

Preparando a Familias Campesinas con Pequeñas Fincas para Adaptarse al Cambio Climático

MANUAL DE BOLSILLO 3

MANEJO DE LOS RECURSOS HÍDRICOS



Gaye Burpee
Brendan S. Janet
Axel Schmidt



USAID
FROM THE AMERICAN PEOPLE



Esta publicación es posible gracias al generoso apoyo del pueblo estadounidense a través de la Agencia de Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID) Oficina de Adquisiciones y Asistencia bajo los términos de Líder del Acuerdo de Cooperación entre Asociados AID-OAA-L-10-00003 con la Universidad de Illinois en Urbana-Champaign para el proyecto "Modernización de los Servicios de Asesoría y Extensión" (MEAS, por sus siglas en inglés).

MEAS busca promover y asistir en la modernización de servicios de asesoría y extensión rural en todo el mundo a través de diversos productos y servicios. Los servicios benefician una amplia audiencia de usuarios, incluyendo los responsables de formular políticas en países en desarrollo y técnicos especialistas, profesionales de desarrollo de ONG, otros donantes y consultores, además del personal y los proyectos de USAID.

Equipo editorial

Douglas Pachico
Brent Simpson

Diagramación y diseño

Solveig Bang

Equipo de traducción al español

Lynn Menéndez
José Ángel Cruz
Axel Schmidt

Editor técnico

Solveig Bang

Gráficas

Chris Roy Taylor
Coty Tsang
Tsang Lee Yu

Catholic Relief Services es la agencia oficial de la comunidad católica de los Estados Unidos para ayuda humanitaria internacional. CRS no solo alivia el sufrimiento de los necesitados en más de 100 países, sino que les brinda asistencia, sin tener en cuenta su religión, raza o nacionalidad. El trabajo de socorro y desarrollo de CRS se cumple por medio de programas de respuesta a emergencias, VIH, salud, agricultura, educación, microfinanzas y procesos de construcción de paz. Esta publicación fue co-financiada por CRS.

Catholic Relief Services

228 West Lexington Street
Baltimore, MD 21201-3413 Estado Unidos
www.crs.org

ISBN-10: 1614921482
ISBN-13: 978-1-61492-148-6

Esta publicación y otros materiales relacionados pueden ser descargados en <http://www.crs.org/our-work-overseas/research-publications/pocket-guide-3>

Cita sugerida: Burpee, G, J.S. Brendan & A. Schmidt. 2015. *Preparando a familias campesinas con pequeñas fincas para adaptarse al cambio climático: Manual de Bolsillo 3; Manejo de los recursos hídricos*. Catholic Relief Services: Baltimore, MD, Estado Unidos.

Preparando a Familias Campesinas con Pequeñas Fincas para Adaptarse al Cambio Climático Manual de Bolsillo 3: Manejo de los Recursos Hídricos

© 2015 Copyright Catholic Relief Services—Conferencia de Obispos Católicos de Estados Unidos y proyecto MEAS

Esta obra tiene licencia bajo una licencia Creative Commons Atribución 3.0 Unported. Los usuarios están libres para:

- compartir — copiar, distribuir y transmitir la obra
- remezclar — adaptar la obra

bajo la condición de que se de crédito al autor(es)/institución de la obra, pero no de tal forma que sugiera que los autores/institución avalan el usuario o el uso que éste hace de la obra.



Preparando a Familias Campesinas con Pequeñas
Fincas para Adaptarse al Cambio Climático

MANUAL DE BOLSILLO 3
**MANEJO DE LOS
RECURSOS
HÍDRICOS**

Gaye Burpee
Brendan S. Janet
Axel Schmidt

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN: PROPÓSITO Y CONTENIDO	1
PARTE 1: ENTENDIENDO CONCEPTOS	9
1.1 Entendiendo el ciclo del agua	9
1.2 El ciclo del agua y el cambio climático	10
1.3 Mejorando la productividad del agua: Oportunidades en la agricultura de secano ...	13
1.4 Una perspectiva prometedora sobre el agua para la agricultura	15
PARTE 2: EVALUANDO LOS RIESGOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO PARA EL AGUA Y ESTIMANDO LA VULNERABILIDAD AGRÍCOLA	19
2.1 Pasando de conceptos a la acción	19
2.2 Evaluando la exposición al cambio climático	19
2.3 Evaluando la vulnerabilidad de los medios de vida agrícolas	20
2.4 Evaluando la capacidad local para adaptarse	21
2.5 Seleccionando prácticas promisorias para la adaptación	22
PARTE 3: RECOMENDANDO PRÁCTICAS PARA LA ADAPTACIÓN HÍDRICA MEDIANTE UN MEJOR MANEJO	24
3.1 Introducción	24
3.1.1 Una nota para los agentes de campo que trabajan en extensión agrícola.....	24
3.1.2 Principios orientadores para la adaptación por medio del manejo del agua...	25
3.1.3 Mejorando la productividad del agua: Cultivar más alimentos con menos lluvia o lluvias intensas.....	28
3.1.4 Reglas básicas para el manejo del agua.....	29
3.2 Prácticas agronómicas para el manejo mejorado del agua.....	31
3.2.1 Labranza mínima o cero labranza	31
3.2.2 Densidad de siembra.....	31
3.2.3 Fertilizantes orgánicos	32
3.2.4 Agricultura de contorno.....	33
3.3 Manejo del agua superficial y de los recursos de agua del suelo	34
3.3.1 Zanjas de contorno (trincheras de contorno, zanjas de infiltración)	34
3.3.2 Zanjas de contorno con barreras vivas.....	39
3.3.3 Barreras de piedra (barreras muertas, muros de piedra)	40
3.3.4 Barreras de piedra en zonas semiáridas.....	41
3.3.5 Zanjas de drenaje y de desvío.....	44
3.3.6 Cosecha del agua en depresiones naturales y estanques.....	45
Riego por gravedad proveniente de estanques.....	49

