



# Sistematización de Buenas Prácticas de Adaptación del Sector Agropecuario ante el Cambio Climático





PROYECTO EUROCLIMA - IICA

# Sistematización de buenas prácticas de adaptación del sector agropecuario ante el cambio climático

*Díddier A. Moreira Mendoza*

La presente publicación fue elaborada con la asistencia de la Unión Europea (UE) a través del Programa EUROCLIMA. El contenido es responsabilidad exclusiva de *Díddier A. Moreira Mendoza* y en ningún caso debe considerarse que refleja necesariamente los puntos de vista de la UE.



Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), 2015



Sistematización de buenas prácticas de adaptación del sector agropecuario ante el cambio climático por IICA se encuentra bajo una Licencia Creative Commons Reconocimiento-Compartir igual 3.0 IGO (CC-BY-SA 3.0 IGO) (<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/igo/>)

Creado a partir de la obra en [www.iica.int](http://www.iica.int).

El Instituto promueve el uso justo de este documento. Se solicita que sea citado apropiadamente cuando corresponda.

Esta publicación también está disponible en formato electrónico (PDF) en el sitio web institucional en <http://www.iica.int>

Coordinación editorial: Ronny Cascante

Corrección de estilo: Máximo Araya

Diseño de portada: Carlos Umaña

Diagramación: Carlos Umaña

Impresión: Imprenta IICA

Sistematización de buenas prácticas de adaptación del sector agropecuario ante el cambio climático / Unión Europea, IICA --  
San José: C.R.: IICA, 2015.

42 p.; 21,59 cm x 27,94 cm

ISBN: 978-92-9248-605-1

1. Agricultura 2. Cambio climático 3. Adaptación al  
cambio climático 5. Arroz 6. Banano 7. Recursos hídricos 8.  
Agroforestería 9. Agrobiodiversidad I. IICA II. Título

AGRIS  
P40

DEWEY  
630.251.5

San José, Costa Rica  
2015

# Contenido

Introducción .....	5
1. Fichas de buenas prácticas de adaptación al cambio climático.....	7
2. Adaptación del cultivo de arroz al cambio climático mediante el uso del sistema SRI en Costa Rica .....	7
3. Producción agroforestal de banano orgánico en la Universidad EARTH, Costa Rica.....	11
4. Gestión eficiente de los recursos hídricos para el sector agrícola en México .....	16
5. Adaptación del cultivo de la caña de azúcar en Guatemala .....	20
6. Adaptación al cambio climático en Tlaxcala, México.....	24
7. Sistemas agroforestales en Perú y Costa Rica.....	26
8. Buenas prácticas de adaptación de la agricultura en Centro América .....	28
9. Buenas prácticas para la adaptación al cambio climático en las zonas costeras de Ecuador .....	30
10. Adaptación de la agricultura de riego en México ante el cambio climático .....	32
11. Buenas prácticas de adaptación en Ecuador .....	35
12. Agrobiodiversidad como estrategia para la adaptación al cambio climático .....	36
13. Sistemas agroforestal Quesungual en Honduras.....	39





# Introducción

Como resultado del cambio climático, se espera un aumento de la temperatura media del planeta y la frecuencia de eventos climáticos extremos, intensificado por el aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) debido a la acción humana. Los sistemas de producción agropecuarios se verán directamente impactados por los efectos del cambio climático, limitando la capacidad del sector para producir alimentos, fibras, combustibles y otros bienes y servicios, así como la contribución al bienestar de los productores, al desarrollo rural y al crecimiento económico. La agricultura constituye, a la vez, un emisor neto de GEI y uno de los sectores más vulnerables a los impactos del cambio climático. Además, el sector enfrenta el doble desafío de reducir considerablemente sus emisiones de GEI y de aumentar la producción en un 70 % entre 2005 y 2050 (FAO 2009), hasta el nivel requerido para satisfacer una demanda creciente en un clima cambiante.

En razón de su geografía, América Latina y el Caribe (ALC) son altamente vulnerables a los cambios climáticos. Mesoamérica y las islas del Caribe se encuentran situadas en el cinturón de los huracanes, cuya fuerza y volatilidad han ido en aumento en los últimos años (Vergara *et al.* 2007). Asimismo, parte de la agricultura de América del Sur depende de los cursos de agua provenientes de los glaciares andinos, los cuales se encuentran en plena retracción como consecuencia del calentamiento global, y que podrían desaparecer durante las próximas dos décadas (Bradley *et al.* 2006). Por lo tanto, la disponibilidad de agua, la generación de energía hidroeléctrica y la producción de alimentos podrían verse seriamente afectadas por efecto de la reducción de los glaciares.

Otro de los fenómenos de peso que afecta la variabilidad climática de América Latina es El Niño Oscilación del Sur (ENOS); según Bronnimann *et al.* (2004), los cambios inducidos por la acción humana podrían afectar la frecuencia y la magnitud crecientes de El Niño. Si estas magnitudes continuarán en aumento o no debido al cambio climático, constituye materia de debate; de lo que no cabe duda es que ENOS continuará afectando la agricultura del

continente. Por ejemplo, durante el episodio de El Niño de 1998, los productores observaron que el ciclo de los cultivos se había reducido; tal fue el caso del algodón y del mango en la zona septentrional de Perú, y del maíz, del frijol y del arroz en Centroamérica. Asimismo, la sequía produjo un aumento de plagas de insectos, en tanto que el exceso de precipitaciones y los cambios de temperatura brindaron un ámbito propicio para el desarrollo de enfermedades micóticas (Ortiz 2012).

Los fenómenos extremos dejan ver claramente la necesidad de desarrollar mecanismos que permitan una mejor gestión de agroecosistemas en forma sostenible. En ese sentido, debería prestárseles especial atención a los métodos tradicionales de gestión de agroecosistemas empleados por los pueblos indígenas y a los programas nacionales enfocados en sistemas de producción, en armonía con el medio ambiente. Las formas de gestión autóctonas, las prácticas de agricultura integral ecológica y los sistemas agrodiversos proporcionan medidas de adaptación que permiten compensar la menor disponibilidad de agua para riego, producto de la retracción de los glaciares o del aumento de la altura mínima sobre el nivel del mar, necesaria para la plantación de cultivos. Asimismo, podrían brindarse mecanismos para gestionar los ciclos de agua asociados a los ciclos de vientos secos y húmedos que afectan en forma notoria a la agricultura en muchos sectores de Latinoamérica y, por ende, a la seguridad alimentaria de la región.

Por otra parte, para cumplir con la demanda de alimentos de acuerdo con el crecimiento poblacional esperado, se debe continuar con la tendencia incremental de la producción, la que eventualmente tendrá que duplicarse. Sin embargo, al ser la agricultura una actividad muy sensible a la variabilidad climática, los cambios en los patrones climáticos tendrán impactos significativos en los sistemas agropecuarios y las comunidades que dependen de ella. Por tal razón, ante estos sucesos, es de suma importancia e imperativo identificar y evaluar mecanismos de adaptación de la agricultura en el corto y mediano plazo.



Debido a lo anterior, el IICA, en el marco del proyecto EUROCLIMA-IICA “Agricultura sostenible, seguridad alimentaria y cambio climático en América Latina: Fortalecimiento de las capacidades de los actores claves para adaptar el sector agrícola al cambio climático y mitigar sus efectos”, con el financiamiento de la Unión Europea (UE), ha elaborado el siguiente documento de sistematización de buenas prácticas de adaptación desarrolladas en países de Latinoamérica y que han tenido un resultado favorable ante los cambios climáticos en la región, con el objetivo de compartirlas entre productores y técnicos del sector agrícola.

Este documento fue preparado mediante la consulta de diversas fuentes, identificando diferentes prácticas agrícolas en América Latina que incorporaran elementos que pudieran contribuir, de forma explícita, con la adaptación del sector ante el cambio climático.

Según COAG-FAO (2003), las buenas prácticas agrícolas (BPA) se definen como “medidas o conjunto de acciones orientadas a la sostenibilidad ambiental, económica y social para los procesos productivos de la explotación agrícola, que garantizan la calidad e inocuidad de los alimentos y de los productos no alimenticios”. La FAO estima que toda buena práctica agrícola debe tener cuatro características: viabilidad económica, sostenibilidad ambiental, aceptabilidad social, e inocuidad y calidad alimentaria. A partir de la aplicación de estas buenas prácticas, los productores y el sector pueden decidir aspectos relacionados con el proceso de producción, así como con la selección de medidas sostenibles y socialmente aceptables. Con base en ello, la FAO asume que la implementación de las BPA debe contribuir con la agricultura y el desarrollo rural sostenibles.

Para los efectos de este documento, se definen como buenas prácticas aquellas medidas que se pueden realizar para reducir las condiciones de vulnerabilidad ante el cambio climático, desde el ámbito de la producción o de la gestión de actores productivos. Se busca brindar opciones de adaptación que sirvan para ilustrar esta definición, y que pueden ser, por sus características, replicables y adaptables por parte de otros actores del sector agrícola en otros países y en otros contextos productivos.

## Bibliografía consultada

- Bradley, RS; Vuille, M; Diaz, HF; Vergara, W. 2006. Threats to water supplies in the tropical Andes (en línea). *Science* 312(5781):1755-1756. Disponible en <http://www.sciencemag.org/content/312/5781/1755>.
- Brönnimann, S; Luterbacher, J; Staehelin, J; Svendsby, TM; Hansen, G; Svenøe, T. 2004. Extreme climate of the global troposphere and stratosphere in 1940–42 related to El Niño (en línea). *Nature* 431 :971-974. Disponible en <http://www.nature.com/nature/journal/v431/n7011/abs/nature02982.html>.
- COAG-FAO (Comité de Agricultura-Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, IT). 2003. Elaboración de un marco para las buenas prácticas agrícolas (en línea). Roma, IT. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/MEETING/006/Y8704S.HTM>.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, IT). 2009. Cómo alimentar al mundo en 2050. Principales resultados de la Reunión de Expertos sobre cómo alimentar al mundo en 2050, celebrada del 24 al 26 de junio en la Sede Central de la FAO en Roma (en línea). Roma, IT. Disponible en [http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/synthesis\\_papers/C%3%B3mo\\_alimentar\\_al\\_mundo\\_en\\_2050.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/synthesis_papers/C%3%B3mo_alimentar_al_mundo_en_2050.pdf).
- Ortiz, R. 2012. El cambio climático y la producción agrícola (en línea). Washington, D.C., US, BID. Disponible en <http://idbdocs.iadb.org/wsdocs/getdocument.aspx?docnum=36736182>.
- Vergara, W; Kondo, H; Pérez Pérez, E; Méndez Pérez, JM; Magaña Rueda, V; Martínez Arango, MC; Ruiz Murcia, JF; Ávalos Roldán, GJ; Palacios, E. 2007. Visualizing future climate in Latin America: results from the application of the EARTH simulator (en línea). Washington, D.C., US, The World Bank. Disponible en [http://siteresources.worldbank.org/INT-LAC/Resources/SDWP\\_Future\\_Climate.pdf](http://siteresources.worldbank.org/INT-LAC/Resources/SDWP_Future_Climate.pdf).



# Fichas de buenas prácticas de adaptación al cambio climático

Por lo general, en toda América Latina no solo se realizan acciones insostenibles con los recursos naturales por medio de la agricultura, la industria y otras actividades humanas, sino que también se conocen y ejecutan buenas prácticas en los sistemas agropecuarios y forestales que contribuyen a la adaptación, conservación y mitigación. El problema radica en la desproporción exagerada entre las contribuciones positivas y negativas en los diferentes sistemas, debido principalmente a desinformación, desconocimiento, falta de compromiso, ambición, entre otros aspectos concernientes propiamente al ser humano. Por tal razón, la difusión, el fortalecimiento, la promoción, así como la implementación de buenas prácticas de adaptación de la agricultura ante el cambio climático, deben estar incorporados en los planes estratégicos de los gobiernos latinoamericanos.

En este documento se resumen casos concretos de aplicación de buenas prácticas de adaptación de los sistemas agropecuarios ante el cambio climático en algunos países de América Latina, las cuales pueden ser consideradas, adaptadas y enriquecidas para ser replicadas, bien sea en diferentes regiones de un mismo país o en otros países.

Estas constituyen algunas acciones que se realizan para enfrentar de una mejor forma los desafíos que se presentan y avecinan con el cambio climático, las cuales permiten aumentar la resiliencia y la adaptación de la agricultura y los pueblos latinoamericanos.

## 1. Adaptación del cultivo del arroz al cambio climático mediante el uso del sistema SRI en Costa Rica

### Introducción

El arroz es un cultivo de mucha importancia en América Latina y el Caribe (ALC), con más de 5,3

millones de hectáreas cultivadas, en su mayoría por pequeños productores. El aumento en la variabilidad climática está afectando y afectará la disponibilidad de agua y, en consecuencia, la producción de arroz. Es clave disponer de sistemas eficaces y ambientalmente amigables de producción de arroz para asegurar su competitividad y sostenibilidad mediante el buen uso de los recursos naturales.

Los sistemas actuales de producción de arroz están siendo sometidos a una fuerte presión, debido a su elevada demanda de agua y su estatus, como fuente de emisiones de metano, al mantenerse inundados y descomponer la materia orgánica en estas condiciones. Por tanto, se requieren nuevos sistemas de gestión del cultivo que reduzcan los costos de producción, mejoren la eficiencia en la aplicación de insumos, aumenten la eficiencia del uso del agua y reduzcan las emisiones de gases de efecto invernadero.

Como alternativa tecnológica para enfrentar los desafíos anteriores, se ha desarrollado el Sistema Intensivo del Cultivo Arrocerero (*System of Rice Intensification-SRI*), el cual ha sido validado en Asia y África y con algunas experiencias recientes en países de ALC. El SRI contempla un enfoque de manejo agroecológico que se basa en varios principios y prácticas que mejoran la eficiencia en el uso del agua y el suelo; reducen la competencia entre plántulas; aumentan el vigor y la resistencia, al permitir expresar el potencial genético de las plantas, resultando en beneficios no solo ambientales, sino socioeconómicos, por lo que constituye una importante estrategia de adaptación del cultivo ante las proyecciones desfavorables del cambio climático.

### Descripción de las buenas prácticas

En vez de un paquete tecnológico predeterminado, como usualmente ocurre en la siembra convencional del arroz, el SRI se realiza con prácticas flexibles



que tienen que ser adaptables a las condiciones de cada localidad, pero fundamentalmente obedece a cuatro principios:

- Trasplante a una edad temprana de plántulas saludables, cuando aparezca la segunda hoja verdadera, entre 8-12 días de edad, dependiendo de las condiciones climáticas presentes en la zona de establecimiento.
- Reducción de la competencia entre plántulas (baja densidad de siembra); el trasplante se realiza con un patrón definido en cuadro, a una distancia de siembra que varía de 25 cm entre plantas y 25 cm entre hileras o bien, 30 x 30 cm, 40 x 40 cm hasta 50 x 50 cm, dependiendo de la fertilidad del suelo, y se trasplanta una sola planta por punto de siembra.
- Aplicación intermitente del agua de riego, lo que favorece la aireación de los suelos (alternando suelo mojado con seco, sin mantener la parcela inundada durante la fase vegetativa y al momento de iniciar la fase reproductiva se mantiene una lámina de agua de 3 a 5 cm máximo). Así se reduce considerablemente la cantidad de agua necesaria durante el ciclo de cultivo.
- Adición de materia orgánica para mejorar la estructura del suelo y nutrir el cultivo (aplicación de estiércol, abonos orgánicos, cultivos de cobertura, etc.).

Lo que se busca con el SRI es permitir que las plantas expresen el potencial genético, desde el punto de vista de productividad y tolerancia ante situaciones adversas en el cultivo, por lo que se brindan las

mejores condiciones en su entorno. En ALC, los principios del SRI se han ensayado con resultados positivos en Perú, Cuba, República Dominicana, Panamá, Colombia, Ecuador y Costa Rica.

Al brindarles espacio adecuado a las plantas, aireación al suelo y adición de materia orgánica, se reduce la competencia entre estas, se produce un mayor número de macollos y un mayor número de panículas y más desarrolladas, con mayor cantidad de granos y con mayor tamaño, en fin, un mayor rendimiento por unidad de área y con menor cantidad de insumos empleados. Es decir, “se produce más con menos” y de una forma más amigable con el medio ambiente.

#### *Metodología*

Para el caso del proyecto SRI, establecido en la provincia de Guanacaste, Costa Rica, se realizó un almácigo de arroz con semilla pregerminada por 24 horas en agua y 24 horas en la sombra y luego se colocó en bandejas plásticas con un sustrato de suelo combinado con ceniza de cascarilla de arroz; posteriormente, se distribuyó la semilla a razón de 110 g por bandeja. Cuando las plantas presentaron la segunda hoja emergida, se procedió a realizar el trasplante al terreno definitivo, mediante el empleo de una máquina trasplantadora, utilizando 120 bandejas por hectárea, lo que al final representó un requerimiento de semilla de 13,2 kg/ha en comparación a los 150 kg/ha empleados en el sistema de siembra convencional de arroz del testigo comparativo, misma cantidad utilizada por los productores arroceros de la zona guanacasteca en general.



Cultivo SRI con intermitencia de riego. Fotografías: D. Moreira.



El trasplante mecanizado permitió un distanciamiento de 25 cm entre plantas y 30 cm entre hileras, por las dimensiones y el ajuste máximo de la máquina, y un promedio de entre 1 y 2 plantas por golpe, en lugar de una sola planta, como es deseable en el sistema.

