

# Inversión en cultivos perennes para alimentar al mundo de manera sostenible\*

## Investing in Perennial Crops to Sustainably Feed the World

### Cómo citar este artículo:

Kahn, P., Molnar, T., Funk, C. & Zhang, G. (2013, Diciembre 30). Inversión en cultivos perennes para alimentar al mundo de manera sostenible. *Palmas*, 34(4), 11-20.

| Autores  |
|--|
| <p><b>Peter C. Kahn</b><br/>Profesor de bioquímica<br/>kahn@aesop.rutgers.edu</p>  |
| <p><b>Thomas Molnar</b><br/>Profesor auxiliar<br/>en biología vegetal<br/>molnar@aesop.rutgers.edu</p>   |
| <p><b>C. Reed Funk</b><br/>Profesor emérito de biología<br/>vegetal en Rutgers University<br/>dr.c.reed.funk@gmail.com</p>   |
| <p><b>Gengyun G. Zhang</b><br/>Gerente General, Departamento<br/>de Agricultura y Bioenergía,<br/>Zona Industrial de Beishan,<br/>Shenzhen, China<br/>zhanggengyun@genomics.org.cn</p> |
| Palabras CLAVE   |
| <p>Cultivos perennes; suelos;<br/>Revolución verde; nutrición;<br/>gramíneas.</p>  |
| <p>Perennial Crops; soil; Green<br/>Revolution; nutrición; graminoids.</p>   |
| <p>Recibido: junio 25 de 2013<br/>Aprobado: agosto 30 de 2013</p>  |



El suministro de alimentos en el mundo es cada vez más inseguro e insuficiente. Sin embargo, esta sombría perspectiva podría cambiarse drásticamente si el mundo adoptara una novedosa pero simple estrategia: complementar los cultivos alimentarios anuales, que pronto serán insuficientes para la tarea de sostenernos, con plantas perennes mejoradas como árboles, arbustos, herbáceas y gramíneas productoras de alimentos y de bioenergía. Hacer este cambio no será fácil y requerirá importantes investigaciones adicionales, pero creemos que es un enfoque práctico y relativamente económico que no solo incrementará la seguridad alimentaria y energética, sino también mejorará la calidad del suelo, protegerá los recursos hídricos, disminuirá las inundaciones, cosechará dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y proporcionará trabajo a millones de personas.

En los últimos 50 años, la población mundial se ha duplicado, con un aumento en más de tres mil millones de personas. Afortunadamente, la producción de granos se ha más que duplicado durante ese tiempo. La disponibilidad de alimentos nutritivos al menor costo en la

\* Artículo traducido del original *Investing in Perennial Crops to Sustainably Feed the World*, publicado en *Issues in Science and Technology*, Summer 2011.

Los incrementos espectaculares en rendimientos de los cultivos anuales se están acercando a sus límites. No obstante, avances similares son posibles en cientos de especies perennes subutilizadas.

historia es la base de la paz, la prosperidad y el progreso que la sociedad ha disfrutado.

No obstante, en el próximo medio siglo está previsto que el planeta tenga otras tres mil millones de personas adicionales. Una vez más necesitaremos incrementar la producción de alimentos en una cantidad equivalente solo para mantenernos en el mismo lugar. Pero seguir donde estamos no bastará. Actualmente hay millones de personas que no tienen lo suficiente para comer y millones más que ansían alejarse de las dietas basadas principalmente en plantas. La reciente tendencia de producir cultivos para uso energético complica la situación.

Los incrementos de los rendimientos de los cultivos anuales de los cuales dependemos actualmente son posibles y deben buscarse con vigor. Sin embargo, estos esfuerzos probablemente no ofrecen una solución completa y sostenible para la creciente escasez de alimentos y energía. Una gran parte de la tierra de la que dependemos está perdiendo productividad debido a la deforestación, el desarrollo, el sobrepastoreo y las malas prácticas agrícolas. Las consecuencias son, entre otras, erosión, contaminación y expansión de los desiertos.

Las capas freáticas están descendiendo al tiempo que los acuíferos se bombean a velocidades que exceden su capacidad de recarga. Incluso el agua en los acuíferos fósiles profundos, depositados hace millones de años y que no se pueden recargar, se está agotando. Casi 90 % del agua dulce utilizada por el hombre se destina al riego. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), solamente 16 % de la tierra agrícola mundial es irrigada, pero este porcentaje produce el 36 % de la cosecha global.

