofrecen los ecosistemas naturales.

Conclusiones

Es urgente que la humanidad reconozca la importancia de replicar, en la medida de lo posible, la forma en la que funcionan los ecosistemas naturales, con el fin de lograr la resiliencia de nuestros sistemas productivos. Se necesitan cultivos con mayor diversidad de especies

–lo que involucra una mayor diversidad genética–, así como especies autóctonas adaptadas a condiciones de fertilidad y humedad del suelo limitadas. También es urgente implementar estrategias de monitoreo que se enfoquen a acciones de restauración oportunas.

México sí puede adaptar su agricultura a un manejo funcional, basado en lo aprendido de los ecosistemas; pero se requiere dar alerta inmediata para generar cambios que aseguren la provisión de alimento de calidad para las próximas generaciones. Ha sido ampliamente probado que los servicios ecosistémicos son los insumos necesarios para mantener nuestros sistemas agrícolas en funcionamiento y, en general, para proveer de bienestar a la humanidad. Sólo la implementación de agrosistemas que permitan el funcionamiento ecosistémico y la conservación en todos los niveles jerárquicos de la biodiversidad logrará disminuir las tendencias del cambio climático.

Lilia Roa Fuentes es bióloga por la Universidad Industrial de Santander-Colombia, y doctora en Ciencias por la Universidad Nacional Autónoma de México. Se desempeñó como investigadora en el Centro del Cambio Global y la Sustentabilidad en el Sureste-Tabasco. En la actualidad está vinculada a la Universidad Pontificia Javeriana en Colombia. Sus intereses de investigación son: 1) la búsqueda de los mecanismos que permiten el funcionamiento de los ecosistemas, especialmente en lo referente a los ciclos biogeoquímicos y la fertilidad del suelo, y 2) el diseño de estrategias de restauración ecológica en el trópico.

lilia.roa@javeriana.edu.co

Jorge Omar López Martínez es licenciado en Biología por la Universidad Autónoma de Yucatán, y doctor en Ciencias y Biotecnología de Plantas (Ecología, Sistemática y Evolución) por el Centro de Investigación Científica de Yucatán. Actualmente se desempeña como investigador (Cátedras Conacyt) en el Colegio de la Frontera Sur (Ecosur) unidad Chetumal. Su línea de investigación se enfoca en entender los procesos macroecológicos y las implicaciones del cambio climático sobre los servicios ecosistémicos.

jolopemart@ecosur.mx

Lecturas recomendadas

FAO (1995), *Planning for sustainable use of land resources. Towards a new approach*, Roma, FAO Land and Water Development Division.

FAO (2009), *The State of Food Insecurity in the World. Economic crises – impacts and lessons learned*, Roma, FAO Electronic Publishing Policy and Support Branch.

Fischer, J., B. Berry, G. C. Daily *et al.* (2008), “Should agricultural policies encourage land sparing or wildlife-friendly farming?”, *Frontiers in Ecology and the Environment*, 6(7):380-385.

Millennium Ecosystem Assessment (MEA) (2005), *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*, Washington, D. C., Island Press.