Posteriormente se emplearon riegos intermitentes, manteniendo condiciones del cultivo, alternando entre mojado y seco durante la fase vegetativa del cultivo, en lugar de la condición permanentemente inundada por el riego continuo del sistema convencional; esta operación permitió reducir en 75 % las frecuencias de riego en la parcela del SRI, comparada con la convencional. Al momento de la floración (fase reproductiva), se mantuvo lámina de riego de entre 3 y 5 cm hasta diez días antes de la cosecha. De esta forma se brindó un manejo más eficiente del recurso hídrico, el cual es cada día más difícil de acceder en esta zona y que, con el cambio climático, se proyecta como uno de los recursos limitantes de la producción local y mundial de arroz.

En cuanto al control de malezas, este se realizó mecánicamente mediante el empleo de un tractor modificado con ruedas metálicas y un dispositivo de paletas, que permitió controlar malezas y airear el suelo al mismo tiempo, aspecto de importancia en el SRI, pues no solo reduce el uso de herbicidas, sino que también favorece el desarrollo radicular de las plantas, al aumentar su capacidad exploratoria para agua y nutrientes.



Control de malezas SRI con intermitencia de riego.  
Fotografía: D. Moreira.

La nutrición del cultivo fue realizada con una mezcla de fertilizante químico y fertilizante orgánico para cubrir sus demandas. Los abonos orgánicos contribuyen a mejorar la condición del suelo, para una mejor retención de la humedad en este y una mayor actividad microbiológica. En ambos casos se favorece el ambiente donde se encuentra la planta de arroz, permitiéndole un mejor desarrollo y más vigorosidad, cualidades importantes para la tolerancia o resistencia a enfermedades y plagas.

Tradicionalmente, en esta zona se aplica en todo el ciclo del cultivo, 4 aplicaciones de herbicidas, 3 de insecticidas y 3 de fungicidas, además de bactericidas e insecticidas para la protección de la flor y granos. Para el tratamiento SRI, la base del control de plagas y enfermedades se realizó con aplicaciones de productos biológicos, tales como *Trichoderma*, *Bacillus thuringiensis*, *Paecilomyces lilacinus*, *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*, entre otros, y la aplicación de un ciclo de insecticida químico para el control del chinche *Oebalus* spp., únicamente.

### Impactos y resultados

El SRI permitió lograr mayores rendimientos en el cultivo de arroz con el empleo de un menor número de riegos durante la fase vegetativa y una menor cantidad de agroquímicos y semilla. Se redujeron los costos de producción en USD 100/ha, mientras que los rendimientos se incrementaron casi al doble, comparado con el sistema convencional testigo. Estos resultados permiten no solamente mejorar los ingresos para los pequeños productores de arroz, sino que también brinda la oportunidad de cultivar de forma más armoniosa con el medio ambiente, reduciendo la cantidad de agua por ciclo de cultivo y al mismo tiempo, disminuyendo la emisión de gases de efecto invernadero, al no tener inundados los campos de manera permanente y reducir los fertilizantes químicos, principalmente nitrogenados.

Los beneficios del SRI son muy importantes para reducir la vulnerabilidad del sistema de producción frente al cambio climático, ya que minimiza la sensibilidad del cultivo a factores climáticos adversos e incrementa la resistencia a plagas y enfermedades. Además, promueve tallos fuertes que resisten vientos extremos, ya que sus raíces más vigorosas aumentan su capacidad de buscar mayor cantidad de agua y nutrientes en el suelo. El SRI aumentó en un 100 %



el rendimiento, redujo más de un 90 % la cantidad de semilla requerida, y hasta un 75 % de la frecuencia de riego necesaria durante el ciclo de cultivo.

### *Factores de éxito*

El SRI contribuye a la solución de varios problemas de los agricultores arroceros y se considera exitosa por las siguientes razones:

- Disminuye el consumo de agua, la cantidad de semilla necesaria para el establecimiento, así como otros insumos agroquímicos.
- Incrementa el potencial genético de las plantas con su entorno natural al reducir la competencia en el cultivo, airear el terreno y permitir el desarrollo adecuado de las raíces.
- Permite realizar un mejor manejo de la materia orgánica disponible en la finca al incorporarla al suelo, favoreciendo su descomposición y la disponibilidad de nutrientes para las plantas.
- Incrementa los rendimientos y la utilidad económica del cultivo, lo cual permite al productor mejorar sus ingresos, calidad de vida y fortalecer la seguridad alimentaria y la salud.

### *Lecciones aprendidas*

La adaptación al cambio climático de la producción arroceros mediante el SRI, demanda de acciones integrales y complementarias en el sector arroceros que permitan fortalecer los principios básicos del sistema. Es necesario realizar cambios significativos en la forma tradicional de realizar las acciones. La necesidad de adaptación debe considerarse como una oportunidad para mejorar o hacer más eficiente el uso de los recursos disponibles.

- Si bien el cambio o ajuste en el SRI muchas veces es suficiente para mejorar o lograr cambios efectivos y exitosos, se pueden promover acciones sinérgicas para consolidar una propuesta agronómica integral de adaptación del cultivo de arroz frente a la variabilidad hidrológica existente y proyectada, como por ejemplo, el manejo adecuado de láminas de agua, la reducción en la cantidad de semilla empleada y la reducción de la contaminación mediante el uso racional de agroquímicos.

- La reducción en la disponibilidad de agua de riego y de las precipitaciones, la presión internacional existente por la alta demanda de agua, así como también los problemas políticos que rodean

la producción de arroz en muchos países de Latinoamérica, obliga a la necesidad imperativa de establecer un sistema diferente y amigable con el ambiente que permita la eficiencia en la producción, así como la rentabilidad económica y social, y esto puede ser logrado con el SRI.

- El desarrollo y adaptación de maquinaria para trasplante y control de malezas es imperativo para el establecimiento del SRI a mayores escalas de producción, ya que los costos de mano de obra para estas labores incrementan los costos de producción y lo vuelven casi imposible de desarrollar.

### *Conclusiones y recomendaciones*

El cultivo de arroz mediante el SRI requiere un esfuerzo importante para poder mecanizar sus labores e incrementar su rentabilidad, y así poder escalar las dimensiones de siembra para medianos y grandes productores. Muchos productores se desmotivan rápidamente cuando se incrementan las labores de tipo manual, como el control de malezas, por lo que prefieren realizar aplicaciones de herbicidas o bien, realizarlas con la maquinaria, con el fin de aumentar eficiencia y avanzar en el área cultivada y reducir los costos. El reto no es simple, pero tampoco inalcanzable, puesto que en Latinoamérica existen muchas personas con talento en la elaboración de equipo y maquinaria agrícola, y con la difusión del sistema e incremento en su popularidad, irán apareciendo innovaciones que faciliten su ejecución y eficiencia, tal y como ha ocurrido en otros cultivos, por ejemplo: piña, raíces y tubérculos, banano, y el mismo arroz en la modalidad convencional.

Se requiere dar seguimiento y documentación de registro en las pruebas del SRI, en las que se determine la cuantificación del agua de riego ahorrada durante el ciclo de cultivo. De igual forma, es necesaria mayor investigación de la cantidad demandante de fertilizantes orgánicos para obtener rendimientos adecuados y eliminar la dependencia a los fertilizantes químicos, cada día más difíciles de acceder por su alto costo y limitada disponibilidad en el mercado. También es importante profundizar más con respecto al distanciamiento de siembra adecuado para maximizar los rendimientos con la densidad óptima en el cultivo.

Existe una gran cantidad de familias que siembran arroz en América Latina, muchos en regiones con alta vulnerabilidad a efectos negativos del cambio



climático; mediante los principios del SRI, estas poblaciones pueden mejorar las condiciones de producción, ambientales, económicas y sociales, por lo que se constituye en una buena opción como mecanismo de adaptación del cultivo arrocero para las proyecciones climáticas de la región latinoamericana.

### **Bibliografía consultada**

Cornell University; College of Agriculture and Life Sciences; SRI-Rice (SRI International Network and Resources Center, US). s. f. SRI methodologies (en línea). Ithaca, US. Disponible en <http://sri.cals.cornell.edu/aboutsri/methods/index.html>.

Gil Chang, JV. 2008. Cultivo de arroz: sistema intensificado SICA-SRI en Ecuador. Experiencia dedicada a los pequeños agricultores (en línea). s. n. t. Disponible en <http://sri.cifad.cornell.edu/countries/ecuador/EcuGilLibroCultivodiArroz08.pdf>.

Leisa, Revista de Agroecología. 2013. Volumen 29, número 1 (en línea). Disponible en <http://www.leisa-al.org/web/revistas/vol-29-numero-1.html>. Edición sobre experiencias de aplicación del Sistema de Cultivo Intensivo de Arroz (SICA).

Martín, Y; Soto, F; Rodríguez, YE; Morejón, R. 2010. El sistema intensivo del cultivo de arroz (SICA) disminuye la cantidad de semilla para la siembra, aumenta rendimientos agrícolas y ahorra el agua de riego (en línea). *Cultivos Tropicales* 31(1):70-73. La Habana, CU, INCA. Disponible en <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=193214880008>.

## **2. Producción agroforestal de banano orgánico en la Universidad EARTH, Costa Rica**

### *Introducción*

El banano representa un cultivo de mucha importancia para la economía de muchos países de América Latina y el Caribe (ALC), así como también para la seguridad alimentaria de los habitantes de

zonas rurales de estos países. Aunque su mayor producción se encuentra en manos de grandes transnacionales, mediante enormes plantaciones en monocultivo, existen muchos pequeños productores dedicados a la producción de banano, aunque de una forma diferente y en general, más sostenible y sustentable. Ya sea en sistemas integrados con otros cultivos como cacao, café, palmas, o bien de manera completamente orgánica, en cualquiera de las modalidades los esquemas de producción involucran una menor cantidad de insumos agroquímicos y un menor deterioro del ecosistema, al emplear técnicas de conservación de suelos y aguas, adición de materia orgánica, aumento de biodiversidad, entre otros beneficios, si se compara con el esquema convencional.

En general, los sistemas de producción convencional de banano, bajo el esquema de monocultivo, presentan una alta homogeneidad de plantas en grandes extensiones ubicadas en regiones con alta precipitación a lo largo del año, que favorecen grandemente el desarrollo de plagas y enfermedades. Por consiguiente, se realizan aplicaciones frecuentes y en gran cantidad de agroquímicos, los cuales entran en contacto con el suelo y las aguas superficiales y subterráneas, aunado a una escasez de técnicas de manejo conservacionistas, aunque muy especializadas y tecnificadas. Lo anterior ha puesto al cultivo bananero en miras de los ambientalistas en muchas ocasiones, así como también de las personas con mayor conciencia en la responsabilidad social y ambiental. Por otro lado, los mercados cada vez más exigentes en los parámetros de calidad y las incidencias ambientales negativas debido al cambio climático, han hecho de la actividad y comercialización bananera un verdadero reto.

Es por esta razón que durante la década de los noventa se inició un movimiento importante en algunos países de ALC, orientados a la producción de banano orgánico, o bien, con prácticas de manejo amigables con el ambiente, lo cual ha permitido reducir la cantidad de agroquímicos utilizados y otros contaminantes importantes, como los plásticos.

Los sistemas de producción de banano amigables con el ambiente y orgánico, basan su manejo en el empleo de prácticas de conservación de



suelos y aguas, aumento de la biodiversidad, empleo de materia orgánica, uso racional de insumos necesarios para nutrición y control de enfermedades, integración de componentes arbóreos, empleo de sistemas de monitoreo y alertas tempranas para el control de enfermedades, plagas y alteraciones climáticas, entre otros aspectos, que permiten modificar el entorno natural del sistema, de modo que favorezca la producción y contrarreste los aspectos y factores que afecten al cultivo, permitiéndole, al mismo tiempo, mejorar su resiliencia y adaptarse mejor a las condiciones bióticas y abióticas negativas, favorecidas por el cambio climático.

### Descripción de la buena práctica

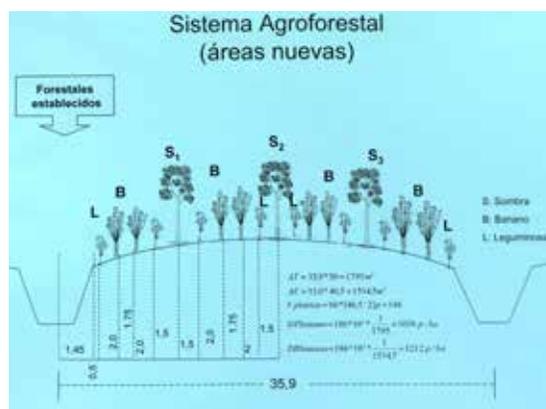
En busca de un sistema de producción bananero armonioso con el ambiente y que al mismo tiempo permitiera mejorar la capacidad adaptativa del cultivo de banano y volverlo más resiliente ante los efectos negativos del cambio climático, la Universidad EARTH ha venido desarrollando desde el 2008 un proyecto de banano orgánico bajo la modalidad agroforestal (sistema agroforestal de banano - SAF), mediante el cual se combinan diferentes esquemas productivos: combinación de variedades de banano con especies forestales maderables, de variedades de banano con especies forestales y arbustivas leguminosas, de variedades de banano con cacao y leguminosas de cobertura y arbustivas, de variedades de banano con coberturas vivas de leguminosas y de variedades de banano combinado con frutales (cítricos y rambután).



SAF de banano con cacao y leguminosas.  
Fotografía: D. Moreira.

Como sistema agroforestal, se logra un equilibrio entre el cultivo principal, banano, y el entorno natural al incrementar la diversidad biológica, ya que imita las condiciones naturales de un bosque tropical.

Además de realizar combinaciones de plantas, árboles y arbustos que incrementan la biodiversidad, se establecen prácticas culturales que potencializan el cultivo y disminuyen los impactos negativos bióticos y abióticos, como son la confección de domos y la red de canales que favorecen el control adecuado del nivel freático y aguas superficiales, así como el establecimiento de otras especies de Musáceas como atrayentes de plagas y enfermedades en los bordes del área de cultivo.



Diseño de siembra de SAF de banano con cacao y leguminosas. Fuente: U. Earth 2008.

Con las especies leguminosas (*Erithrina* spp., *Gliricidia sepium*, *Inga* spp., *Flemingia* spp., *Cratylia argentea*, etc.), se fija nitrógeno de la atmósfera y se incorpora al suelo, permitiendo el aprovechamiento por medio de las hojas maduras que caen al suelo y las continuas podas realizadas a los árboles y arbustos leguminosos, con lo cual se adquiere una buena cantidad de biomasa a fin de incorporarlos para que sean aprovechados por los cultivos de interés.

También se realiza monitoreo constante de plagas y enfermedades con el objetivo de determinar los umbrales de control, que faciliten la toma de decisiones en cuanto al inicio de ciclos de control y mantenimiento dentro de la plantación.



SAF Banano, con buen control de sigatoka.  
Fotografía: D. Moreira.

### *Metodología*

Para el establecimiento del sistema agroforestal del banano orgánico, la preparación del terreno se realizó mediante la confección de la red de canales y posterior distribución del exceso de tierra proveniente de estos, confeccionando de esta forma los domos y facilitando el drenaje del cultivo. Se estableció la plantación de banano en doble hilera, luego las especies forestales maderables, leguminosas, cacao, cítricos y rambután, conformando así bloques diversos que benefician a todos los componentes del sistema.

Las especies leguminosas se podan frecuentemente y se incorporan los remanentes como fuente de nitrógeno para los cultivos; aunque en estos momentos, el banano es el cultivo principal, el cacao, los cítricos y el rambután constituyen fuentes adicionales de ingreso económico.

Al banano se le realizan las prácticas culturales de apuntala, aprovechando las especies arbustivas existentes para utilizarlas como soportes, deshijada y embolse, para lo cual se utiliza material reciclable impregnado de chile y ajo en lugar del insecticida convencional, además del desmane y desflore de racimos, la colocación de cinta identificadora, el desvío de hijos y la colocación de separadores entre las manos del racimo para evitar daños mecánicos.

El control de malezas se realiza mediante la competencia entre las especies establecidas, por la

sombra existente, la cobertura de hojas y ramas secas, las coberturas vivas de leguminosas y finalmente, de 2 a 3 chapeas al año.

El control de enfermedades como la sigatoka es realizado mediante podas de material enfermo, monitoreo constante y aplicación de productos orgánicos como aceites vegetales, extractos naturales, microorganismos benéficos, aplicación de bioles, entre otros. Las necesidades nutricionales se suministran con base en fertilizantes minerales aprobados para la producción orgánica, compost, bokashi, bioles, banco de leguminosas establecidas en el sistema agroforestal, entre otros abonos orgánicos.

### *Resultados e impactos*

Hasta el momento, el sistema agroforestal de banano orgánico establecido en la Universidad EARTH ha brindado resultados satisfactorios, principalmente desde el punto de vista nutricional, control de sigatoka y calidad de racimo, puesto que ha sido posible mantener la producción, sin necesidad de utilizar fertilizante nitrogenado sintético. Las leguminosas proveen gran parte de las necesidades nutricionales al fijar el nitrógeno atmosférico, los abonos orgánicos, y los fertilizantes minerales orgánicos complementan los requerimientos básicos. En cuanto al control de sigatoka, el manejo integrado que se brinda permite la coexistencia con la enfermedad y se logra obtener plantas con



SAF Banano, leguminosa podada.  
Fotografía: D. Moreira.



suficiente número de hojas y racimos adecuados de calidad para la comercialización nacional y de exportación.