El desmonte de bosques y praderas y el cultivo en tierras de ladera han llevado al rápido escurrimiento de las aguas pluviales que normalmente ayudarían a recargar los acuíferos cercanos a la superficie. En muchas regiones, el drenaje inadecuado ha incrementado el contenido de sal del suelo, lo que ha llevado a una pérdida de la productividad y en ocasiones al

abandono de la agricultura por completo. La antigua región del creciente fértil Medio Oriente es un ejemplo evidente, y una salinización similar se está acelerando en los Estados Unidos, China y otros lugares. Ciertamente es posible e imperativo incrementar la eficiencia en el uso del agua en la agricultura, pero no es claro si esto compensará completamente las pérdidas de agua o incrementará lo suficiente los rendimientos de los cultivos anuales.

En muchas partes del mundo las tormentas de polvo y la desertificación son graves. El agotamiento del acuífero fósil debajo de la llanura del norte de China, por ejemplo, ha llevado a grandes tormentas de polvo que asfixian a los surcoreanos todos los años. Las tormentas cada vez más frecuentes provenientes de África de manera rutinaria dejan caer tierra irremplazable al Mar Caribe, poniendo en peligro a los corales y por lo tanto al ecosistema, mientras agotan las tierras africanas.

La producción de cultivos de cereales a nivel mundial parece que se ha estabilizado durante los últimos años, y la producción per cápita ha venido disminuyendo desde la década de 1980. Como resultado de esta disminución se ha aumentado de manera constante la presión para la conversión de tierras ambientalmente sensibles a tierras para la producción de cultivos anuales. Un ciclo vicioso de una población cada vez mayor y una productividad decreciente del suelo ha llevado al cultivo de tierras marginales.

Asimismo, los bosques tropicales se están cortando para madera y quemando para crear praderas para uso ganadero, y tierras agrícolas para la siembra de soya y otros cultivos anuales. No obstante, muchos suelos tropicales y subtropicales son frágiles y no pueden sostener cultivos distintos de los arbóreos, incluso con suministros constantes de nutrientes cada vez más costosos provenientes de fertilizantes a base de petróleo.

Cuando los bosques tropicales se agotan, el clima se altera debido a que la humedad, que ya no se retiene en la biomasa en pie ni en el suelo, regresa al océano. En tanto que la evaporación y la transpiración de los árboles altos



de raíces profundas llevan a más lluvias tierra adentro, los bosques agotados se vuelven más y más secos, lo que disminuye la productividad y aumenta el riesgo de incendios.

Los problemas anteriores se agravan por la desviación cada vez mayor de tierras y agua para usos no agrícolas, tales como fábricas, residencias y otras edificaciones. Países que han sido autosuficientes en la producción de granos o que los han exportado, ahora enfrentan cosechas disminuidas y necesitan importar alimentos. Se requieren aproximadamente 1.000 toneladas de agua para producir una tonelada de grano; por lo tanto un país que importa granos de otro país también está importando su agua. Arabia Saudita, China y otros países están comprando o arrendando grandes extensiones de terreno en Suramérica, África, Australia y otras partes para cultivar alimentos, con frecuencia desplazando a los habitantes locales quienes dependen de esas tierras.

El malestar social y el aumento del conflicto político por la escasez de alimentos, energía y agua serán algunos de los probables resultados. Existen pruebas de que un factor significativo que contribuyó al genocidio en Ruanda fue la presión que se ejerció sobre la tierra por el aumento de la población y la disminución de la productividad, lo que llevó a un deterioro social y a una inestabilidad política con asesinatos. Se ha señalado que el alza en los precios de los alimentos contribuyó a las revoluciones en Egipto y Túnez y a disturbios en otros países. Además, los aumentos de los precios parecen ser impulsados por tendencias a largo plazo en vez de ser causados por uno o varios acontecimientos inusuales.

## La solución perenne

Proponemos un enfoque conceptualmente sencillo que podría tener un impacto significativo en estos problemas: sembrar más cultivos perennes con potenciales genéticos y posibilidades agronómicas que casi no han sido explotados. Hay cientos de especies de gramíneas,

arbustos, granos, leguminosas y árboles perennes que pueden seleccionarse, mejorarse y sembrarse en millones de hectáreas de tierras dañadas. El resultado sería un incremento espectacular de alimentos ricos en proteínas para las personas y el ganado, así como de madera y biomasa para combustibles y la construcción. Muchas especies de plantas perennes podrían convertirse en biodiésel, etanol, carbón vegetal (*biochar*) para el enriquecimiento del suelo, y otros productos útiles, incluso plásticos.

