

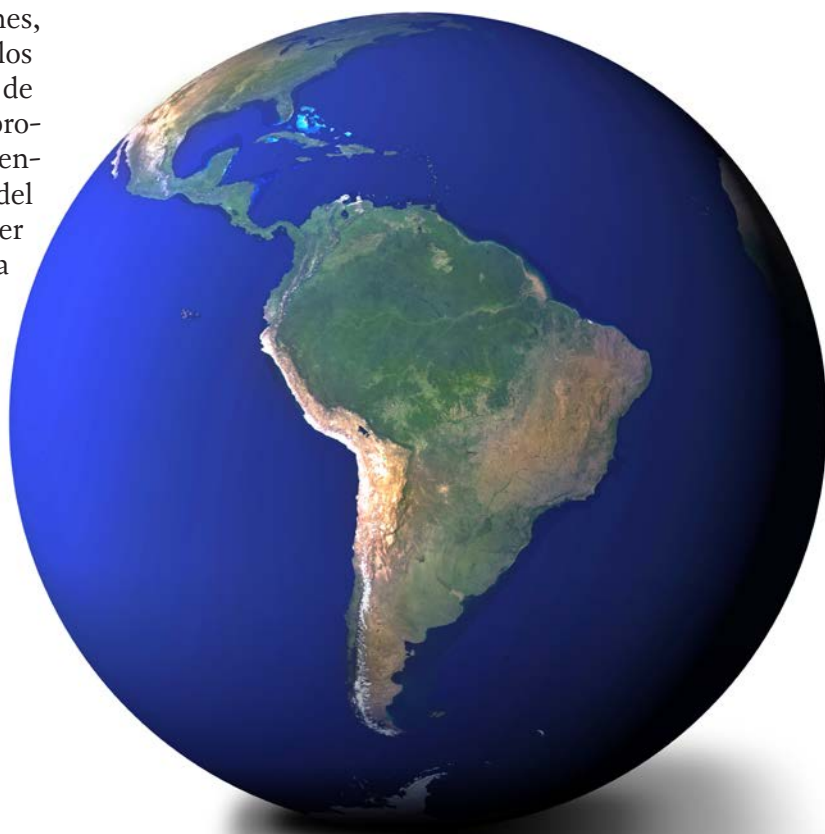
## SISTEMATIZACIÓN DE BUENAS PRÁCTICAS DE ADAPTACIÓN DEL SECTOR AGROPECUARIO ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO, EN MÉXICO \*

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 por ciento entre 2005 y 2050, 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. 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. 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 especialistas, 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.

27



\* El texto forma parte del documento elaborado por Dídier A. Moreira Mendoza, Sistematización de buenas prácticas de adaptación del sector agropecuario ante el cambio climático / Unión Europea, IICA, San José, C.R., 2015.

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.

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 la FAO, 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.

### 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 vecinan con el cambio climático, las cuales permiten aumentar la resiliencia y la adaptación de la agricultura y los pueblos latinoamericanos.

## **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.

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.

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. 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. 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.

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, etc.

#### Descripción de las buenas prácticas

Ante la presencia de una sequía, existen estrategias de manejo para reducir el déficit hídrico de los cultivos, 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, 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

ra 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. Los investigadores 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. 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).



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.

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 in-



tervención 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.

## **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 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 lombricomposta (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.

## 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 cálidas 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 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.

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.