El mantener una gran biodiversidad permite la formación de un microclima diferenciado en el sistema que regula la temperatura en días calientes, evitando la pérdida de humedad del sistema. Esto es importante en los periodos secos que se han presentado en los últimos años, de igual forma, evita el impacto directo de las gotas de lluvia sobre el terreno evitando la pérdida de suelo y de nutrientes por erosión, además, se ve aumentada la actividad microbiológica favoreciendo la descomposición de la materia orgánica y la formación de biopreparados nutricionales de rápida asimilación por las raíces de las plantas.

Las especies asociadas al cultivo de banano constituyen importantes fuentes de ingresos adicionales al sistema, ya que se ha podido comercializar cacao, rambután, cítricos y madera, que complementan los beneficios de un modelo completamente orgánico; asimismo, el ahorro en agroquímicos constituye un aspecto económico importante en la rentabilidad del sistema.



SAF Banano inclusión de pimienta.  
Fotografía: D. Moreira.

### *Factores de Éxito*

La producción agroforestal orgánica permite un manejo y uso sustentable de los recursos, respetando los ecosistemas existentes mediante la promoción de sistemas productivos que permiten mantener un equilibrio entre lo agrícola y el ambiente. Desde esta perspectiva, la producción orgánica de banano se presenta como una alternativa para los pequeños productores, ya que les permitirá aprovechar de una manera más eficiente sus escasos recursos disponibles, así como la oportunidad de acceder a mercados que les proporcionará un mayor precio por sus productos, como el mercado orgánico internacional.

El sistema de producción agroforestal de banano permite diversificar la fuente de ingresos para los productores, por lo que ante un eventual fenómeno climático extremo les permitirá obtener ingresos de alguno de los componentes más resilientes y adaptados, evitando así pérdidas totales.

Muchos de los productores rurales de las zonas pobres pueden adaptar el sistema de producción a otra musácea y forestales, frutales, leguminosas propias de su región; por ejemplo: banano, plátano, cuadrado, guineo, y combinarlo con especies de valor comercial de su país, asegurando de esta forma diversos ingresos económicos.

Se ha demostrado que los sistemas agroforestales son resilientes a los cambios climáticos, debido a su alto nivel de diversidad de especies y pueden contribuir a la economía local y a la adaptación al cambio climático. Por lo que el cultivar banano orgánico de forma agroforestal, potencializa estas ventajas en favor de los productores rurales de las zonas latinoamericanas y el Caribe.

### *Lecciones aprendidas*

El desarrollo de capacidades de los responsables del proyecto en cuanto al manejo organizado y sistemático del cultivo del banano orgánico, ha generado aprendizajes para la EARTH, que constituye un valor para la continuidad y réplica del conocimiento para el futuro, cuyos conocimientos también serán útiles para aplicarlos en las plantaciones convencionales y su adaptación al cambio climático.





Sistema Agroforestal Banano con laurel, cacao, leguminosas arbustivas y cobertura vegetal. Fotografía: D. Moreira.

En la parcela orgánica, EARTH asocia cultivos que le permiten tener un adecuado manejo del suelo, como la siembra de poró, flemingia y cratylia como elemento nutricional del cultivo y que a la vez podrían ser utilizados para alimentar animales menores (conejos, cerdos, ovejos, etc.). La incorporación de cultivos de valor comercial como el cacao, cítricos y rambután, posibilitan ingresos económicos adicionales, facilitando el balance entre el ecosistema y los requerimientos comerciales. Además, se pueden incorporar cultivos para alimentación directa del pequeño productor, como por ejemplo: plátano o tubérculos tropicales. La diversificación es la clave para la adaptación al cambio climático.

El manejo de la biomasa es fundamental no solo para regular la sombra y reducir volúmenes de abonos necesarios en el cultivo, sino también para controlar las plagas y enfermedades, disminuir los costos en el control de malezas y como mecanismo de conservación de suelos y agua. En esta lógica con buenas prácticas agrícolas y de adaptación al cambio climático, el contemplar la incorporación de biomasa de diferentes especies, enriquece el entorno natural del sistema de producción agroforestal de banano orgánico.

### **Conclusiones y recomendaciones**

La producción de banano cultivado orgánico y agroforestalmente, puede constituirse en parte fundamental en las estrategias de vida de los productores rurales de muchas regiones pobres de ALC. El sistema también puede ser adaptado por los productores de plátano y banano dátil, de estas regiones, constituyéndose en una alternativa de producción sostenible y sustentable, con posibilidades de mejorar sus condiciones

económicas, sociales, ambientales y de seguridad alimentaria, pero sobre todo de adaptabilidad, ante el oscuro panorama proyectado para la agricultura debido al cambio climático y a la variabilidad climática.

Aunque se ha logrado alcanzar el éxito en algunas alternativas para el manejo de ciertas prácticas de cultivo que permiten la producción de banano orgánico, el gran reto para los responsables del proyecto es continuar con su perfeccionamiento y generar un modelo viable comercialmente, para que pueda ser implementado por los productores bananeros de grandes extensiones en monocultivo en ALC.

El éxito logrado en las buenas prácticas de manejo del sistema agroforestal de banano orgánico de EARTH, ha permitido su incorporación en la finca bananera comercial de manejo convencional, donde se han incorporado acciones como la de evitar el uso de herbicidas en el control de malezas y se está sembrando leguminosas de cobertura como la *Mucuna pruriens*, que además de controlar maleza, aporta nutrición, conservación de suelos y agua. También se están renovando áreas y sembrando leguminosas arbustivas para fijar e incorporar nitrógeno atmosférico y que sirvan de soporte para la apuntala de las plantas. Se establecieron diferentes especies en los taludes de los canales para evitar la erosión de suelos y la contaminación de aguas, pero lo importante desde un punto de vista generalizado, es que se está ampliando la diversidad biológica, aspecto de suma importancia hacia el aumento de la resiliencia y adaptabilidad del cultivo ante eventos extremos perjudiciales, propiciados por el cambio climático.



## Bibliografía consultada

- Consorcio Asecal-Mercurio Consultores. Banano orgánico. Manejo agronómico del cultivo: Fertilización (en línea). Perú. Disponible en [http://www.mincetur.gob.pe/comercio/ueperu/consultora/docs\\_taller/talleres\\_2/16.pdf](http://www.mincetur.gob.pe/comercio/ueperu/consultora/docs_taller/talleres_2/16.pdf).
- Rosales, FE; Tripon, SC; Cerna, J (eds.). 1998. Producción de banano orgánico y/o ambientalmente amigable. Memorias del taller internacional realizado en la EARTH. Guácimo, Limón. Costa Rica – 27-29 julio de 1998 (en línea). Disponible en [https://www.bioversityinternational.org/fileadmin/user\\_upload/online\\_library/publications/pdfs/708\\_ES.pdf](https://www.bioversityinternational.org/fileadmin/user_upload/online_library/publications/pdfs/708_ES.pdf).
- Vargas, JC. 2011. Banano orgánico, producción para comercio justo, pequeños productores y la agenda del trabajo digno: una experiencia exitosa en el Valle del río Chira (en línea). Piura, PE. Disponible en [http://www.ituc-csi.org/IMG/pdf/Borrador\\_final\\_PLA-DES\\_JCV.pdf](http://www.ituc-csi.org/IMG/pdf/Borrador_final_PLA-DES_JCV.pdf).

## 3. Gestión eficiente de los recursos hídricos para el sector agrícola en México

### Introducción

La agricultura juega un papel de importancia vital para la alimentación de la población mexicana. Sin embargo, las presiones antropogénicas a través de la degradación y el cambio en el uso del suelo, así como el aumento en la variabilidad climática, están afectando sustancialmente el equilibrio de los ecosistemas donde se encuentran inmersas las zonas agrícolas. Lo anterior ha ocasionado problemas de importancia para mantener el desarrollo de la población y la producción adecuada de alimentos y bienes agropecuarios, principalmente en aquellas familias en las cuales este es el único medio de subsistencia. Uno de los grandes retos del país es producir más en la misma superficie, para lo cual se tendrán que adaptar, promover e innovar prácticas sostenibles y ejecutables en los diferentes sistemas agropecuarios.

En el territorio mexicano, el incremento e incertidumbre de la variabilidad climática y el cambio climático sobre la actividad agropecuaria es todo un reto, ya que supone mayor cantidad de días secos para muchas regiones e incrementos en la temperatura, lo cual representará cambios en los procesos asociados al ciclo hidrológico, que al final significa un menor acceso al recurso hídrico necesario para las actividades humanas, entre ellas, la agricultura.

Aunque las proyecciones de precipitación indican que se incrementará en algunas regiones, para la mayor parte de México se espera una disminución marcada del régimen de lluvias. Por ejemplo, el noroeste del país se encuentra en un proceso de transición hacia un ambiente más árido debido a la reducción de la precipitación y a un incremento de temperatura y evaporación (Seager *et al.* 2007).

La agricultura de riego ha mostrado una inclinación al uso intensivo de insumos agrícolas y semillas mejoradas, lo que ha permitido mantener un rendimiento incremental sostenido para diferentes cultivos en las últimas décadas. Por ejemplo, el cultivo de maíz bajo riego presenta un incremento anual promedio de 170 kg/ha en los últimos años, en una superficie que ha crecido en 300 mil hectáreas, aproximadamente, para ese mismo periodo (Ojeda *et al.* 2012).

En el aspecto socioeconómico, la agricultura de riego intensiva, por efectos de su modernización en varias zonas agrícolas de México, ha mostrado una tendencia de concentración en la tenencia de la tierra, restringiendo la generación de empleos y provocando la emigración de la población rural. El incremento en los costos de insumos ha disminuido la rentabilidad de la agricultura agravada por problemas de comercialización, recurrencia de contingencias climatológicas y por la limitada planificación agrícola.

Las zonas de riego del país enfrentan con mayor frecuencia problemas de escasez e incertidumbre en la disponibilidad de agua por usuarios no agrícolas, y en la demanda social, por incluir la protección del ambiente en su desarrollo. Factores como el uso excesivo de agroquímicos (principalmente fertilizantes) y la baja eficiencia del riego, entre otros, han favorecido la degradación de los suelos



en varias zonas de riego de alta rentabilidad. Ante estas circunstancias, combinado con el posible incremento en la variabilidad y el cambio climático, los problemas de degradación del suelo y del agua ponen en peligro la sostenibilidad de zonas bajo riego (Ojeda *et al.* 2012). Debido a lo anterior, se hace necesario e indispensable implementar estrategias y acciones de adaptación. Aunque en México muchas zonas de riego cuentan con cierta experiencia para convivir con la variabilidad climática, se requiere poner en práctica nuevos enfoques de producción y manejo, así como tecnologías y políticas novedosas para aprender del pasado y enfrentar de mejor manera los nuevos escenarios climáticos.

Bajo las condiciones más secas y calientes proyectadas por efecto del cambio climático, la agricultura tendrá el reto de incrementar o mantener la producción con mucho menos agua, por lo que será preciso implementar acciones de adaptación, aplicando técnicas y sistemas que permitan una mayor eficiencia en el uso del recurso hídrico. Para ahorrar agua se requiere conocer primero el uso que se le dará en las zonas de riego, por ejemplo: para satisfacer las necesidades de transpiración de la planta que tiene una variabilidad espacial y temporal en el ciclo, el poder suministrar la evaporación del agua del suelo, pero también se deben resarcir las pérdidas de agua por llevar el agua de la fuente a la zona de raíces y finalmente, compensar las diferencias en la aplicación del riego y en las propiedades del suelo, cultivo y ambiente.

### Localización

Para el caso de México, los distritos de riego son proyectos de irrigación desarrollados por el Gobierno Federal desde 1926, año de creación de la Comisión Nacional de Irrigación, e incluyen diversas obras, tales como vasos de almacenamiento, derivaciones directas, plantas de bombeo, pozos, canales y caminos, entre otros (CONAGUA, México 2013).

Los distritos de riego se encuentran distribuidos a lo largo de la República Mexicana, y la Comisión Nacional del Agua los divide en 13 regiones hidrológico-administrativas, tal como se muestra en la figura 1.

Geográficamente, los distritos de riego se localizan a lo largo de las llanuras costeras de ambos océanos, así como en la altiplanicie mexicana. Es allí,

aproximadamente, donde terminan las zonas áridas y semiáridas, ya que hacia el sur los ambientes van siendo cada vez menos secos, transformándose en subhúmedos y húmedos, y solo se presentan pequeñas áreas semiáridas aisladas en los sitios limitados por elevadas sierras, como los valles de Tehuacán, de Oaxaca, la depresión del Balsas, el cañón de Tomellín, etcétera.

**Figura 1. Representación de los distritos de riego en la República Mexicana.**

- 1 Península de Baja California
- 2 Noroeste
- 3 Pacífico Norte
- 4 Balsas
- 5 Pacífico Sur
- 6 Río Bravo
- 7 Cuencas Centrales del Norte
- 8 Lerma-Santiago-Pacífico
- 9 Golfo Norte
- 10 Golfo Centro
- 11 Frontera Sur
- 12 Península de Yucatán
- 13 Aguas del Valle de México y Sistema Cutzamala



Fuente: Conagua 2013.

### Descripción de las buenas prácticas

Ante la presencia de una sequía, existen estrategias de manejo para reducir el déficit hídrico de los cultivos (Debaecke y Aboudrare 2004), tal como escapar de la sequía cambiando la fecha de siembra, de cultivo y de variedad. El establecer una tolerancia al estrés mediante la reducción de la pérdida de agua al maximizar su disponibilidad para la planta es una buena alternativa, también se puede racionar el cultivo en unos períodos de lluvia y con ello, guardar agua para usarse en períodos críticos y, finalmente, se puede moderar el estrés hídrico con riegos suplementarios, con el fin de brindarle el máximo aprovechamiento al agua disponible.

Las estrategias anteriores se convierten en varias acciones de adaptación táctica (Debaecke y Aboudrare 2004), como por ejemplo: Incrementar el agua almacenada en el perfil del suelo, aumentar la extracción del agua del suelo (mayor exploración de las raíces); reducir la contribución de la evaporación del suelo con acciones como acolchado, uso de residuos vegetales (*mulch*) y la inducción del desarrollo temprano del cultivo; la optimización del patrón de uso del agua estacional disponible; la inclusión de variedades tolerantes o resistentes a la sequía y finalmente, regar en las etapas más sensibles al estrés hídrico, constituyen una sabia estrategia en situaciones con limitación seria del recurso hídrico.



Algunas grandes estrategias de adaptación para la agricultura de riego incluyen sistemas de monitoreo meteorológico y climático, de alerta temprana, de pronóstico estacional y seguro agrícola. También se debe contemplar el manejo sustentable del agua; incluye técnicas para conservación del agua, su cosecha y tecnificación del riego. El manejo sustentable del suelo incluye la labranza de conservación y el manejo integrado de nutrientes del suelo; así como el manejo del cultivo que contempla la diversificación de cultivos y variedades, uso de nuevas variedades, y manejo integral de plagas y enfermedades. Otro aspecto de importancia es el desarrollo de capacidades para las diversas organizaciones y actores del sector agrícola.

**Tecnificación de riego, ampliación de la infraestructura, rehabilitación y modernización de los distritos de riego:** Este programa está dirigido a zonas con seria limitación de recursos hídricos y tiene como objetivo el incremento de la eficiencia del riego. La tecnificación del riego iniciado en el 2010 apoya a personas o grupos organizados, independientemente del tipo de tenencia de la tierra. El desarrollo de infraestructura para aumentar la eficiencia en el manejo del recurso hídrico contempla la construcción de fuentes de abastecimiento, estructuras de control y protección, sistemas de riego presurizado (goteo, aspersión, microaspersión), drenaje y caminos de acceso, para lo cual se está brindando apoyo económico y técnico para construir, mejorar y modernizar la infraestructura (pozos, canales, drenes, caminos, medidores, bordos, etc.).

**Manejo del cultivo:** Se brindan ajustes de la temporada de siembra y cosecha con lo que se pretende minimizar la reducción de rendimientos, al evitar la presencia de periodos de estrés hídrico o térmico en las etapas fenológicas críticas del cultivo. Se revisa el periodo de siembra más recomendable con la toma de datos meteorológicos y la incorporación de sistemas de alerta temprana. Incluye también la modificación de la densidad de siembra y profundidad de la semilla al momento de la siembra, la conservación de la humedad del suelo mediante la labranza de conservación, el uso de acolchados, y sistemas para la cosecha de agua de lluvia.

**Modificación ambiental para los cultivos:** La conversión hacia la agricultura protegida está tomando auge en las zonas bajo riego, debido a que se reducen los efectos negativos del cambio climático. La agricultura bajo invernaderos se

promueve por los Estados de la nación, mediante un esquema de producción agrícola intensiva y redituable con diferentes niveles de tecnificación. Estos permiten modificar una o más variables físicas o ambientales que afectan el comportamiento de las plantas, tales como temperatura, radiación, luminosidad y la humedad, convirtiéndolos en una excelente medida de adaptación ante las condiciones proyectadas de cambio climático.

**Manejo del riego:** Entre las técnicas empleadas que permiten disminuir la cantidad de agua aplicada a los cultivos bajo condiciones de restricción del riego, se puede mencionar el humedecimiento parcial de la zona radical de tal forma que se pueda controlar el perfil humedecido por los sistemas de riego.