Además de más alimentos y biomasa, los beneficios continuarían. Los cultivos perennes aumentarían la materia orgánica en el suelo, disminuirían la contaminación y estabilizarían los suelos contra la erosión. Asimismo, ayudarían a que los campos, los bosques y los pastizales retengan el agua, lo que reduciría las inundaciones y ayudaría a la recarga de los acuíferos. Los cultivos perennes también secuestrarían grandes cantidades de CO<sub>2</sub>, lo que ayudaría a frenar el cambio climático.

Nuestro enfoque es esencialmente una adaptación de la Revolución Verde. Sus avances, que han logrado contener en gran parte la inseguridad alimentaria en las últimas décadas, se basaron en semillas híbridas de granos de cereales anuales de alto rendimiento, más pesticidas, fertilizantes sintéticos y el riego. Sin embargo, el precio ecológico ha sido alto y las prácticas agrícolas actuales no son sostenibles.

Está claro que el ulterior desarrollo de los cultivos anuales existentes no solo es posible sino imperativo, especialmente en África. Se deben intensificar las actividades de investigación y

**Debido a sus altas concentraciones de proteínas nutritivas y grasas saludables, los frutos secos son excelentes sustitutos o complementos de la carne en la dieta humana.**

desarrollo (I&D). Aún así, los incrementos espectaculares de los rendimientos de los cultivos y de eficiencia alimentaria de la Revolución Verde pueden estar acercándose a sus límites. Afortunadamente, pueden hacerse avances similares en la productividad de cientos de especies perennes subutilizadas, como ya se demostró con la palma de aceite, el caucho y el eucalipto.

Muchas técnicas de la Revolución Verde pueden aplicarse a los cultivos perennes, tales como el fitomejoramiento clásico para mejorar los rendimientos, la tolerancia al estrés, la resistencia a las enfermedades y otras características. No obstante, las plantas de la Revolución Verde normalmente lograron sus altos rendimientos mediante la fertilización, el agua de riego y los pesticidas. El objetivo de nuestra propuesta sería el de desarrollar plantas de cultivos perennes que requieran el menor insumo externo posible.

Si las plantas perennes tienen tanto potencial, ¿por qué no han recibido más atención? Una razón es que las mejoras masivas de la Revolución Verde en el suministro de alimentos hicieron parecer oportuno invertir en el desarrollo de los cultivos anuales. Otra razón es que se necesitan relativamente pocos años para desarrollar variedades mejoradas de plantas anuales. Las nuevas variedades de las perennes se toman más tiempo. Con frecuencia es necesario observar los resultados de los cruces durante varios años para saber si una nueva variedad de planta es realmente un mejoramiento. Afortunadamente, la tecnología puede acelerar este proceso. Los métodos de laboratorio más recientes, incluidas la secuenciación de alto rendimiento y la genómica comparativa, pueden determinar más rápidamente si un cruce dado tiene las características deseadas.

## Qué sembrar

La siembra de árboles serían de tres tipos: árboles productores de frutos secos y de otros alimentos; palma de aceite, coco y otras plantas perennes productoras de aceite para combustible y alimentos; y especies de rápido crecimien-

to como el álamo y el eucalipto para la rápida producción de biomasa leñosa. Los árboles productores de frutos secos incluyen especies adaptadas a muchos climas diferentes. Debido a sus altas concentraciones de proteínas nutritivas y grasas saludables, los frutos secos son excelentes sustitutos o complementos de la carne en la dieta humana (en los niveles de rendimientos actuales, una sola hectárea de nueces puede aportar 10 % de una dieta diaria de 2.000 calorías para 47.000 personas). Los frutos secos también ofrecen oportunidades de mejora mediante el fitomejoramiento clásico, complementado adecuadamente con la biotecnología. Las investigaciones deben centrarse en las mejoras de los rendimientos, la nutrición, la adaptación a diferentes suelos y ambientes, la resistencia a las plagas, la tolerancia al estrés y la calidad de la madera. Es importante darse cuenta que la seguridad alimentaria no solo viene de una única fuente de alimento sino de una multiplicidad, especialmente ante el aumento de los precios y de la creciente inestabilidad climática.