El riego deficitario es una técnica ampliamente estudiada y utilizada en diversas regiones con problemas de disponibilidad de agua, que consiste en una reducción del riego por debajo de las demandas hídricas potenciales que se aplica durante las etapas fenológicas con mayor tolerancia al estrés hídrico. Davies *et al.* (2002) mencionan que las raíces localizadas en la parte seca posiblemente envían una señal hormonal transportada de las hojas, vía xilema, para producir el cierre de los estomas y así lograr un incremento en la eficiencia del uso de agua. Sin embargo, antes de aplicar esta técnica se debe considerar la reducción del rendimiento versus su retorno económico.

Las mejoras en la aplicación del riego consisten en una serie de técnicas parcelarias de bajo costo para la conservación del agua. Si se complementan con micronivelaciones, los ahorros de agua se incrementan sustancialmente, ya que se mejora la uniformidad del riego. Por ejemplo, el riego en camas anchas con surcos bajos permite un rápido mojado horizontal al borde de la cama (ver ilustración en la parte inferior). En el norte de Sinaloa, la cama consiste en un bordo de 1,6 m de ancho y 20 cm de alto, el cual se realiza durante el primer cultivo (antes del primer riego de auxilio).



Riego en camas anchas, especial para forzar movimiento lateral del agua. Fuente: Adalberto Mustieles Ibarra 2016.



El riego en surcos alternos resulta práctico cuando las plantas son pequeñas, ya que sus requerimientos son bajos, principalmente en suelos francos. Esta etapa se da cuando la mayoría de los agricultores tienden a sobreirrigar los campos. El riego en todos los surcos puede volver a aplicarse cuando el cultivo se encuentre en su máxima demanda hídrica.



Aplicación del riego por surco alterno en el Valle del Fuerte, Sinaloa. Fuente: Waldo Ojeda.

En esta técnica, el agua se aplica dejando un surco alterno sin regar, reduciendo la cantidad de agua necesaria para todo el lote de cultivo, en el siguiente riego el agua se aplica en el surco no regado. No se recomienda utilizar este sistema en suelos altamente permeables o con mucha pendiente, ya que la retención es baja y las aplicaciones del agua al cultivo pueden resultar insuficientes.

### *Impactos y resultados*

La experiencia en los cultivos de las zonas de riego en la República Mexicana ha evidenciado resultados positivos en la parte económica, social, ambiental e institucional.

- En la parte económica, la producción no solo ha beneficiado a las familias productoras de las zonas de riego, sino también a los municipios. Las familias de agricultores de las zonas de riego mexicana cuentan con una mejor economía en sus hogares, con mejores oportunidades en su calidad de vida, como acceso al estudio, y mayor tiempo y recursos para realizar otras actividades. A nivel municipal, las mejoras en las condiciones de las zonas de riego permiten agilizar e incrementar el movimiento económico y la diversificación de actividades comerciales. También se constituye en fuentes de empleo, las cuales se traducen en una menor presión social por atender por parte del municipio.

- En la parte social, el rendimiento positivo generado por las acciones de adaptación de la agricultura de riego en la República Mexicana requiere contratar mano de obra constantemente para atender las actividades agropecuarias más eficientes. Cabe mencionar que, en algunos casos, la participación de las mujeres en las actividades agrícolas es muy requerida, principalmente en los sistemas de cultivo bajo invernaderos, ya que es una labor que demanda mucho cuidado.
- Ambientalmente, estas acciones de adaptación son positivas, porque cuidan uno de los recursos más importantes para el desarrollo productivo del sector agrícola y en general, para todo ser vivo. El ahorro de este recurso logrado a partir de la introducción de nuevas tecnologías es positivo, considerando que puede reducirse y en algunos casos, mitigar la vulnerabilidad climática que las zonas de riego tienen debido a la escasez de agua y las fuertes sequías registradas y proyectadas. Por otro lado, la implementación de medidas de conservación de suelos asociada al manejo de agua, permite modificar los sistemas productivos hacia un esquema más sostenible de los ecosistemas productivos, evitando poner en riesgo la soberanía alimentaria futura.

### *Conclusiones y recomendaciones*

El cambio en el comportamiento del clima es una realidad para los habitantes del planeta y la mayoría de la población es consciente de que en el futuro los impactos desafortunados sobre las actividades humanas será inevitable, principalmente sobre la agricultura. La disminución en el recurso hídrico junto con incrementos en la temperatura global y presencia de mayor número de días secos, comprenden un verdadero desafío para las zonas de riego en todo Latinoamérica, por lo que el iniciar e implantar acciones de adaptación agrícola que nos permitan enfrentar estos retos de manera inteligente y anticipada, nos brindan la oportunidad de continuar produciendo y asegurando los alimentos necesarios que requiere la población.

Las estrategias de adaptación a corto plazo pueden basarse en la modificación o mejora de las prácticas agrícolas actuales, muchas de ellas sencillas: cambios en las fechas de siembra y en las variedades usadas,



rotación de cultivos, y uso de métodos y sistemas para la conservación de la humedad del suelo. Sin embargo, a largo plazo será necesario adaptar los sistemas agrícolas y el servicio de riego a las nuevas condiciones climáticas.

La adaptación a largo plazo provocará ajustes a los sistemas de producción agrícola y requerirá de la intervención del Estado para su consolidación. Sin su apoyo, las posibilidades de adopción de acciones a largo plazo serán limitadas. La agricultura de riego enfrenta varios riesgos sociales y económicos que se acentuarán en el futuro por el impacto del cambio climático, las proyecciones indican ambientes más secos y más calientes. Por ello, uno de los objetivos en la aplicación de acciones de adaptación en las zonas de riego será convencer a tomadores de decisiones de políticas públicas, agricultores, administradores y directivos de asociaciones de usuarios de riego, de que los cambios en los patrones climáticos son reales y se intensificarán durante este siglo, para lo cual se requiere tomar cartas en el asunto en el corto, mediano y largo plazos.

#### Bibliografía consultada

- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua, MX). 2013. Atlas del agua en México 2013 (en línea). México, D.F., Subdirección General de Planeación. Disponible en <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/SGP-3-14baja.pdf>.
- Davies, W; Wilkinson, S; Loveys, B. 2002. Stomatal control by chemical signalling and the exploitation of this mechanism to increase water use efficiency in agriculture. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1046/j.0028-646X.2001.00345.x/full>.
- Debaeke, P; Aboudrare, A. 2004. Adaptation of crop management to water-limited environments (en línea). *European Journal of Agronomy* 21. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1161030104000619>.
- IMTA (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua). 2007. Efectos del cambio climático en los recursos hídricos de México (en línea). Jiutepec, Morelos, MX, Subcoordinación de Vinculación, Comercialización y Servicios Editoriales. Disponible en <http://www.imta.gob.mx/gaceta/antecedentes/g07-11-2007/gaceta-imta-07.pdf>.

Ojeda, W; Sifuentes Ibarra, E; Rojano, A; Iñíguez, M. 2012. La adaptación de la agricultura de riego ante el cambio climático (en línea). In *Impacto del cambio climático en los recursos hídricos*. Patiño, C; Martínez, P (eds.). México, D.F., Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. p. 65-113. Disponible en [http://www.researchgate.net/publication/233387152\\_La\\_adaptacin\\_de\\_la\\_agricultura\\_de\\_riego\\_ante\\_el\\_cambio\\_climtico](http://www.researchgate.net/publication/233387152_La_adaptacin_de_la_agricultura_de_riego_ante_el_cambio_climtico).

Seager, R; Ting, M; Held, I; Kushnir, Y; Lu, J; Vecchi, G; Huang, HP; Harnik, N; Leetmaa, A; Lau, NC; Li, C; Velez, J; Naik, N. 2007. Model projections of an imminent transition to a more arid climate in southwestern North America (en línea). *Science* 316(5828):1181-1184. Disponible en <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17412920>.

## 4. Adaptación del cultivo de la caña de azúcar en Guatemala

### Introducción

Al igual que para muchos países de Latinoamérica, para Guatemala se proyectan incrementos de temperatura y reducción de los regímenes de precipitación, acompañados de un mayor número de días secos, lo que generará condiciones áridas en sectores con estación seca marcada (Melgar *et al.* 2014). Estos aspectos influyen directamente en las actividades agropecuarias de una forma negativa, incluyendo a la actividad cañera nacional. El impacto del cambio climático afecta a toda la cadena de valor: campo, cosecha, transporte y fábrica. Por tal razón y por la importancia de la agroindustria cañera en la economía guatemalteca, se hace imperativo analizar los impactos del cambio climático en la caña de azúcar y cuáles actividades de adaptación se pueden y deben desarrollar.

De acuerdo con el informe del Banco de Guatemala, el azúcar para la zafra 2012/2013 representó el 38 % de las exportaciones agrícolas tradicionales y generó USD 875 millones en divisas, las cuales son la base para el intercambio económico del país. El ingreso de divisas por exportación de azúcar y melaza ocupó en 2013 el primer lugar en exportaciones agrícolas (Melgar *et al.* 2014).



En la zafra 2012/2013 se produjeron 26,75 millones de toneladas de caña y 2,8 millones de toneladas de azúcar en 263 000 hectáreas cultivadas, que equivale al 2,5 % del territorio nacional. El impacto social de la agroindustria azucarera se refleja principalmente en la generación de empleo, de divisas y producción de energía: azúcar, energía eléctrica y etanol (Melgar *et al.* 2014).

Al igual que los otros países de Centroamérica, Guatemala es considerado un país de alta vulnerabilidad al cambio climático. Un análisis de la temperatura y la precipitación durante el período comprendido entre 1961 y 2009, revela cambios notables en los valores extremos de estas variables. Las temperaturas máximas extremas se incrementaron en 0,2 °C y las temperaturas mínimas se incrementaron en 0,3 °C por década. El número de días fríos ha disminuido durante el período de diciembre a febrero y el número de días calientes se ha incrementado de marzo a mayo. El número de días y noches calientes se ha incrementado en 2,5 % y 1,7 % por década, respectivamente (GFDRR 2011).

Las precipitaciones han mostrado una disminución en los valores mensuales, con la mayor reducción observada en junio y agosto. El número de días secos consecutivos se ha incrementado y la estación seca es más caliente y más prolongada. En general, la tendencia en los últimos 40 años sugiere un fortalecimiento de los ciclos hidrológicos y climáticos, con lluvias más intensas producidas a través de períodos de tiempo más cortos, lo cual produce una mayor precipitación promedio por episodio. Esta tendencia puede continuar en el futuro debido al cambio climático, posiblemente resultando en una mayor frecuencia o intensidad de las inundaciones y las sequías. Esto plantea evidentes impactos sobre la producción agrícola, el suelo, y la conservación de los bosques, así como la disponibilidad y calidad del agua, los cuales ya están mostrando señales de estrés y vulnerabilidad.

En resumen, el clima de Guatemala continuará manifestando las siguientes tendencias: disminución del número de días fríos y aumento de los días calientes; aumento en el número de días secos con la estación seca más prolongada e intensa; la intensificación de olas de calor provocarán más sequías; y es probable una expansión de áreas semiáridas debido a la reducción en las precipitaciones. La producción

de azúcar en Guatemala se ha visto afectada por diversas tormentas tropicales en los últimos años, Mitch (1998), Stan (2005) y Agatha (2010).

### Área, producción de azúcar y precios desde la zafra 1959-60 hasta la zafra 2013-14 Guatemala.



Fuente: CENGICAÑA.

Durante los últimos 54 años, se ha observado que la caña de azúcar es un cultivo que absorbe las alteraciones climáticas con bajos efectos negativos en su producción, por lo tanto, se le puede calificar como un cultivo resiliente. Esta bondad de la caña de azúcar ha hecho que el área de cultivo continúe expandiéndose a lugares donde existen sistemas poco productivos y con condiciones ambientales menos favorables.

### Localización

La región de mayor importancia en la producción de caña de azúcar para el país se denomina la zona cañera de la costa sur de Guatemala. Ésta comprende los departamentos de Retalhuleu, Suchitepéquez, Escuintla, Santa Rosa y Jutiapa.



Fuente: CENGICAÑA 2012.



En ella se están realizando las acciones de adaptación debido a que coinciden con las regiones de mayor vulnerabilidad ante el cambio climático.

### **Descripción de las buenas prácticas**

Debido a la importancia económica, social, ambiental y estratégica del cultivo para Guatemala, y ante las proyecciones del cambio climático, la agroindustria cañera está realizando importantes esfuerzos para preservar la actividad agrícola de una forma sostenible, mediante acciones que brinden mayor resiliencia del cultivo ante los efectos negativos de la variabilidad y el cambio climático. A continuación se presenta un resumen de las diferentes estrategias de adaptación que están siendo implementadas para el cultivo de la caña de azúcar. La mayoría son de adaptación incremental y consisten en un mejoramiento o ampliación de actividades que ya están siendo desarrolladas por los productores de caña de azúcar, los ingenios azucareros, el Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar (CENGICAÑA) y el Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático (ICC).

### **Sistema de información meteorológica y análisis climático**

La agroindustria azucarera de Guatemala cuenta con una red de 20 estaciones meteorológicas automatizadas; con base en esta se ha desarrollado un sistema de información meteorológica que permite visualizar diferentes variables en tiempo real y analizar la información climática, temporal y espacialmente. El ICC emite boletines meteorológicos sobre el fenómeno de El Niño y el balance hídrico.

El análisis de la información climática permite estudiar los efectos de fenómenos como el ENSO (El Niño Southern Oscillation) y el cambio climático. Castro y Suárez (2012) han descrito los efectos del ENSO en el balance de energía, en balance hídrico y la acumulación de azúcar. A través de estudios agrometeorológicos se ha encontrado la relación de diversas variables climáticas con la producción de caña de azúcar, como es el caso de la radiación solar de agosto que está altamente correlacionada con la productividad. A través de estos análisis se han podido desarrollar pronósticos generales de la producción de caña de azúcar.

La idea central es contar con información climática de valor que pueda ser utilizada de manera anticipada en los programas de manejo y desarrollo del cultivo de caña, y de igual forma tener conocimiento sobre el comportamiento futuro del clima que permitirá a los productores de caña, tomar medidas con el fin de afrontar mejor los infortunios relacionados con eventos meteorológicos extremos.

### **Mejoramiento genético**

Un factor de mucha importancia para adaptar el cultivo de caña de azúcar ante el cambio climático tiene que ver con la diversidad genética y el desarrollo de variedades que presenten tolerancia a la sequía y a temperaturas más altas, que sean altamente eficientes en el consumo de agua, y que posean resistencia a las plagas y enfermedades.

El Programa de Variedades de CENGICAÑA es un programa de mejoramiento genético enfocado al incremento del potencial de rendimiento de la caña de azúcar y mejorar su adaptación al cambio climático. El programa está basado en cuatro procesos: 1) recursos genéticos, 2) cruzamientos, 3) selección y 4) desarrollo de nuevas variedades.

Se cuenta con una colección nacional de material genético de caña de azúcar para el desarrollo de nuevas variedades que presenten características deseables evaluadas minuciosamente con el objetivo de sembrar en cada zona agroecológica las variedades más adaptadas, de alto rendimiento (de biomasa y azúcar), resistentes a enfermedades, y con características agronómicas que les permitan enfrentar eficiente y sosteniblemente los impactos proyectados del cambio climático.

### **Manejo del cultivo**

Con el propósito de hacer más eficiente el uso de los recursos naturales e insumos en el cultivo de caña en Guatemala, y al mismo tiempo constituir una medida de adaptación en el sistema agrocañero, se están realizando acciones que permitan conservar suelos y agua en la actividad.

Se han llevado a cabo estudios detallados que permiten brindar recomendaciones de fertilización al cultivo de acuerdo con el tipo de suelo, la variedad, el ciclo del cultivo (plantía y primera soca), uso de riego, el nivel de materia orgánica del suelo, el rendimiento esperado, y la época y



forma de aplicación. Las recomendaciones son “variables” en lugar de ser “generalizadas”, por lo tanto, se ha logrado una reducción de la dosis de nitrógeno, principalmente en la primer cosecha. También se han determinado los aportes de nitrógeno que los abonos verdes (*Crotalaria juncea*, *Canavalia ensiformis*) pueden generar y el potencial de la fijación biológica de nitrógeno. Mediante un adecuado programa de nutrición se ha logrado reducir las emisiones al suministrar la cantidad precisa de fertilizantes nitrogenados, obteniendo los mismos rendimientos.

### **Manejo del agua**

Al mismo tiempo, el manejo del recurso hídrico juega un papel de primordial importancia en la adaptación del cultivo ante las proyecciones de disminución de lluvias, acceso al agua, y aumento de la temperatura, producto del cambio climático. Por tal razón, el Área de Riegos de CENGICANA tiene como objetivo general la optimización del uso del agua buscando la eficiencia técnica y económica del riego y los métodos de riego. Castro (2014) describe las principales tecnologías que se han adoptado en la zona cañera de Guatemala: 1) Programación del riego utilizando parámetros del clima-océano, suelo, caña de azúcar; 2) Sistemas de riego más eficientes como microaspersión, pivote central y goteo; 3) Uso del balance hídrico; 4) Estudio de niveles freáticos y análisis del aporte capilar; 5) Eficiencia en la conducción del agua. Estas tecnologías han permitido regar más área con menos agua, tal como se demuestra en los resultados de la zafra de 1990/1991, en donde se regaron 0,88 ha por megalitro de agua (Ml), mientras que en la zafra 2012/2013, se regaron 1,42 ha/Ml. La meta a corto y mediano plazo es continuar minimizando el uso del agua, pero sin disminuir la producción de caña.

Los sistemas de captación y almacenamiento constituyen otra de las estrategias en el manejo adecuado del recurso hídrico para las zonas agrocañeras de Guatemala. Esto es posible ya que aunque se presentaran mayor número de días secos y disminución de precipitaciones, se puede aprovechar las escasas lluvias para utilizar los sistemas de captación. Chan (2012) menciona que el ICC está dedicando esfuerzos a la investigación de métodos de captación y almacenamiento de agua de lluvia, iniciando con una revisión de los

métodos que existen en el mundo, para luego proponer aplicaciones para la zona cañera de Guatemala.

### **Manejo de plagas**

La estrategia de Manejo Integrado de Plagas (MIP) es importante también como actividad de adaptación, principalmente debido al comportamiento de las plagas y enfermedades que con el cambio climático van expandiendo su distribución e incidencia en las diferentes regiones. El MIP se enfoca en la implementación racional de las técnicas apropiadas de tipo químico, cultural, físico, etológico y, con mayor énfasis a las estrategias biológicas en una secuencia compatible con la bioecología de la plaga y el cuidado del medio ambiente. Se han generado valores de pérdidas, índices de daño y umbral económico para las principales plagas, los cuales sirven de apoyo a las decisiones y programas de control en cada plaga. El MIP aspira a controlar las plagas y reducir o eliminar el uso de plaguicidas.

### **Resultados e impactos**

Mediante los esfuerzos que está realizando el sector cañero de Guatemala, en términos de estrategias de adaptación del cultivo ante el cambio climático, los productores se han visto beneficiados ya que han experimentado incrementos en el conocimiento de prácticas de manejo sostenible, lo cual les ha permitido ahorrar dinero en insumos como los fertilizantes; además, brindan un mejor manejo al recurso hídrico cada vez más limitado, permitiéndoles irrigar sus plantaciones con menor cantidad de agua y aplicar menos agroquímicos al contemplar un sistema integrado de manejo de plagas. Al final del proceso, lo anterior se traduce en sostenibilidad y resiliencia de la producción.

Por el momento, el programa de mejoramiento genético y obtención de variedades les ha permitido a los productores alcanzar mayores rendimientos y en el corto a mediano plazo, la posibilidad de contar con materiales nuevos que les faciliten producir con menor uso de agua y una mejor adaptación al cambio climático, permitiéndoles asegurar producción e ingresos.

### **Conclusiones y recomendaciones**

El cultivo de la caña de azúcar en Guatemala es muy importante en la generación de empleo, de divisas



y como la principal fuente de bioenergía. Aunque Guatemala contribuye con menos de 0,1 % de las emisiones de gases de efecto invernadero a nivel mundial, y es considerado dentro de los países de más alto riesgo a los impactos del cambio climático (incremento de temperatura, sequías, tormentas, inundaciones, deslizamientos).

Hacia el futuro, deberá fortalecerse el Sistema de Pronóstico Climático para apoyar la toma de decisiones sobre aspectos técnicos, ambientales y de mercado, así como implementar modelos eco fisiológicos para cuantificar los impactos potenciales del cambio climático en términos de rendimiento del cultivo y para evaluar la eficacia de las estrategias de adaptación.

Aunque se ha observado que la caña de azúcar es uno de los cultivos más resilientes a las condiciones climáticas de la costa sur de Guatemala, la agroindustria azucarera está desarrollando una adaptación planificada para enfrentar de una mejor forma los embates proyectados del cambio climático.

### Bibliografía consultada

Castro, O. 2014. Riegos (en línea). In CENGICANÑA (Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar). Informe anual 2012-2013. Guatemala, GT. p. 78-87 Disponible en <http://cengican.org/en/publications/other-publications/manuales/informe-anual/orderby,5/page,2/>.

Castro, O; Suárez, A. 2012. La meteorología en caña de azúcar (en línea). In Melgar, M. *et al.* El cultivo de la caña de azúcar en Guatemala. Guatemala, GT. p 448-478. Disponible en <http://www.slideshare.net/mmelgar0506/libro-el-cultivo-de-la-cao-de-azcar-16-febdoc>.

CENGICANÑA (Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña). 2012. Ubicación geográfica de la zona cañera de Guatemala VD002 (en línea). Guatemala, GT. Disponible en <http://www.cengicana.org/es/mapas-zona-canera/func-startdown/471/>.

Chan Santisteban, ML. 2012. Métodos de almacenamiento del agua (en línea). In Pri-

mer Congreso Nacional de Cambio Climático. Guatemala, GT. Disponible en [http://cambioclimaticogt.org/wp-content/uploads/2014/09/M%C3%A9todos\\_almacenamiento\\_agua\\_Milt%C3%B3n-Ch-C3%A1n\\_CUNSUROCNEUVO1.pdf](http://cambioclimaticogt.org/wp-content/uploads/2014/09/M%C3%A9todos_almacenamiento_agua_Milt%C3%B3n-Ch-C3%A1n_CUNSUROCNEUVO1.pdf).

GFDRR (Global Facility for Disaster Reduction and Recovery). 2011. Vulnerability, Risk Reduction, and Adaptation to Climate Change Guatemala (en línea). Washington, DC, US, World Bank. Disponible en [http://sdwebx.worldbank.org/climateportalb/home.cfm?page=country\\_profile&CCode=GTM&ThisTab=Dashboard](http://sdwebx.worldbank.org/climateportalb/home.cfm?page=country_profile&CCode=GTM&ThisTab=Dashboard).

Melgar, M; Quemé, JL. 2014. Adaptación del cultivo de la caña de azúcar al cambio climático en Guatemala (en línea). In ATAGUA (Asociación de Técnicos Azucareros de Guatemala). Revista Atagua. Escuintla, GT. p. 4-13. Disponible en <http://www.atagua.org/web2/wp-content/uploads/2015/03/AtaguaRev-Jul-sep2014.pdf>.

## 5. Adaptación al cambio climático en Tlaxcala, México

### Introducción

La agricultura, el aprovechamiento forestal y el uso del agua del estado de Tlaxcala, son ejemplos altamente representativos de la situación que vive el país, donde la problemática de sobreexplotación, contaminación y deterioro del medio ambiente constituyen parte de la realidad de la explotación de los recursos existentes. Dentro del Estado se presenta



Jitomate producido en invernadero.



una heterogeneidad de procesos productivos, sociales, económicos y organizativos que fueron analizados a profundidad al realizar un estudio de la situación de Tlaxcala. Los resultados del proyecto permitieron definir medidas de adaptación al cambio climático que pueden comenzar a instrumentarse en forma integrada, identificar los elementos mínimos necesarios para fundamentar el desarrollo y establecer un Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático, que contribuya en el proceso de difusión de la información referente al tema.

### *Descripción de las buenas prácticas*

En Tlaxcala se están realizando acciones de recuperación de suelos de sectores altamente degradados, adicionando materia orgánica para el enriquecimiento de la microflora y microfauna del suelo, mediante la aplicación de lombricompost (abono orgánico producto de la descomposición de la materia orgánica por lombrices). Para ello, con ayuda de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), la Universidad Autónoma de Tlaxcala y la Secretaría de Fomento Agropecuario, se han establecido proyectos de lombricultura y se ha desarrollado un programa de mejoramiento de suelos. También han iniciado con establecimientos de viveros e invernaderos para la producción de jitomate, tomate y chile, intensificando sosteniblemente la agricultura, diversificando y maximizando el uso de la tierra, mejorando los recursos suelo y agua, reduciendo así la vulnerabilidad a los eventos extremos.

Asimismo, se está promoviendo cada vez más el uso de pronósticos climáticos en la definición de actividades agropecuarias, aunque la práctica funciona parcialmente en el Estado. Debido a que la distribución de las lluvias es cada vez más variable y caótica, se están presentando mejoras en la tecnología del riego de cultivos. La implementación de riego por goteo por parte del Instituto de Ingeniería de la UNAM, ha servido para mostrar cómo cultivar con menor cantidad de agua, evitar la degradación de tierras y al mismo tiempo, obtener buenos rendimientos en los invernaderos.

En el área forestal, han adaptado la reforestación a especies de menor talla, incluyendo especies nativas del Estado; de igual manera, han modificado el calendario de siembra, el establecimiento de bosques semilleros y la implementación de mejoramiento

genético, lo cual les ha permitido mayor resistencia a sequías o menor cantidad de riegos en las etapas iniciales. También, incursionaron en sistemas agrosilvopastoriles por medio de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) y la SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación), que contemplan la producción de cultivos anuales, árboles frutales y pastizales combinados en predios preferentemente de actividad forestal, que permitan ingresos alternativos (tejocote, durazno y nopal), en condiciones de extremos climáticos severos.

En cuanto al recurso hídrico propiamente, se pretende una mejor gestión de los mismos, incrementando y mejorando la capacidad de almacenamiento, rescatando y rehabilitando lagunas y obras de almacenamiento (Laguna El Carmen, Tequexquila y Atlanyatepec), así como el rescate y protección de zonas de recarga hídrica en articulación con la estrategia de Áreas Naturales Protegidas (Tlaxco, La Malinche). También se fortalecen las capacidades regionales y locales por medio del rescate de estrategias desarrolladas en zonas rurales frente a la escasez de agua, mediante la promoción y establecimiento de cosechas de agua de lluvia y el uso de pozos artesanales. Así, se establecen tecnologías como las de recargas artificiales de acuíferos, optimización en la operación de presas y acuíferos, restauración y conservación de cuencas, uso eficiente del recurso hídrico; reparación de fugas, reparación de infraestructura hidroagrícola, tecnificación del riego parcelario (goteo, microaspersión), medición y entrega volumétrica del agua para riego, reutilización del agua y colectores de agua de lluvia (cosecha y almacenamiento).

### *Resultados e impactos*

Las medidas o prácticas de adaptación empleadas en el Estado de Tlaxcala, permiten a los productores agrícolas enfrentar de una mejor manera las condiciones adversas presentes y futuras ocasionadas por el cambio climático. Es importante considerar acciones interinstitucionales para enfrentar de una mejor forma los embates del cambio climático, ya que las acciones de adaptación del recurso hídrico están relacionadas con el sector agrícola y el forestal, de igual forma, las de los bosques con la agricultura, por lo que sumar sinergias entre las diferentes instituciones resulta positivo para asegurar la



continuidad de la producción agrícola frente a los escenarios proyectados de cambio climático.

El diseño de estrategias de adaptación para realidades concretas es una tarea complicada, debido a las incertidumbres. Todavía no es posible cuantificar con precisión los probables impactos futuros sobre un sistema en particular en un lugar determinado. Esto se debe a que las proyecciones del cambio climático a nivel regional son inciertas; la comprensión que tenemos actualmente de los procesos naturales y socioeconómicos es limitada, y la mayor parte de los sistemas están sujetos a muchas fuerzas diferentes que interactúan.

Sin embargo, los resultados obtenidos con las medidas de adaptación implementadas en el Estado de Tlaxcala son promisorias y halagadoras, pero sobre todo, lo importante es haber iniciado el proceso de adaptación y mejora, y no quedarse sin hacer nada, que es lo peor que pudiera ocurrir.

### Bibliografía consultada

SEMARNAT (Secretaría del Ambiente y Recursos Naturales, MX); INE (Instituto Nacional de Ecología, MX); UNAM (Universidad Nacional Autónoma de México); PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo); CATHALAC (Centro del Agua del Trópico Húmedo para América Latina y el Caribe); CCA-UNAM (Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM, MX); GEF (Fondo para el Medio Ambiente Mundial). 2007. Informe del Proyecto: Fomento de las Capacidades para la Etapa II de Adaptación al Cambio Climático en Centroamérica, México y Cuba (en línea). México, D.F., MX. Disponible en [http://cambioclimatico.inecc.gob.mx/descargas/cc\\_cmc.pdf](http://cambioclimatico.inecc.gob.mx/descargas/cc_cmc.pdf).

## 6. Sistemas agroforestales en Perú y Costa Rica

### Introducción

Los sistemas agroforestales con cacao en Costa Rica y con café en Perú, plantean una estrategia de adaptación y mitigación para zonas de alta vulnerabilidad y fragilidad ante eventos meteorológicos extremos. Esto, debido

principalmente a que aumentan y conservan la biodiversidad, contribuyen en la conservación de suelos y el recurso hídrico, disminuyen la incidencia de enfermedades y plagas, forman un microclima en el sistema que atenúa eventos climáticos extremos, por ejemplo, disminuye la temperatura permitiendo continuar la producción de café en zonas donde por el incremento de temperatura debido al cambio climático, ya no podría darse.

### Descripción de las buenas prácticas

En el sistema agroforestal cacao, desarrollado en Talamanca, Costa Rica, se combina el cultivo de especies forestales como laurel (*Cordia alliodora*), cedro (*Cedrela odorata*), poró (*Erythrina* sp.), y el cultivo de cacao como principal actividad. Dicho sistema logró conservar la biodiversidad y se favoreció la polinización del cacao comparado con los monocultivos; también, el ciclaje de nutrientes se vio favorecido ya que es un sistema cerrado, disminuyendo la necesidad de fertilizantes inorgánicos, pues la hojarasca y remanentes de poda aportan hasta 14 t MS/ha/año que contienen hasta 340 kg N/ha/año y podrían fijar hasta 60 kg/ha/año de N atmosférico por el uso de leguminosas arbustivas con densidades de 100 a 300 árboles/ha (Beer *et al.* 1998).

Los doseles de los diferentes estratos del componente y la hojarasca presente (12,7 t MS/ha) en los sistemas agroforestales de cacao en Talamanca, Costa Rica, controlan y minimizan la erosión del suelo al amortiguar el impacto de las gotas de lluvia, reducen la velocidad del agua, mejoran la estructura del suelo y almacenan una gran proporción del agua, lo cual es relevante en zonas de laderas y durante los pronósticos de lluvias torrenciales o bien escasez de ellas, favorecidas por el cambio climático (Beer *et al.* 2003). Una situación similar se presenta en el sistema agroforestal con



Sistema agroforestal cacao. Fuente: Öko Caribe.



café en la Provincia de San Ignacio, Perú en más de 3 000 ha desarrolladas a partir del 2010.

El sistema agroforestal con café en San Ignacio, Perú, combina la producción de *Cordia alliodora*, *Cedrela odorata* y *Eucalyptus saligna*, con el cultivo de café, al igual que en el sistema agroforestal cacao, donde logran formar un microclima que amortigua cambios climáticos extremos, afecta el flujo de radicación, la temperatura del aire, la velocidad del viento, la tasa fotosintética, el crecimiento vegetal, la evapotranspiración y el uso del agua en el suelo, permitiendo el desarrollo de cultivos en situaciones extremas adversas y volviéndolos más resilientes a la variabilidad y cambios climáticos.

### Resultados e impactos

Tanto en Costa Rica como en Perú, los casos de cacao y café bajo sistemas agroforestales respectivamente, causaron atenuaciones microclimáticas en temperatura, radiación, humedad relativa, velocidad del viento, evapotranspiración, entre otros factores, que amortiguan los cambios climáticos extremos que podrían afectar negativamente a los cultivos, si estuvieran desprovistos del componente arbóreo. Esto permitió asegurar la producción de cacao y café en los sistemas de ambos países. Por otro lado, los sistemas agroforestales de cacao y café permiten mitigar el cambio climático ya que secuestran dióxido de carbono, evitando el daño a la capa de ozono por los gases de efecto invernadero. De igual forma, ambos sistemas tienen acceso al pago por servicios ambientales, constituyéndose en una fuente alternativa de incremento de ingresos económicos para sus hogares.

Los sistemas agroforestales demuestran ser una práctica de adaptación y mitigación viable para los productores de las zonas rurales de Centro América y el resto de Latinoamérica, que al mismo tiempo constituyen el mayor porcentaje en estas regiones y que además, son los de menor recurso económico y mayor vulnerabilidad ante los eventos extremos negativos asociados con el cambio climático.

### Bibliografía consultada

- Beer, J; Ibrahim, M; Harmand, JM; Somarriba, EJ; Jiménez, F. 2003. Servicios ambientales de los sistemas agroforestales (en línea). Agroforestería en las Américas 10(37). Disponible en [http://www.researchgate.net/publication/228916276\\_Servicios\\_ambientales\\_de\\_los\\_sistemas\\_agroforestales](http://www.researchgate.net/publication/228916276_Servicios_ambientales_de_los_sistemas_agroforestales).
- Beer, J; Muschler, R; Kass, D; Somarriba, E. 1998. Shade Management in Coffee and Cacao Plantations (en línea). Agroforestry Systems 38:139-164. Disponible en [http://www.ruta.org/CDOC-Deployment/documentos/Shade\\_management\\_in\\_coffee\\_and\\_cacao\\_plantations.pdf](http://www.ruta.org/CDOC-Deployment/documentos/Shade_management_in_coffee_and_cacao_plantations.pdf).
- Elliot, J. Experiencias de mitigación y adaptación con sistemas agroforestales en Perú (en línea). Soluciones Prácticas. Perú. Disponible en <http://www.solucionespracticas.org.pe/Descargar/5606/32371>.
- Ministerio de Agricultura y Riego de Perú. Adaptación al cambio climático para la competitividad agraria: experiencias exitosas en cultivos de algarroba, cacao y café (en línea). Lima, PE. Disponible en [http://agroaldia.minag.gob.pe/biblioteca/download/pdf/manuales-boletines/bioenergia/adaptacion\\_algarroba\\_cacao.pdf](http://agroaldia.minag.gob.pe/biblioteca/download/pdf/manuales-boletines/bioenergia/adaptacion_algarroba_cacao.pdf).
- Sepúlveda L, CJ; Ibrahim, M. (eds.). 2009. Políticas y sistemas de incentivos para el fomento y adopción de buenas prácticas agrícolas, como medida de adaptación al cambio climático en América Central (en línea). Turrialba, CR, CATIE. Disponible en [http://www.cebem.org/cmsfiles/publicaciones/politicas\\_sistemas\\_agricolas.pdf](http://www.cebem.org/cmsfiles/publicaciones/politicas_sistemas_agricolas.pdf).
- Torres, J. 2014. Adaptación al cambio climático en ecosistemas de montaña (en línea). Soluciones Prácticas. Perú. Disponible en [http://www.fao.org/fileadmin/user\\_upload/AGRO\\_Noticias/smart\\_territories/docs/LIBRO.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/AGRO_Noticias/smart_territories/docs/LIBRO.pdf).