Una cierta sustitución de carne por frutos secos podría tener beneficios ambientales importantes. La actual producción mundial de más de 75 millones de toneladas de carnes vacuna, ovina, porcina y caprina que emplean técnicas actuales de gestión pecuaria, con frecuencia da lugar al sobrepastoreo, lo que deteriora los pastizales, especialmente en los países en desarrollo. Este deterioro ha sido asociado con la erosión severa, la compactación de los suelos, las violentas tormentas de arena, la desertificación y las cosechas reducidas. El rápido crecimiento de la población y el aumento resultante del consumo de carnes acelerarán estos problemas, aunque las variedades mejoradas de ganado y gramíneas y las buenas prácticas de manejo, incluidas el pastoreo racional y rotacional, incrementarían mucho la productividad de las praderas y la calidad de los suelos.

Más de dos mil millones de personas en el mundo adquieren su energía para calefacción y para cocinar de la quema de madera, de los residuos de los cultivos y del estiércol



animal, y es probable que esto no cambie por el momento. Por lo tanto, además de árboles productores de frutos secos, se necesitarían árboles no productores de alimentos de rápido crecimiento. Estos pueden cultivarse de manera intercalada con plantas productoras de alimentos, lo que promovería un policultivo perenne genéticamente diverso. Más árboles energéticos también significarían que los residuos de los cultivos y el estiércol que ahora se queman como combustible pueden en cambio emplearse para enriquecer el suelo.

Deben sembrarse arbustos, herbáceas y gramíneas perennes como policultivos en tierras incapaces de sostener árboles y también se utilizarían como cobertura del suelo y entre las siembras de los árboles. Debido a que algunas de estas plantas son leguminosas, enriquecerían el suelo con nitrógeno. También se están desarrollando gramíneas y leguminosas perennes para producir granos comestibles que pueden ser cosechados cada año sin renovación.

Se pueden sembrar gramíneas y en muchos casos árboles perennes en las laderas de las montañas y en otras tierras inclinadas que no son aptas para la siembra de cultivos anuales pero que, sin embargo, se han cultivado y degradado. De hecho, hay más áreas aptas para la producción de alimentos, pasturas y cultivos productores de bioenergía perennes disponibles en tierras empinadas y marginales que en las tierras que se utilizan actualmente para la producción sostenible de plantas de cultivos anuales. Las gramíneas, las leguminosas y las hierbas malas resistentes pueden servir en muchos casos para restaurar los suelos degradados donde otras plantas perennes, incluidos los árboles, pueden crecer.

Las plantas perennes también pueden ayudar a reducir el CO<sub>2</sub>. Con frecuencia se dice que el combustible de biomasa es neutral en carbono porque el CO<sub>2</sub> convertido en biomasa regresa posteriormente a la atmósfera. Pero es realmente mejor porque parte del carbono fijado por las plantas, junto con otros nutrientes, se añaden al suelo, de tal modo que enriquecen la productividad de la tierra.

Mediante la siembra de plantas perennes mejoradas sería posible producir muchas veces la biomasa cosechada originalmente de las plantas en tierras degradadas y reducir así el CO<sub>2</sub> atmosférico. Esto se lograría mediante la cosecha de las plantas perennes en intervalos de varios años y su reemplazo con variedades mucho más productivas desarrolladas por los fitogenetistas. Más importante, la cosecha de las plantas, justo en el punto máximo de su crecimiento, añadiría mucho a la producción de biomasa porque las plantas adultas presentan generalmente poco crecimiento y cosecha netos de CO<sub>2</sub>. Por lo tanto, una cosecha y una renovación planeadas, incluido el enriquecimiento del suelo mediante el ciclado de una parte de la cosecha de vuelta al suelo, maximizarían el rendimiento y la fijación del carbono atmosférico. Estas ideas podrían implementarse con las tecnologías actualmente disponibles y son sostenibles en el futuro lejano.

**La amplia implementación de variedades de palma de aceite constantemente mejoradas y de una agronomía mejorada podría ayudar a suministrar combustible así como alimentos.**

## **Esfuerzos actuales**

Hay éxitos en el desarrollo de cultivos perennes que podemos aprovechar. En una serie de informes titulados *Los árboles fuera del bosque* (*Trees Outside Forests*), la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, por sus siglas en inglés) ha descrito, por ejemplo, cómo los agricultores en el Sahel en África Occidental consideran los árboles como parte integrante de la agricultura y dejan algunos dispersos en sus campos de cultivos

anuales, en lo que se denominan parques agroforestales. Los árboles proporcionan alimentos y otros productos durante la estación seca y las sequías de más larga duración. El árbol de karité es apreciado por producir aceite que se usa para cocinar. El aceite también se utiliza en la producción de costosas cremas faciales que se venden en los mercados internacionales. Los frutos y las semillas del árbol baobab proporcionan vitamina C y las hojas se utilizan para hacer salsas.