## 7. Buenas prácticas de adaptación de la agricultura en Centroamérica

### Introducción

El Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) ha realizado una serie de investigaciones tendientes a la adaptación de la agricultura ante el cambio climático, enfocándose en la adopción de las buenas prácticas agrícolas en la región centroamericana, como una estrategia de adaptación.

Los autores Sepúlveda e Ibrahim recopilan en el documento “Políticas y Sistemas de Incentivos para el Fomento y Adopción de Buenas Prácticas Agrícolas”, como una medida de adaptación al cambio climático en América Central, una serie de casos de aplicación de tecnologías de buenas prácticas de adaptación de los sistemas agrícolas, forestales y ganaderos, que incluyen: Sistema de barreras vivas para la producción de granos básicos en zonas de laderas de América Central; sistemas silvopastoriles como herramienta de adaptación al cambio climático de las fincas ganaderas en América Central; resumen de experiencias en el uso de especies leguminosas como cobertura para la producción de maíz y la integración de sistemas de incentivos para la implementación de buenas prácticas de adaptación al cambio climático en Centroamérica.

### Descripción de las buenas prácticas

Las barreras vivas son utilizadas en algunas fincas de productores centroamericanos y les permiten

favorecer la conservación de suelos y aguas al reducir la erosión del suelo por efecto de la precipitación, así como retener la humedad del suelo en la parcela para optimizar el aprovechamiento del agua disponible, mejorar la fertilidad por la adición de materia orgánica, incrementar la diversidad macro y micro biológica, y en algunos casos, disminuir los problemas de plagas, y también son importantes como cortinas o barreras rompevientos. Constituyen una estrategia adecuada en momentos de lluvias intensas, o bien, en condiciones de escasez de lluvias y sequías. Sumado a lo anterior, se está promoviendo la integración y adopción de técnicas de conservación de suelos y aguas por parte de pequeños y medianos productores de laderas, que incluyen la no quema de biomasa en sus fincas, el manejo e incorporación de rastrojos, incorporación de barreras con varias especies de frutales, uso de abonos verdes (coberturas), incorporación de abonos orgánicos, construcción de barreras muertas de piedras y acequias de laderas. Todo con el fin de mostrar mayor resiliencia y adaptación ante las condiciones de variabilidad y cambio climático.

En ciertos casos, si el productor de granos básicos también se dedica a la crianza de animales domésticos (por ejemplo, ganado y aves), las barreras vivas pueden ser útiles para obtener producción de forrajes, como el caso del pasto elefante o napier (*Pennisetum purpureum Schumach*), la caña de azúcar (*Saccharum officinarum L.*), o para obtener alimentos extras para la familia o las aves de corral, como es el caso del gandul (*Cajanus cajan (L.) Huth*). Las barreras vivas, particularmente las de árboles como *L. leucocephala*, *G. sepium* y *A. indica*, tienen



Sistemas silvopastoriles, conservación de suelos y aguas en zonas de laderas y barreras vivas Centro América.

Fuente: Darwin Ríos 2013, Magazine 2015, Red costarricense del vetiver 2010.

sus consideraciones particulares en la fijación de nitrógeno atmosférico y como materia prima para la elaboración de insecticidas o repelentes biológicos. Los productores de granos básicos deben podarlas al inicio de la estación agrícola o de las siembras para evitar que la sombra compita con la producción de alimentos. El manejo de barreras vivas de árboles implica la poda con suficiente tiempo, antes de la siembra, para lograr que la biomasa se degrade y se incorpore al suelo (PASOLAC 2005). Para optimizar la retención de agua con barreras vivas de pastos o zacate vetiver (*V. zizanioides*), las macollas deben formar una hilera densa de plantas. En ciertos casos, para optimizar la retención de humedad y suelo, se combina una barrera viva con una obra física, como la acequia de laderas (PASOLAC 2005).

Dichas opciones contribuyen a la adaptación de los productores de laderas ante el cambio climático y variabilidad climática, contribuyendo de esta forma en la sostenibilidad de la producción y del ambiente y al mismo tiempo, a su seguridad alimentaria.

Los sistemas silvopastoriles que integran la producción de pasturas con especies forestales maderables, frutales e inclusive, para la alimentación animal, permiten a los productores amortiguar los excesos de temperatura, favorecer el balance hídrico del sistema e incrementar la fertilidad y conservación de los suelos. A diferencia del esquema tradicional de pasturas en monocultivo, que en ciertas épocas presentan baja tolerancia a la sequía, o bien en los momentos de alta precipitación, se ven seriamente afectados tanto en la calidad como en la productividad de los pastos, además de favorecer enormemente en la degradación de los suelos y aguas, traduciéndose en mermas en la producción de carne y leche para los productores y afección del medio ambiente.

Las pasturas asociadas con árboles han ofrecido beneficios económicos a los productores en comparación con las pasturas degradadas con pocos, o sin árboles. Desde el punto de vista económico, el efecto de sombra ha incrementado la producción de leche entre un 10 % a 22 %, mientras que la ganancia de peso vivo en el ganado de carne puede superar el 0,5 kg por animal por día, (Sepúlveda *et al.* 2009), debido a que la sombra baja la temperatura reduciendo el estrés calórico de los animales, lo cual está asociado con una baja tasa respiratoria, permitiéndoles gastar menos

energía y consumir más alimento. Algunas especies arbóreas proporcionan alimento a los animales por medio del follaje o sus frutos, favoreciendo su alimentación en periodos críticos y reduciendo los costos a los productores, lo cual es vital en zonas como las del Corredor Seco Centroamericano en los momentos de falta de agua. Por otro lado, el productor puede utilizar el recurso forestal para la venta en momentos de necesidad, así como proveerse de leña, frutos o medicinas para su bien común.

### *Resultados e impactos*

Desde el punto de vista ecológico, los árboles presentes en los sistemas silvopastoriles han contribuido con el balance hídrico del medio y de las pasturas, ya que al disminuir la temperatura bajo la copa de los árboles, baja la tasa de transpiración a través de los estomas y también se reduce la evaporación, lo que retrasa o evita el estrés hídrico de las plantas, característico del periodo seco. Las especies arbóreas también actúan como barreras que reducen la escorrentía, minimizan el impacto de las gotas (cobertura) y mejoran los suelos al incrementar la infiltración y retención de agua, contribuyendo a la recarga y sustento de los acuíferos, constituyéndose en una excelente estrategia de adaptación y mitigación ante el cambio climático.

Las barreras vivas y muertas han permitido la recuperación en Centroamérica de zonas de ladera degradadas, ya que han evitado la pérdida de suelos y nutrientes y al mismo tiempo, han favorecido el incremento de la materia orgánica y la diversificación del sistema productivo, con la consecuente adición de servicios ecosistémicos.

Finalmente, los beneficios ecológicos e hidrológicos que presentan los sistemas agroforestales, silvopastoriles, agrosilvopastoriles y las buenas prácticas de conservación de suelos y aguas, como un sistema de buenas prácticas de adaptación de los productores agrícolas ante el cambio climático y la variabilidad climática, posibilitan la implementación de sistemas de incentivos como los pagos por servicios ambientales, esperando que con esto se logre estimular su difusión y adopción por los involucrados en la producción de alimentos, favoreciendo el medio ambiente y al mismo tiempo, incrementando los ingresos de las familias, mejorando su calidad de vida.



## Bibliografía consultada

- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, IT). 2003. Centroamérica frente al cambio climático (en línea). Serie Centroamericana de Bosques y Cambio Climático. CCAD-SICA, FAO. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/006/ad444s/ad444s00.htm>.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, IT). s. f. Adaptación de la agricultura al cambio climático (en línea). Roma, IT. Disponible en [http://www.fao.org/fileadmin/templates/tci/pdf/backgroundnotes/webposting\\_SP.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/templates/tci/pdf/backgroundnotes/webposting_SP.pdf).
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, IT)/PASOLAC (Programa para la Agricultura Sostenible en Laderas de América Central). 2005. Sistema agroforestal Quesungual (en línea). Disponible en [http://sites.biology.duke.edu/aridnet/wkshop\\_huasteca/pdfs/2005-Quesungual%20ElSistAgrofor.pdf](http://sites.biology.duke.edu/aridnet/wkshop_huasteca/pdfs/2005-Quesungual%20ElSistAgrofor.pdf).
- Nicholls, C; Altieri, M. 2009. Cambio climático y agricultura campesina: Impactos y respuestas adaptativas (en línea). Leisa, Revista de Agroecología 24(4). Disponible en <http://www.agricultures-network.org/magazines/latin-america/4-respuestas-al-cambio-climatico/cambio-climatico-y-agricultura-campesina-impactos>.
- PASOLAC (Programa para la Agricultura Sostenible en Laderas de América Central). 2005. Guía Técnica de Conservación de Suelos y Agua. <http://infoagro.net/programas/ambiente/pages/agricultura/herramientas/3.pdf>.
- SEMARNAT (Secretaría del Ambiente y Recursos Naturales, MX); INE (Instituto Nacional de Ecología, MX); UNAM (Universidad Nacional Autónoma de México); PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo); CATHALAC (Centro del Agua del Trópico Húmedo para América Latina y el Caribe); CCA-UNAM (Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM, MX); GEF (Fondo para el Medio Ambiente Mundial). 2007. Informe del Proyecto: Fomento de las Capacidades para la Etapa II de Adaptación al Cambio Climático en Centroamérica, México y Cuba (en línea). México, D.F., MX. Disponible en [http://cambioclimatico.inecc.gob.mx/descargas/cc\\_cmc.pdf](http://cambioclimatico.inecc.gob.mx/descargas/cc_cmc.pdf).
- Sepúlveda L, CJ; Ibrahim, M. (eds.). 2009. Políticas y sistemas de incentivos para el fomento y adopción de buenas prácticas agrícolas, como medida de adaptación al cambio climático en América Central (en línea). Turrialba, CR, CATIE. Disponible en [http://www.cebem.org/cmsfiles/publicaciones/politicas\\_sistemas\\_agricolas.pdf](http://www.cebem.org/cmsfiles/publicaciones/politicas_sistemas_agricolas.pdf).
- Torres, J. 2014. Adaptación al cambio climático en ecosistemas de montañas (en línea). Soluciones Prácticas. Perú. Disponible en [http://www.fao.org/fileadmin/user\\_upload/AGRO\\_Noticias/smart\\_territories/docs/LIBRO.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/AGRO_Noticias/smart_territories/docs/LIBRO.pdf).

## 8. Buenas prácticas para la adaptación al cambio climático en las zonas costeras de Ecuador

### Introducción

Mediante un estudio detallado en la zona costera ecuatoriana, especialmente en el área de influencia del Parque Nacional Machalilla y considerando la actual y creciente presión sobre los ecosistemas debido a la expansión urbana, la presencia de actividades no compatibles con la conservación, la localización de fuentes de contaminación de aguas subterráneas y superficiales, combinado con un escenario de cambio climático que incrementa los niveles de susceptibilidad ambiental en la zona costera ecuatoriana, se hace necesaria la implementación de medidas de adaptación que permitan disminuir la presión sobre los ecosistemas con alternativas sostenidas de desarrollo local, basados en principios de conservación, manejo integral de recursos hídricos, coordinación interinstitucional, gobernanza local y procesos inclusivos de participación comunitaria.

Las principales amenazas identificadas para la conservación son: la deforestación, la extracción selectiva de madera (alternativa económica de algunos pobladores), la falta de regularización de la tenencia de la tierra, las prácticas insostenibles de agricultura y el uso inadecuado de agroquímicos.



### *Descripción de las buenas prácticas*

Ante las amenazas de sequías y eventos extremos con potencial de causar desastres en la agricultura, ganadería y recursos hídricos, se contempla un plan de acción estratégica para solucionar los problemas de tenencia de la tierra, sistemas de control forestal, manejo de sistemas agroforestales, manejo de desechos sólidos, manejo de ecosistemas de manglar, y levantamiento de línea base de especies y monitoreo de lugares de alimentación y anidación, para lo cual es necesaria una integración interestatal, intermunicipal y de la sociedad civil.



Vivero forestal, reforestación y captación de aguas (al-barrada), estrategias de adaptación en zonas costeras. Fuentes: La Hora, PACC Ecuador 2015.

Las estrategias para enfrentar el cambio climático ante las limitaciones de recarga de los acuíferos ha contemplado el promover la integralidad y restauración del bosque, la promoción en la construcción de sistemas ancestrales para captura y almacenamiento de agua de lluvia (albarradas), el fortalecimiento de la gestión integrada de los recursos de la zona de influencia del Parque Nacional Machalilla, la realización de una evaluación de recursos hidrogeológicos (acuíferos) incluyendo su calidad, la identificación de los conflictos de agua existentes y acuerdos de agendas concertadas para su solución y también la promoción de buenas prácticas en el uso del agua. En cuanto a las acciones a tomar por el impacto del cambio climático sobre la agricultura de subsistencia y la ganadería, se contempla promover técnicas caseras para riego controlado y cultivos alternativos en zonas de amortiguamiento del parque, con base a la determinación de las áreas de acuíferos, proponer sitios para el desarrollo de alternativas agropecuarias de baja demanda de agua, en confinamiento (invernaderos) y haciendo uso de la reforestación con algarrobo para cercas vivas, alimentación y sistemas agroforestales o silvopastoriles, así como promover el uso de las radios comunitarias para capacitar a pequeños agricultores y proveerles información climática para la planeación de actividades agrícolas.

### *Resultados e impactos*

El contar con estrategias de manejo integrado del recurso hídrico, bien sea con cosecha de agua o sistemas de riego controlado y tecnificado, ha permitido a los habitantes costeros continuar con actividades agrícolas en momentos de sequía. De igual forma, con la implementación de sistemas de producción controlados como los invernaderos, se ha favorecido la diversificación de cultivos en una zona con pocos recursos, lo cual ha permitido generar ingresos importantes para mejorar su calidad de vida, no obstante, un factor de importancia lo constituye el poder obtener productos para su seguridad alimentaria y el hecho de mejorar la eficiencia en el uso del agua a través de esta adaptación tecnológica.

Mediante la aplicación de buenas prácticas agrícolas, los habitantes de la costa ecuatoriana han disminuido los efectos negativos al medio ambiente y al mismo tiempo, han reducido su vulnerabilidad



e incrementado su resiliencia ante las adversidades del cambio climático. Se ha logrado mejorar la condición de los manglares y se están recuperando zonas de influencia de los sectores protegidos, constituyendo estrategias de adaptación de importancia para los pobladores.

### **Bibliografía consultada**

CIIFEN (Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno El Niño); Chemonics International; USAID (Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional). 2012. Manual de buenas prácticas para adaptación al cambio climático en zona costera: una guía para la formulación, diseño e implementación de medidas de adaptación al cambio climático en zonas costeras. Ecuador. Disponible en [http://www.ciifen.org/images/stories/Herramientas\\_y\\_Recursos/Manual\\_de\\_Buenas\\_Practicas\\_de\\_Adaptacion\\_Costera.pdf](http://www.ciifen.org/images/stories/Herramientas_y_Recursos/Manual_de_Buenas_Practicas_de_Adaptacion_Costera.pdf).

## **9. Adaptación de la agricultura de riego en México ante el cambio climático**

### *Introducción*

En México se proyectan cambios en los patrones climáticos de precipitación y temperatura que afectarán los componentes y los procesos asociados con el ciclo hidrológico. Las proyecciones de cambio climático indican un incremento global consistente con una variabilidad espacial y temporal regional, tanto de la temperatura como de la concentración de dióxido de carbono.

Para cumplir con la demanda de alimentos, de acuerdo con el crecimiento poblacional esperado, la producción tendrá que duplicarse en el futuro. Sin embargo, los sistemas de producción agrícolas constituyen actividades altamente sensibles a la variabilidad climática, por lo que los cambios en los patrones climáticos tendrán impactos catastróficos en estos sistemas y en las comunidades que dependen de ellos, en consecuencia, es de gran importancia identificar y evaluar opciones de adaptación de la agricultura a corto y mediano plazos.

Con base en las proyecciones más secas y calientes para el territorio mexicano concernientes al cambio

climático, la agricultura bajo riego tendrá el reto de incrementar o mantener la producción de alimentos y recursos con menos agua a través de acciones de adaptación, aplicando técnicas y sistemas que permitan una mayor eficiencia del recurso hídrico y la conservación de los ecosistemas.