Pero los karités y otros árboles que cultivan los agricultores del Sahel son difíciles de propagar. Pocas semillas germinan y existen grandes posibilidades para mejorar los rendimientos, la tolerancia a la sequía y otras características. Debido a que estos árboles ya son valorados por la población local, la integración de las mejoras debe, con una preparación razonable, ir bien.

Dondequiera que ha ocurrido un desarrollo exitoso, los investigadores han trabajado de cerca con los agricultores locales y sus asociaciones, con el personal gubernamental y de la universidad local y con las ONG. Creemos que el mismo modelo aplicaría para el desarrollo de los cultivos perennes. La mejora de los parques es solo un área para ser explorada. Los trabajos forestales y de huertos, las barreras contra el viento, las plantaciones pertenecientes a las aldeas y muchas otras formas de desarrollo han recibido atención y pueden necesitar más.

El cambio, de acuerdo con lo sugerido aquí, se está produciendo en Europa, Estados Unidos, Nueva Zelanda, Islandia, Corea del Sur y China, entre otros lugares. Por ejemplo, las plantaciones a gran escala de arbustos perennes de espino amarillo en más de 1,2 millones de hectáreas en el noroeste de China han disminuido la erosión del suelo y la degradación de la tierra y han formado una nueva industria sostenible de espino amarillo para la economía local. Las bayas del espino son ricas en vitamina C y se utilizan para hacer jugos y mermeladas, así como cremas faciales y productos medicinales, esta planta también fija el nitrógeno.

La aplicación generalizada de variedades de palma de aceite constantemente mejoradas y de

una agronomía mejorada podría ayudar a suministrar combustible así como alimentos. No se tendrían que tomar bosques tropicales adicionales para la producción de más alimentos y biodiésel a partir de aceite de palma o coco. El cultivo de palma de aceite intercalado con otros cultivos perennes para evitar monocultivos a gran escala, incrementaría la superficie de tierra necesaria para producir una cantidad dada de aceite. Sin embargo, hay más que suficientes tierras degradadas disponibles. Además, el policultivo simularía parte de la diversidad de los ecosistemas saludables y podría proporcionar un hábitat mejorado para la vida silvestre. Más aún, la producción de palma-aceite produce más de 20 toneladas de biomasa adicional por hectárea por año, algunas de las cuales podrían emplearse como fuente adicional de bioenergía y otras para enriquecer el suelo.

Los beneficios serían más que ecológicos. A medida que los combustibles fósiles se vuelven más costosos, los costos de los alimentos subirán debido a que las prácticas agrícolas actuales requieren grandes insumos de energía procedente de combustibles fósiles. De hecho, los costos de los alimentos ya están aumentando debido a la competencia entre el uso de la producción agrícola para alimentos y energía.

El enfoque aquí descrito proporcionaría empleo a muchas personas, lo que disminuiría la pobreza en los países en desarrollo y desarrollados. También reduciría la dependencia del petróleo. Asimismo, los biocombustibles que se producen en los países en desarrollo reducirían la importación de combustibles, estimularían las economías de los países y disminuirían el precio del petróleo crudo a nivel mundial.

El bioetanol y el biodiésel producidos a partir de cultivos anuales como maíz, trigo y colza, a menudo utilizan casi la misma energía que la que ahorran, debido a las grandes cantidades de combustibles fósiles que requieren para su producción, transporte y elaboración. Además, cantidades variables de carbono en el suelo se pierden a causa de la oxidación y la erosión, y se emiten óxidos de nitrógeno (gases de efecto invernadero potentes).



En contraste, los biocombustibles y otros bioproductos que se producen de cultivos perennes, como palma de aceite, jatrofa, *switchgrass*, miscanto, caña de azúcar, álamo, sauce híbrido y eucalipto utilizan mucho menos energía en su producción, añaden carbono orgánico al suelo, reducen o eliminan la erosión del suelo al mantener su cobertura, y tienen un período más largo de fotosíntesis durante el año, por lo tanto fijan más carbono con el tiempo.