### *Descripción de las buenas prácticas*

Ante la presencia de sequías proyectadas, se puede implementar una de las siguientes estrategias: Escapar de la sequía cambiando la fecha de siembra, de cultivo y de variedad; establecer una tolerancia al estrés hídrico mediante la reducción de la pérdida de agua al maximizar su disponibilidad para la planta; racionar el cultivo en unos períodos y con ello, guardar agua para usarse en momentos críticos claves y moderar el estrés hídrico con riegos ya sean suplementarios, deficitarios, parciales, etc. Por lo anteriormente descrito, se requieren acciones concretas de adaptación como el incrementar el agua almacenada en el perfil del suelo; incrementar la extracción del agua del suelo (mayor exploración de las raíces); reducir la contribución de la evaporación del suelo con acciones como el acolchado, la utilización de residuos vegetales, las coberturas vegetales y la inducción del desarrollo temprano del cultivo; optimizar el patrón de uso de agua estacional disponible, tolerar la época de estrés hídrico y recuperarse después de cesar el estrés; e incorporar variedades o especies con resistencia a la sequía, o bien, regar solamente en las etapas más sensibles al estrés hídrico.

Aunado a esto, se han establecido políticas a nivel estratégico del país y el cambio climático se define con un problema de seguridad nacional y global, por lo que se plantean estrategias gubernamentales a través de programas y políticas nacionales, entre los cuales se pueden mencionar: la reconversión en el uso del suelo para el establecimiento de cultivos perennes y mixtos; la elaboración de estudios de vulnerabilidad y desarrollo regional de capacidades de respuesta al cambio climático; la promoción y uso eficientes de fertilizantes; la promoción de la labranza de conservación (cero labranza y mínima labranza); el aseguramiento de la superficie agropecuaria contra fenómenos climáticos extremos (seguros agrícolas); la tecnificación de la superficie agrícola y del riego a través de programas con mezcla de recursos interinstitucionales.

Por su parte, la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) posee programas que potencialmente aplican acciones de adaptación al cambio climático en el





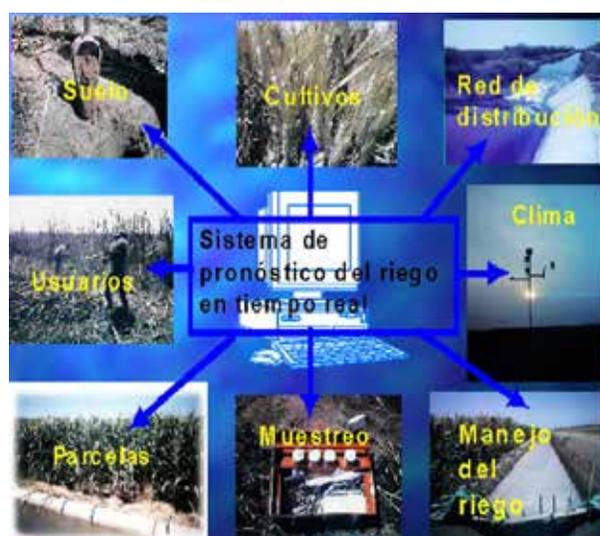
Agricultura de riego, cosecha de agua y tecnificación del riego como medidas de adaptación al CC en México.  
Fuente: Ojeda *et al.* 2012, Magazine 2015.

medio rural, como por ejemplo: tecnificación de riego (riego por goteo, microaspersión) con el fin de incrementar la eficiencia del riego y la productividad agrícola; adquisición de activos productivos, que contempla el desarrollo de infraestructura e inversión en bienes de capital estratégicos en la realización de actividades primarias, sanidad e inocuidad, procesos de agregación de valor y acceso a los mercados. Mediante esta acción se brinda apoyo para inversiones en infraestructura productiva, maquinaria y equipo y para material vegetativo, especies pecuarias y acuícolas. Esta acción contribuye con medidas de adaptación local tales como: la reconversión productiva, el cambio de tecnologías de producción, así como a la creación y fortalecimiento de la infraestructura local.

En el corto plazo se pretende ajustar la temporada de siembra y cosecha, ya que se requiere revisar el periodo de siembra más recomendable para evitar periodos de estrés hídrico o térmico en etapas fenológicas críticas, y así minimizar la reducción en los rendimientos. Asimismo, ajustar la densidad de siembra, en función de una nueva competencia por luminosidad, dióxido de carbono, humedad del suelo y condiciones fitosanitarias, la idea es que cada material exprese su potencial genético con el mejor distanciamiento entre los individuos del sistema.

La adecuación de profundidad de siembra es otro punto que se debe contemplar, ya que ante el incremento de temperatura, mayor será la evaporación y secado rápido de la superficie del suelo; es necesario definir la profundidad óptima de la semilla, posiblemente se requiera mayor profundidad para evitar la atenuación de emergencia del cultivo.

Asegurar la conservación de la humedad del suelo será prioritario ante la escasez de agua, para lo que existen y se aplican varias técnicas que favorecen esta práctica, como la labranza de conservación que consiste en alterar al mínimo el suelo dejando partes de los residuos vegetales sobre la superficie del suelo, reduciendo así la evaporación de la humedad de este. La siembra directa, como una variante de la labranza de conservación, permite reducir al mínimo la alteración del suelo y mantener la humedad. El acolchado constituye otra técnica que contempla el uso de cubiertas plásticas o residuos vegetales para cubrir total o parcialmente el suelo, permitiendo modificar el microclima en la superficie del suelo, conservando la humedad, controlando malezas y evitando la erosión eólica en el sistema.



Pronóstico del riego. Fuente: José L. Trava 2003.



Una de las acciones de adaptación con mayor ejecución y adopción por los productores en el corto plazo es la de cosecha y almacenamiento de agua, que consiste en concentrar el agua precipitada y mantenerla en la zona de raíces. La creación artificial de piletas o cajas de agua incrementan la infiltración y reducen los escurrimientos.

El establecimiento de invernaderos constituye otro mecanismo de adaptación implementado por los productores de zonas de regadío, con el fin de modificar variables físicas o ambientales que afectan el comportamiento de las plantas, tales como la temperatura, la radiación, la luminosidad y la humedad. Con esto se desarrollan cultivos con un mejor uso del recurso hídrico y mejor control de condiciones extremas del clima en un espacio reducido e intensificado. Parece una estrategia inteligente de adaptación de los sistemas agrícolas ante el cambio climático, la escasez del agua, el aumento de temperatura, para continuar produciendo y asegurar los alimentos necesarios para los seres vivos, aunque se tiene que dimensionar su costo, adecuándolo a las posibilidades de los productores.

### **Resultados e impactos**

Mediante la aplicación de medidas estratégicas de adaptación por parte de los productores de los diferentes distritos de riego en México, se ha logrado alcanzar mayor eficiencia en el manejo del agua utilizada en el sector agropecuario. La implementación de riego tecnificado ha permitido producir con menor cantidad de agua y lograr rendimientos aceptables en las regiones secas del país. Por otro lado, mayor cantidad de agricultores están realizando cosecha y almacenamiento de agua, permitiéndoles producir y generar ingresos en momentos críticos de escasez de agua y de esta forma, favorecer su seguridad alimentaria.

Vale la pena resaltar que la mejor propuesta para los productores la constituye el hecho de aplicar de manera integrada la mayor cantidad de estrategias, ya que con la combinación de estas se logra un mejor resultado productivo y económico, que al mismo tiempo les brinda mayor adaptabilidad y resiliencia ante las sequías. De igual forma, el brindar un proceso de gestión integrada al recurso hídrico, les permite utilizar el líquido eficientemente y tener acceso a él, cuando realmente lo necesitan.

El desarrollo de la agricultura en ambientes controlados (invernaderos), ha permitido a los agricultores diversificar sus cultivos, obtener productos que anteriormente no podían y disminuir la cantidad de agua requerida para obtener las cosechas. Pero también con esta estrategia de adaptación, protegen sus cultivos de algunos eventos extremos (vientos, temperaturas extremas, falta de agua, plagas y enfermedades), volviéndolos más resilientes ante la variabilidad y el cambio climático.

### **Bibliografía consultada**

- Briceño, M; Álvarez, F; Barahona, U. 2012. Manual riego y drenaje (en línea). El Zamorano, HN, Escuela Agrícola Panamericana. Disponible en <http://es.slideshare.net/Lencano/modulo5-riego>.
- IMTA (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua). 2007. Efectos del cambio climático en los recursos hídricos de México (en línea). Jiutepec, Morelos, MX, Subcoordinación de Vinculación, Comercialización y Servicios Editoriales. Disponible en <http://www.imta.gob.mx/gaceta/anteriores/g07-11-2007/gaceta-imta-07.pdf>.
- MARENA (Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales, NI). VIII. Estrategia de adaptación ante el cambio climático para los sistemas recursos hídricos y agricultura en la cuenca no. 64 (en línea). In Nicaragua camino hacia la adaptación. Estrategia de adaptación al cambio climático para los recursos hídricos y agricultura. Cuenca no. 64 (entre el volcán Cosigüina y río Tamarindo). Managua, NI. p. 25-42. Disponible en [http://www.bvsde.org.ni/Web\\_textos/MARENA/MARENA0267/cap08.pdf](http://www.bvsde.org.ni/Web_textos/MARENA/MARENA0267/cap08.pdf).
- Ojeda, W; Sifuentes Ibarra, E; Rojano, A; Iñiguez, M. 2012. La adaptación de la agricultura de riego ante el cambio climático (en línea). In Impacto del cambio climático en los recursos hídricos. Patiño, C; Martínez, P (eds.). México, D.F., Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. p. 65-113. Disponible en [http://www.researchgate.net/publication/233387152\\_La\\_adaptacin\\_de\\_la\\_agricultura\\_de\\_riego\\_ante\\_el\\_cambio\\_climtico](http://www.researchgate.net/publication/233387152_La_adaptacin_de_la_agricultura_de_riego_ante_el_cambio_climtico).



## 10. Buenas prácticas de adaptación al cambio climático en Ecuador

### Introducción

El Ministerio del Ambiente, por medio del Proyecto de Adaptación al Cambio Climático (PACC), ha desarrollado un trabajo muy interesante para el manejo integral del recurso hídrico en diversas partes del país, con el propósito de establecer e implementar estrategias y medidas que faciliten la adaptación ante el cambio climático y la variabilidad climática.

Como proceso de concientización y mecanismo de difusión de la información, el PACC posee una página web que integra los conceptos básicos del cambio climático, que incluyen definiciones, explicaciones detalladas y visuales de lo que es cambio climático y variabilidad climática y las implicaciones actuales y futuras en el territorio ecuatoriano y demás países, con un fuerte enfoque en los recursos hídricos. También se incluye una serie de publicaciones de programas de capacitación en torno al cambio climático y la formación de líderes, mejorando sus capacidades, para poder enfrentarlo de una mejor manera en el corto y mediano plazo.

### Descripción de las buenas prácticas

El Proyecto de Adaptación al Cambio Climático ha desarrollado una serie de proyectos pilotos de buenas prácticas de adaptación, ubicados estratégicamente en diversas localidades del territorio ecuatoriano que permitan a sus habitantes y sistemas de producción, adaptarse y ser más resilientes a las condiciones

adversas, producto del cambio climático, favoreciendo así su seguridad alimentaria y nutricional.

Los proyectos pilotos incluyen buenas prácticas de adaptación que contribuyen a la recuperación de microcuencas por medio de manejos integrados que contemplan: la reforestación, la conservación de suelos y aguas, mediante acciones de control de erosión y escorrentías, sistemas de cosecha y almacenamiento de agua (construcción de albardas), establecimiento de sistemas agroforestales, sistemas de producción agroecológicos, implementación de sistemas de riego eficientes (microaspersión, goteo), mejoras en los sistemas de conducción de aguas, construcción de embalses, construcción de muros de retención de agua (andenes), canales guardarrayas, capacitación e integración de las comunidades y actores claves en agricultura, forestería y manejo de recursos naturales. Todo con el fin de fortalecer conocimientos en las comunidades y así poseer herramientas para enfrentar los embates negativos del cambio climático, con menor vulnerabilidad, mayor resiliencia y capacidad adaptativa.

### Resultados e impactos

Se ha logrado capacitar a una gran cantidad de comunidades en temas relacionados con la adaptación al cambio climático, gestión del agua y temas ambientales, que al mismo tiempo ha permitido avanzar más fácilmente en la construcción de reservorios y embalses de agua, reforestación en cuencas y sitios de recarga de agua, desarrollo de fincas agroecológicas, entre otras.

La implementación de sistemas de captación de aguas llovidas, su conducción y distribución con tuberías de PVC, junto con nuevas técnicas de



Área de conservación de árboles, riego de cultivos y construcción de albardas (cosecha de agua) en Ecuador.  
Fuentes: PACC 2015, Magazine 2015.



riego (aspersión y goteo), han permitido brindarle un mejor manejo al recurso hídrico, utilizarlo y contar con el líquido cuando se le necesita y al mismo tiempo, diversificar los sistemas productivos en varias comunidades rurales ecuatorianas, incrementando sus rendimientos y fortaleciendo su seguridad alimentaria.

### Bibliografía consultada

Ministerio del Ambiente de Ecuador. s. f. Proyecto de adaptación al cambio climático a través de una efectiva gobernabilidad del agua (PACC) (en línea). Quito, EC. Disponible en <http://www.pacc-ecuador.org/>.

## 11. Agrobiodiversidad como estrategia para la adaptación al cambio climático

### Introducción

La agrobiodiversidad es de suma importancia para que los sistemas agrícolas se adapten con mayor grado de éxito ante el cambio climático, y es por esta razón que muchos países están considerando su potencial de contribución en este campo. Por ejemplo Perú está promoviendo a nivel nacional la buena práctica de adaptación al cambio climático con la preservación de material genético autóctono en un programa denominado: Conservación de semillas de papas nativas resistentes a las heladas y sequías, realizado en la comunidad de Punos, (Huánuco). También en Perú se contempla la práctica de siembra tradicional del maní en playas y restingas altas de los ríos Purús/Curanja, de las comunidades nativas de la provincia de Purús (Ucayali) y la restauración de praderas altoandinas y forestación con especies nativas, en el distrito San Juan de Tarucani (Arequipa).

En la comunidad campesina de Quispillaccta (Ayacucho), se está promoviendo la práctica de siembra y cosecha de agua de lluvia frente a la reducción de humedad del suelo y de la recarga hídrica de acuíferos en cabecera de cuenca. Por otro lado, la adaptación y mitigación al cambio climático, está siendo lograda mediante la reforestación para fijación de carbono y generación de utilidades para agricultores cafetaleros y campesinos altoandinos,



Diversidad genética de papa. Fuente: FAO 2014.

del Centro Poblado Choco (Piura).

Además de los recursos genéticos, el incremento de la agrobiodiversidad en los sistemas productivos favorece lo que se conoce como servicios del ecosistema, que son las condiciones y procesos mediante los cuales los ecosistemas naturales y las especies que los constituyen, mantienen y cumplen con la vida humana (Daily 1997). Los servicios del ecosistema que se mantienen por medio de un paisaje agrícola sano y diverso incluyen: la generación y renovación del suelo y su fertilidad, la polinización de cultivos y vegetación natural, el control natural de plagas agrícolas, la detoxificación y descomposición de desechos, y el mantenimiento de las funciones de las cuencas. Estos servicios se dan mediante muchos ciclos naturales operando a escalas y frecuencias diferentes, tales como: los ciclos bioquímicos de carbono que ocurren en una escala global, o los ciclos de vida de organismos del suelo que ocurren en un puñado de tierra. El entendimiento de estos ciclos y su funcionamiento apropiado, es clave para la conservación de los servicios agrícolas del ecosistema y se ven enormemente favorecidos si se encuentran en sistemas con múltiples interacciones, es decir, biodiversificados.

Por su parte, los sistemas agrícolas tienen el potencial para mejorar el ambiente, ya que poseen el acervo genético de miles de años de domesticación de especies, lo cual resulta necesario para los futuros programas de mejoramiento agrícola alrededor del mundo.

### Descripción de las buenas prácticas

¿Cómo se relaciona esto con la biodiversidad? Se sabe que muchas de las prácticas agrícolas comerciales desplazan a la diversidad biológica. En vez de dejar que el ecosistema se controle por sí



mismo, el control viene desde afuera. Por ejemplo, el uso de fertilizantes industriales para nutrir cultivos en lugar de conservar las relaciones entre plantas y bacterias que fijan el nitrógeno (N); estos productos en vez de trabajar con el agroecosistema, lo desfavorece y muchas veces, lo anulan. Los pesticidas e insecticidas reemplazan los mecanismos equilibrados tales como los depredadores de plagas e insectos (aproximadamente el 99 % de plagas potenciales de los cultivos pueden ser controlados por enemigos naturales, incluyendo varios pájaros, arañas, abejas y moscas, mariquitas, hongos, enfermedades virales, y otros organismos (DeBach 1991)). Es igualmente posible revertir este tema, para encontrar las maneras y medios para restituir y construir sobre la flexibilidad y fortaleza del agroecosistema en su esfuerzo para combatir las plagas, enfermedades o deficiencias de la tierra, o para aumentar el rendimiento de los cultivos a través de la polinización, el control natural, las bacterias fijadoras de N, los microorganismos descomponedores, entre otros. El componente de la agrobiodiversidad que llamamos “servicios agrícolas del ecosistema” es una herramienta potente para ser incentivada y sostenida como estrategia de adaptación al cambio climático. La agrobiodiversidad se puede usar para reestablecer los balances naturales en los sistemas de cultivo con ambientes más sanos, el uso más razonable de los recursos, y una mayor dependencia de controles internos en lugar de los adquiridos. Para lograr esto, la técnica principal es la “biodiversificación” de los agroecosistemas, a fin de evocar la autorregulación y sostenimiento (por ejemplo, mediante la

implementación de sistemas agroforestales, silvopastoriles, cultivos mixtos, fincas integradas). En la publicación del Instituto Worldwatch de Washington, en el informe de la situación del mundo 2011, no se dudó en introducir la biodiversidad local de los alimentos entre las 15 medidas sostenibles que destacan, y que en opinión de los autores y muchos otros expertos, han demostrado su eficacia en la lucha contra la pobreza y el cambio climático en los últimos años (Worldwatch Institute 2011).