El cultivo de palma para producir biodiésel ha sido criticado últimamente debido a las prácticas destructivas, como las siembras de monocultivos, el cultivo en tierras no aptas que da lugar al deterioro ecológico, la tala o quema indiscriminada de bosques vírgenes y otras prácticas que emiten cantidades significativas de gases que atrapan calor. Como cualquier otra actividad agrícola, el cultivo de palma de aceite puede hacerse bien o mal, pero debe hacerse bien.

## Cómo empezar

El primer paso para incrementar la proporción de plantas de cultivos perennes es crear varios centros de investigación agrícola para estudiar las variedades de árboles, herbáceas y otras plantas perennes adaptadas al clima, al suelo y a las prácticas culturales de la población local. El estudio de los tipos de suelo locales y encontrar la manera de mejorarlos son críticos. Se necesitarían de tres a cinco estaciones en China, el sur de Asia, África, Suramérica, Europa, Japón, Australia, Norte América y el Medio Oriente, o de 27 a 45 estaciones a nivel mundial.

Una dotación inicial de \$ 20 a \$ 40 millones para cada estación produciría ingresos por concepto de inversiones de entre \$ 1 millón (\$ 20 millones al 5 %) a \$ 2.8 millones (\$ 40 millones al 7 %) por año. Esto sería suficiente para iniciar y poner en marcha una estación hasta el punto en el cual la aplicación del plan que desarrolla pueda convertirse en una realidad.

El costo total de entre \$ 540 millones y \$ 1.8 mil millones sería increíblemente económico

según los estándares presupuestarios del mundo. Todo ello se puede suministrar durante varios años por fuentes no gubernamentales, tales como fundaciones e individuos.

Tenemos como objetivo el apoyo privado autosostenible porque el apoyo gubernamental es a menudo poco seguro y no se puede contar con él para la I&D a largo plazo, y la industria privada se enfoca en la rentabilidad a corto plazo. Con el tiempo será necesario el apoyo de los gobiernos en muchos países a medida que comienza la ejecución a gran escala, pero el apoyo inicial de las fundaciones e individuos le dará tiempo a los centros de investigación para desarrollar redes políticas que puedan finalmente lograr el apoyo de los gobiernos.

Muchas de las estaciones pueden ser adiciones o resultados de los centros de investigación existentes y de las instituciones educativas, donde la infraestructura ya está instalada. Algunas pueden ser entidades independientes recién creadas. Un subproducto saludable de ese enfoque sería la creación de capacidad en materia de I&D en países que lo necesitan.

Además de crear variedades útiles de plantas a través de programas de mejoramiento genético a largo plazo, los centros iniciarían los análisis agronómicos, ecológicos, culturales y económicos que se necesitan para implementar unos programas locales sostenibles. Trabajarían estrechamente con la población local, de acuerdo con los servicios de extensión agrícola de los Estados Unidos. La población local debe ser incorporada temprano al proceso de planificación, ya que sin ella los planes probablemente fracasarán. La efectividad de la participación de los agricultores locales en África y otros lugares ha sido bien documentada.

Sospechamos que el cultivo de árboles de frutos secos y otros producirían beneficios ecológicos, alimentarios y económicos, como en el caso de las nueces; sin embargo, el personal de los centros de investigación aquí previstos tendrá que examinar en detalle interrogantes como estos y muchos más. El ejemplo de la palma de aceite ilustra algunos de los factores

que tendrían que considerarse para cualquier cultivo en cualquier lugar.

Además, muchas decenas o centenares de especies de árboles, gramíneas y herbáceas tendrán que ser evaluadas; solamente hemos mencionado unas pocas de las posibilidades. Ningún centro de investigación puede trabajar en cientos de especies, podría estudiar tal vez sobre una docena, dependiendo de las condiciones del suelo, la topografía y otros factores. Esa es una razón por la cual se necesitarían muchos centros. Estas especies deberán estudiarse en grupos para evitar los monocultivos; grupos cuyas composiciones variarían de un lugar a otro. Esto mejoraría la biodiversidad y maximizaría los beneficios económicos y ambientales. En comparación, la agricultura de cultivos anuales depende primordialmente de un pequeño número de especies. La coordinación a nivel mundial para facilitar el intercambio de germoplasma así como de información serían principalmente informales entre los centros, con alguna ayuda de organizaciones internacionales, tales como la FAO, el Programa Mundial de Alimentos, el Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional (GCAI), las universidades y los gobiernos nacionales. No hay necesidad de crear nuevas burocracias a nivel mundial.

Un área importante de investigación sería la de preguntas ecológicas, tales como cuáles podrían ser los rendimientos en las laderas y otros tipos de terrenos y si variarían según el lugar. Tal vez sería conveniente aceptar menores rendimientos en las laderas, por ejemplo, si eso ayudara a restaurar el suelo o a reducir las inundaciones y los deslizamientos de tierra. Los rendimientos menores a los de los suelos de hondonada serían mejor que ningún rendimiento en absoluto, los rendimientos aumentarían a medida que los suelos mejoran y las tierras se renuevan con variedades superiores desarrolladas en los centros. En todas sus actividades, las estaciones emplearían los principios de la ecología de la restauración.

Somos conscientes del daño ecológico potencial que puede surgir de las siembras mal consideradas de especies potencialmente inva-

sivas o de semillas contaminadas. Sin embargo, casi todos los cultivos anuales de los cuales dependemos actualmente para alimentos son exóticos en la mayoría de los lugares donde se cultivan. Lo mismo se puede decir de los cultivos perennes valiosos para la agricultura que actualmente se utilizan en todo el mundo. El hecho que una especie sea no nativa no la descalifica por sí misma de ser un componente potencial de un sistema de cultivo perenne sostenible. Los riesgos ecológicos potenciales y otros problemas ambientales serían un área importante de investigación.

Como hemos dicho, la cantidad de dinero que estos proyectos requieren no es grande según los estándares mundiales y los fondos se pueden obtener durante varios años. Cuando los centros de investigación se creen, los principales peligros serán la corrupción y la interferencia política. Algunos países tendrán que evitarse, por lo menos al principio. Se tendrá que establecer una red para encontrar personas que estén bien informadas acerca de las condiciones locales. Se tendrán que forjar lazos con las universidades y los organismos agrícolas para fomentar el trabajo conjunto del profesorado, el personal y los estudiantes. Las estaciones también podrían ayudar a capacitar a personas de otros países a través de programas formales, pasantías y similares. Las organizaciones existentes, tales como el Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional, el Centro Mundial de Agroforestería y otros pueden ayudar. Se debe establecer contacto cercano y continuo con ellos, con otras ONG y con los ministerios de los gobiernos nacionales. Afortunadamente, están abiertos para dicho contacto. Sería muy útil, especialmente al principio, aumentar directamente el trabajo de estos y otros centros mediante la adición de personal y de programas para desarrollar plantas perennes como se mencionó antes. A medida que se obtienen fondos y se identifican las necesidades regionales específicas, se pueden crear centros de investigación adicionales o expandir los existentes.



Existen muchos modelos posibles sobre la manera de crear estos centros de investigación y cómo podrían operar. Aquí hay un escenario potencial: con dinero disponible, un centro necesitaría unas pocas personas capacitadas en fitomejoramiento y en agronomía, las cuales pueden ser de la población local o expatriados contratados a través de las redes. También se podrían contratar agricultores locales para trabajar, quienes aportarían sus habilidades empíricas y conocimientos culturales en los cuales el personal científico podría apoyarse. Una persona capacitada para el trabajo de laboratorio sería esencial para acelerar la determinación de si un cruce dado de dos variedades de plantas tiene las características deseadas. El trabajo empezaría con los esfuerzos para mejorar algunas especies empleadas actualmente mientras, en simultánea, se prueban y se adaptan algunas fuera del área local. Estas últimas se escogerían porque el suelo, el clima y la topografía locales son aptos y porque es probable que se ajusten a las necesidades económicas y alimentarias. Desde el principio se llevarían a cabo estudios edafológicos e hidrológicos. También se contratarían una o dos personas capacitadas en economía agrícola y otras que entiendan de la política y las culturas del área. El personal de trabajo en una estación en funcionamiento podría, por lo tanto, involucrar dos fitogenetistas/

agronomos, un trabajador de laboratorio, a menos que uno de los fitogenetistas tuviera esas habilidades, tal vez media docena de agricultores de tiempo completo o medio tiempo, un economista y un analista cultural/político.