Los sistemas agropecuarios diversificados mantienen especies silvestres y domesticadas de plantas y animales (variedades o razas), permitiendo su interacción continua y al mismo tiempo, mejorando sus condiciones ecológicas, resiliencia y adaptación ante las condiciones adversas de la variabilidad y el cambio climático. Gracias a la selección de especies de plantas y animales domesticados, también se desarrolla su variabilidad intraespecífica para enfrentar extremos climáticos (por ejemplo, selección de razas ganaderas y especies de pastos o variedades de cultivos adaptadas a condiciones de aridez o excesos hídricos).

La diversidad biológica es un factor decisivo en el bienestar de las actividades agrícolas, ya que constituye la base de los diferentes procesos biológicos aplicados a la agricultura y permite a sus ejecutores producir alimentos, insumos, servicios ecosistémicos, etc. Además, la utilización de la agrobiodiversidad ha permitido la creación de nuevas variedades para el logro de objetivos económicos, sociales, ambientales, de salud y de nutrición.



Biodiversidad. Fuente: Depositphotos.

### Resultados e impactos

A través de las interacciones de las diferentes especies, la agrobiodiversidad ha proveído bienes y servicios a la agricultura y estos permiten mejorarla sustancialmente, aunque tradicionalmente se han direccionado los beneficios de esta hacia los recursos genéticos, como fuente de variación de las especies animales y de plantas domesticadas, para la obtención de variedades o razas mejoradas, o bien, con atributos de resistencia a enfermedades o plagas y adaptabilidad a diferentes condiciones climáticas o edáficas. Sin embargo, la biodiversidad de microorganismos, flora y fauna, provee otros servicios altamente beneficiosos para los intereses del ser humano, ya que favorecen



la sostenibilidad del agroecosistema y mejora los rendimientos agropecuarios. Por otro lado, frente al cambio climático, el incremento de la biodiversidad del sistema productivo ha permitido disminuir los efectos de altas temperaturas, conservar el agua en los suelos, evitar la erosión del suelo, mejorar la actividad biológica del suelo, proveer fuentes alternas de ingresos y, en caso de eventos meteorológicos extremos, disminuir la vulnerabilidad y aumentar la resiliencia del sistema, es decir, es un factor estratégico en el proceso de adaptación de los sistemas agropecuarios.

### Bibliografía consultada

- Daily, GC; Alexander, S; Ehrlich, PR; Goulder, L; Lubchenco, J; Matson, PA; Mooney, HA; Postel, S; Schneider, SH; Tilman, D; Woodwell, GM. 1997. Ecosystem Services: Benefits Supplied to Human Societies by Natural Ecosystems (en línea). *Issues in Ecology* 2:2-16. Disponible en <http://www.esa.org/esa/wp-content/uploads/2013/03/issue2.pdf>.
- Debach, P; Rosen, D. 1991. Biological control by natural enemies (en línea). 2 ed. Cambridge, UK, Cambridge University Press, Cambridge. Disponible en <https://books.google.co.cr/books?id=K6dOAAAIAAJ&pg=PR4&dq=DeBach,+1974.+biological+control+by+natural+enemies.+University+Press:+Cambridge&hl=en&sa=X&ved=0CCA-Q6AEwAWoVChMIg4fD3sfWyAIVAV0eCh1suAYJ#v=onepage&q=DeBach%20%201974.%20biological%20control%20by%20natural%20enemies.%20University%20Press%3A%20Cambridge&f=false>.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, IT). s. f. Adaptación de la agricultura al cambio climático (en línea). Roma, IT. Disponible en [http://www.fao.org/fileadmin/templates/tci/pdf/backgroundnotes/webposting\\_SP.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/templates/tci/pdf/backgroundnotes/webposting_SP.pdf).
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, IT) – AGP (División de Producción y Protección Vegetal). s. f. AGP - Biodiversidad y servicios de ecosistema (en línea). Roma, IT. Disponible en <http://www.fao.org/agriculture/crops/core-themes/theme/biodiversity0/es/#bio1>.
- Ministerio del Ambiente de Perú. 2014. Concurso de buenas prácticas frente al cambio climático en el medio rural (en línea). Lima, PE. Disponible en <http://www.minam.gob.pe/concurso/resultados-finales/>.
- Shagarodsky, T; Arias, L; Castiñeiras, L; García, M; Giraudy, C. 2009. Ferias de agrobiodiversidad y semillas como apoyo a la conservación de la biodiversidad en Cuba y México (en línea). In *¿Cómo conservan los agricultores sus semillas en el trópico húmedo de Cuba, México y Perú? Experiencias de un proyecto de investigación en sistemas informales de semillas de Chile, frijoles y maíz* Hermann, M; Amaya, K; Latournerie, L; Castiñeiras, L. (eds.). Roma, IT, Bioversity International. p. 101-122. Disponible en <http://www.infoagro.net/programas/Ambiente/pages/agricultura/casos/6.pdf>.
- Worldwatch Institute, US. 2011. La situación del mundo 2011: Innovaciones para alimentar el planeta (en línea). Disponible en <http://www.icariaeditorial.com/libros.php?id=1199>.



## 12. Sistema agroforestal Quesungual en Honduras

### Introducción

En 1992, representantes del Proyecto de Desarrollo Rural del Sur de Lempira, PROLESUR, observaron que en algunas comunidades practicaban la poda de árboles para la siembra del maíz y frijol. A diferencia de los casos en donde se elimina toda la cobertura forestal, estos productores no talaban los árboles de raíz, sino que los manejaban con alturas de 1,20 a 1,80 m y dejaban acumular el rastrojo del cultivo a favor de la pendiente, así como el material de la poda de árboles y arbustos.

El interés en este sistema de producción se incrementó después del huracán Mitch, debido a que no se presentaron daños significativos en las zonas donde se practicaba, lo que confirmó sus características como una modalidad resiliente para el manejo del paisaje rural, por su resistencia ante el impacto de eventos climáticos extremos.

### Descripción de las buenas prácticas

El sistema agroforestal Quesungual (en honor a la comunidad donde por primera vez se observó su funcionamiento. FAO/PASOLAC 2005), incorpora tecnologías de manejo del suelo, prácticas agrícolas y forestales, con árboles dispersos en modalidad de regeneración natural, integrándose en una producción agrícola forestal de tipo “agroforestal



Siembra de maíz y frijol en SAQ  
Fuente: Aracely Castro 2003.

familiar”. Los propietarios obtienen de una misma parcela la leña y madera para usos domésticos y microcomercio (por medio del manejo de la regeneración natural), y granos, lo que les garantiza disponer de combustible autogestionado y alimentos propios de su dieta básica.

La siembra del frijol o maíz en la parcela seleccionada se realiza dispersando la semilla por medio de la práctica del “voleo”: distribución de la semilla de manera no uniforme a lo largo de toda el área de siembra. No se preparan surcos y tampoco se cubre la semilla con tierra, mucha de ella cae sobre la vegetación. Al finalizar la cosecha de cada cultivo, se dejan los residuos en el terreno, lo que lo protege de la erosión, le aporta nutrientes e incrementa la retención de humedad durante la época seca. En ocasiones, las malezas emergentes se controlan mediante la aplicación de herbicidas de contacto, pero solo durante tres ciclos agrícolas. Antes de la introducción del sistema agroforestal Quesungual (SAQ) en sitios donde no se empleaba, la Secretaría de Agricultura de Honduras llegaba a contabilizar la utilización de 2 a 2,5 quintales de fertilizante por manzana.

Una parcela típica del Quesungual tiene numerosos árboles podados y arbustos con una densidad promedio de entre 11 a 14 árboles/ha de grandes dimensiones para madera y fruta. La diversidad de especies en el sistema es alta y depende del manejo y selección de la regeneración natural que realice el productor. En El Salvador se inventarió la cobertura arbórea dentro de un sistema Quesungual en un área de 9,5 ha, correspondiente a tres fincas: tenía 1 210 árboles adultos ( $\geq 5$  cm de diámetro a la altura del pecho) y densidades de 127 árboles por hectárea, con niveles relativamente altos de diversidad biológica, en comparación con otros sistemas agrícolas en la región (Gómez 2008).

Los sitios idóneos para establecer este sistema son áreas de bosque o de vegetación secundaria, que el agricultor aprovecha periódicamente y deja en barbecho para la recuperación de nutrientes. El período de descanso oscila entre seis y doce años, lo cual supone que solo aquellos con disponibilidad de otras áreas de cultivo, pueden adoptarlo. Se prefiere el uso de áreas donde se encuentren árboles que posean diámetros superiores a 10 cm y arbustos con alturas mayores a 1 m. Una característica de esta modalidad productiva es que en las zonas de



cultivo hay árboles en todos los lugares, lo que es propio de las prácticas de regeneración natural. Por ello también, el productor puede encontrar árboles para leña, postes, madera, forraje, abono y alimentación.

Estos productores tienden a evitar las quemas, lo que unido a la eliminación de la labranza, favorece las condiciones de fertilidad del suelo a largo plazo, por el aporte de la biomasa como materia orgánica, con la acumulación y descomposición de los residuos de la cosecha.

Parte de la técnica incluye la limpieza del terreno y control de malezas (chapea) en el área que ha permanecido en descanso, pero esta se realiza inmediatamente después de sembrar la superficie destinada para el cultivo. Se practica cortando las malezas a unos centímetros del nivel del suelo, estas nunca se eliminan totalmente ni se dejan al descubierto sus raíces.



Parcela bajo manejo SAQ. Fuente: FAO 2015.

Los arbustos que se encuentran en la parcela se podan a una altura de 1,5 a 3,0 m., puesto que se pretende que rebroten al inicio de la temporada de lluvias. El corte se realiza de forma transversal inclinada (bisel o punta de lápiz) con el propósito de evitar que la humedad produzca hongos cuando llegue el período lluvioso. Generalmente, los árboles frutales y maderables de alto valor no son podados. El material remanente, producto de la poda (hojas y ramas), es utilizado como “mulch”, que se esparce sobre el suelo de manera uniforme con el fin de proteger la semilla y generar condiciones aptas para la germinación. Comúnmente, las ramas gruesas producto de la poda, se emplean como leña o postes de la propiedad.

### Resultados e impactos

La experiencia en Nicaragua, Honduras, Guatemala y El Salvador ha demostrado que mediante la implementación del sistema agroforestal Quesungual, se obtienen mejores niveles de rendimiento comparables con los sistemas de agricultura convencional de tumba y quema. Además, presenta menores fluctuaciones asociadas con eventos de desastre propios del medio rural, tales como sequías, tormentas, inundaciones y deslizamientos de tierra, demostrando, además, mejoras en los porcentajes de retención de humedad en los suelos con incrementos de entre el 1 % y 2 % respecto a los otros sistemas y en el contenido de materia orgánica en el suelo en un promedio de 0,01 %.

El SAQ puede incrementar la producción de los cultivos y al mismo tiempo, reducir los procesos de degradación del suelo, mejorar el nivel de vida de los productores y contribuir a la restauración del medio ambiente. Este sistema constituye un conjunto de técnicas de producción agrícola sostenible, donde la conservación de los recursos y el bienestar de la familia campesina, son prioritarios. Existe una vinculación muy fuerte entre la adopción/uso del sistema Quesungual y la tenencia de la tierra.

El éxito en la adopción del sistema Quesungual por parte de los agricultores se facilita en la medida en que se disponga de acceso a mercados para insumos y venta de excedentes, así como por el mayor conocimiento de los agricultores del conjunto de opciones tecnológicas promovidas, y más aún, en el caso en que se cuenta con comunidades comprometidas y claras en la relación existente entre el manejo responsable de los recursos locales a su disposición y la soberanía alimentaria. En el noroeste de Nicaragua, el SAQ fue introducido en el 2005. Fue aceptado por agricultores e instituciones locales y difundido de forma exitosa mediante la práctica “de agricultor a agricultor”. Además, esta modalidad de producción tiene potencial para promover el pago por servicios ecosistémicos, lo que puede hacerla más atractiva ante la necesidad de reducir el impacto del cambio climático en la agricultura y la seguridad alimentaria y nutricional, así como para reducir la degradación de tierras.

Algunos beneficios directos del SAQ pueden contemplar los siguientes: Reemplaza la tala y quema por tala y poda parcial, progresiva y selectiva, de la



vegetación natural. Brinda cobertura permanente del suelo, mediante el depósito y distribución continuos de la cobertura (“mulch”) obtenida de la biomasa de árboles, arbustos, malezas y residuos de cultivos. Promueve la mínima perturbación del suelo aplicando la práctica de “cero labranza” a lo largo de la estación de cultivo y empleando la siembra directa. Favorece el uso más eficiente de fertilizantes, solo cuando la unidad de producción lo requiere, y fomentando la aplicación adecuada de los fertilizantes en cuanto al momento, tipo, cantidad y ubicación de estos, contribuyendo además a que el productor conozca mejor cómo su cultivo responde a la técnica de tratamiento, sin aplicar mecánicamente aditivos que pueden no ser necesarios.

El sistema tradicional de tumba y quema ha mostrado ser mucho más vulnerable a la irregularidad de lluvias, que el sistema agroforestal Quesungual. Este favorece la conservación de la humedad durante períodos de sequía, por efecto de la hojarasca y biomasa acumulada. El efecto de la sombra ayuda a reducir la temperatura y a mejorar el crecimiento de los cultivos, particularmente durante la fase de establecimiento. Este sistema también ha mostrado una elevada resistencia a los fenómenos meteorológicos extremos, lo cual se ha atribuido a la diversidad de sus componentes multiestratos, desde el dosel al nivel del suelo. El sistema de la cobertura permanente protege el suelo del impacto de la gota de lluvia y de la compactación y reduce la evaporación. El efecto del sombreado de estos árboles perennes podría compensar las disminuciones en los rendimientos, causadas por el exceso de calor en áreas abiertas y adicionalmente, contribuir a minimizar el estrés hídrico. El SAQ ha permitido establecer que las semillas criollas de maíz tienen mejores condiciones ante la sequía y el cambio del clima que las variedades de semillas mejoradas, porque su capacidad de adaptación es mayor.

Esta técnica se considera de respuesta rápida y bajo insumo externo. Su fomento ha dado lugar a que en los últimos 10 años se haya incrementado el área y el número de productores que están asumiéndola. Este es un sistema de labranza cero, tal como aquellos que son propios de la “agricultura de bajo carbono”, y hoy se difunden para contribuir a la adaptación y mitigación del cambio climático mediante la reducción de fuentes de calentamiento global por la emisión de GEI.

## Bibliografía consultada

- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical, CO). 2010. Sistema Agroforestal Quesungual: Una Opción Eco-Eficiente para Agricultores de Escasos Recursos (en línea). Cali, CO. Disponible en <http://ciat.cgiar.org/wp-content/uploads/2012/12/quesungual.pdf>.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, IT); PESA (Programa Especial para la Seguridad Alimentaria, HN); SEL (Proyecto Sistema de Extensión Lempira, HN); SAG (Secretaría de Agricultura y Ganadería, HN). 2005. El sistema forestal Quesungual: una opción para el manejo de zonas secas en ladera (en línea). Tegucigalpa, HN, FAO. Disponible en <http://www.fao.org/3/a-at763s.pdf>.
- Gambo, H ; Gómez, W ; Ibrahim, M. 2009. Sistema agroforestal Quesungual: una buena práctica de adaptación al cambio climático (en línea). Disponible en <http://orton.catie.ac.cr/REP-DOC/A3824E/A3824E.PDF>.
- Gómez, W. 2008. Diagnóstico de los sistemas agroforestales exitosos en las zonas de trabajo del Proyecto WAFLA en Latinoamérica; caso de estudio El Salvador. San Salvador, SV, CESTA.
- Nicholls, C; Altieri, M. 2009. Cambio climático y agricultura campesina: Impactos y respuestas adaptativas (en línea). Leisa, Revista de Agroecología 24(4). Disponible en <http://www.agriculturesnetwork.org/magazines/latin-america/4-respuestas-al-cambio-climatico/cambio-climatico-y-agricultura-campesina-impactos>

*Impreso en la Imprenta del IICA  
Sede Central, San José, Costa Rica  
Tiraje: 400 ejemplares*



**Contáctenos**

**Proyecto EUROCLIMA-IICA**

*Por una agricultura sostenible con mayor capacidad para adaptarse y mitigar los efectos del cambio climático*

**Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA)**

Sede Central. San José, Vázquez de Coronado,

San Isidro 11101-Costa Rica, América Central

Apartado 55-2200

Teléfonos: (+506) 2216-0188 / 2216-0194

Fax: (+506) 2216-0233