Parte del personal podría ser compartido con otras organizaciones locales. Esto equivale tal vez a 10 personas de tiempo completo o medio tiempo, aproximadamente \$ 500.000 a un costo promedio de \$ 50.000 por persona. Esto se ajusta al ingreso anual por estación de entre \$ 1 millón y \$ 2.8 millones que ya hemos descrito. El resto se utilizaría para suministros, equipo y tierra.

La tierra se compraría o se tomaría en arriendo para las siembras de prueba. Es difícil aquí dar detalles, ya que sin examinar un área en particular, no se puede saber si una sola finca o parcelas contiguas distribuidas en varios tipos de terreno y suelos serían lo mejor. Los agricultores locales estarían dispuestos en algunos casos a prestar sus parcelas para las pruebas, como ocurre en los Estados Unidos. Las leyes y normas sobre el uso de la tierra, por supuesto, deberán acatarse.

El suministro de alimentos en el mundo es hoy precario, exacerbado por la intensificación del deterioro del medio ambiente. Es el momento de agregar cultivos perennes mejorados a las agendas de alimentación y energía a nivel mundial.



## Lecturas recomendadas

Conway, G. 1997. *The Doubly Green Revolution: Food for All in the Twenty-First Century*. Ithaca, NY: Cornell University Press.

Corley, R.H.V., & Tinker, P B. 2003. *The Oil Palm*. Malden, MA: Wiley-Blackwell.

Cox, T.S, Glover, J.D., Van Tassel, D.L., Cox, C.M., DeHaan, L.R. 2006. Prospects for Developing Perennial

Grain Crops, (Perspectivas para el desarrollo de cultivos de granos perennes). *Bioscience* 56:649-659.

Evans, L.T. 1998. *Feeding the Ten Billion: Plants and Population Growth*. Cambridge, MA: Cambridge University Press.

Glover, J.D., & Reganold, J.P. Perennial Grains: Food Security for the Future. (Granos perennes: seguri-

- dad alimentaria para el futuro). *Issues in Science and Technology*, Winter 2010.
- Hillel, D. 1991. *Out of the Earth: Civilization and the Life of the Soil*. Berkeley, CA: University of California Press.
- Laurance, W.F., Koh, L.P., Butler, R., Sodhi, N.S.; Bradshaw, C.J.A., Neidel, J.D. et al. 2010. Improving the performance of the Roundtable on Sustainable Palm Oil for nature conservation. (Mejoramiento en el desempeño de la Mesa Redonda sobre Aceite de Palma Sostenible para la conservación de la naturaleza). *Conservation Biology*, 24:377-381.
- Leakey, R.R.B., & Newton, A.C. 1996. Tropical Trees: The Potential for Domestication and Rebuilding of Forest Resources. (Bosques tropicales: el potencial para la domesticación y reconstrucción de los recursos forestales). Midlothian, Escocia: Institute of Terrestrial Ecology, Edinburgh Center for Tropical Forests.
- MacDaniels, L.H., & Lieberman, A.S. 1979. Tree Crops: A Neglected Source of Food and Forage from Marginal Lands. (Cultivos arbóreos: una fuente descuidada de alimentos y forraje de tierras marginales). *Bioscience* 29:173-175.
- Naylor, R.L. 1996. Energy and resource constraints on intensive agricultural production. (Restricciones de energía y de recursos para la producción agrícola intensiva). *Annual Review of Energy and the Environment* Vol. 21: 99-123.
- Postel, S.L. 1999. *Pillar of Sand: Can the Irrigation Miracle Last?* Nueva York: W.W. Norton.
- Rosegrant, M.W., & Cline, S.A. 2003. Global Food Security: Challenges and policies. (Seguridad alimentaria global: retos y políticas). *Science* 302:1917-1919.
- Rosegrant, M.W., Cai, X., & Cline, S. A. 2002. *World Water and Food to 2025: Dealing with Scarcity*. Washington, DC: International Food Policy Research Institute.
- Smith, J.R. 1953. *Tree Crops, A Permanent Agriculture*. Nueva York: Devin-Adair.
- Tilman, D.G., Hill, J., & Lehman, C. 2006. Carbon-Negative Bio-fuels from Low-Input High-Diversity Grassland Bio-mass. (Biocombustibles carbono negativos a partir de biomasa de bajos insumos y alta diversidad cultivada en praderas) *Science* 314:1598-1600.
- Williams, M. 2003. *Deforesting the Earth: from Global Prehistory to Global Crisis*. Chicago, IL: University of Chicago Press.