3.3.7 Restauración de las tierras áridas.....	50
Sistema malla de platillos (net and pan system) para la restauración de tierras áridas	51
Estampado (micro-relieve) de terrenos para la restauración de tierras áridas	52
3.3.8 Cosecha del agua con prácticas vegetativas —barreras vivas, zonas de amortiguamiento, cultivos de cobertura y rastrojos	54
Barreras vivas.....	54
Zonas de amortiguamiento y franjas de vegetación.....	55
Cultivos de cobertura.....	55
Rastrojos	58
3.4 Prácticas de uso del agua: Riego en pequeña escala.....	59
3.4.1 Riego por goteo	60
Riego por goteo en pequeña escala	61
Riego por goteo utilizando baldes	63
3.4.2 Riego por gravedad.....	64
Riego por gravedad proveniente de la captación de agua de lluvia en techo..	65
3.4.3 Riego de paisajes con líneas clave.....	67
3.5 Combinando prácticas en sistemas agrícolas para manejar el riesgo.....	68
3.5.1 Agrosilvicultura.....	69
3.5.2 Agricultura de conservación.....	71
3.5.3 Sistemas mixtos de agricultura y ganadería.....	73
PARTE 4: MOVILIZANDO LA ACCIÓN Y LA PLANEACIÓN A NIVEL DE LA COMUNIDAD PARA ADAPTAR AL CAMBIO CLIMÁTICO	75
4.1 Evaluaciones participativas.....	76
4.2 Desarrollo de un plan de acción comunitario.....	78
4.3 Implementación de planes de acción.....	79
4.4 Seguimiento, evaluación y aprendizaje	79
GLOSARIO	81
REFERENCIAS	86

Los conceptos y las sugerencias prácticas presentadas en este manual provienen de muchas fuentes y se basan en las experiencias de campo y la investigación de agricultores, extensionistas agrícolas y científicos. Para que el manual mantuviera un formato sencillo y claro, se colocaron juntas estas fuentes de información al igual que las citas de las referencias en la sección de *Referencias* al final de este manual. En las secciones del manual tituladas *Recursos*, también se incluye información y enlaces a otras herramientas y manuales que pueden ser de utilidad.

INTRODUCCIÓN

Propósito y contenido

Esta serie de manuales de bolsillo, *Preparando a Familias Campesinas con Pequeñas Fincas para Adaptarse al Cambio Climático*, fue escrita pensando en usted, el agente de campo que trabaja en extensión agrícola. Los conceptos, la información y las prácticas que se presentan en estos manuales buscan apoyarlo en el trabajo que realiza con familias campesinas y, de manera especial, ayudar a reducir los riesgos que estas familias enfrentan por los cambios en el tiempo. Muchas de las familias que cultivan pequeñas parcelas sin riego en los trópicos ya luchan contra la pobreza, tierras degradadas y una precipitación que varía de año en año. Este tipo de agricultura, a veces llamada agricultura de secano, es especialmente vulnerable frente al cambio climático.

Las sugerencias que se dan en estos manuales pueden ser utilizadas para ayudar a las familias campesinas a hacer cambios que ayudarán a que sus fincas sobrelleven el mal tiempo al adaptarse a él.

Estos manuales incluyen métodos prácticos que cumplen con los objetivos que la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura definió para la agricultura climáticamente inteligente:

- Formas para aumentar de forma sostenible la productividad agrícola, es decir prácticas que producen mientras protegen el medio ambiente.
- Prácticas agrícolas para tanto familias campesinas individuales como grupos de familias para mejorar su resiliencia al cambio climático.
- Prácticas que pueden reducir algunas de las causas del cambio climático, por ejemplo disminuir los gases de efecto invernadero para evitar contribuir a cambios adicionales en el clima.
- Información para ayudar a las familias rurales a aprovechar mejor las oportunidades que el cambio climático pueda ofrecer.

Preparando a Familias Campesinas con Pequeñas Fincas para Adaptarse al Cambio Climático es una serie de manuales complementarios que abarcan:

- El papel que desempeñan los servicios de asesoría y extensión agrícolas en la adaptación
- El manejo de cultivos
- El manejo de recursos hídricos
- El manejo de suelos

Los manuales de bolsillo sobre adaptación siguen un enfoque general de cuatro pasos desarrollado por Catholic Relief Services para diseñar e implementar respuestas al cambio climático para ayudar a reducir la vulnerabilidad de los sistemas agrícolas de pequeña escala. Estos pasos son los siguientes:

- **Entender** conceptos: los efectos del cambio climático en el área de enfoque de cada manual.
- **Evaluar** los riesgos del cambio climático para cada tema y estimar la vulnerabilidad agrícola.
- **Recomendar** prácticas para la adaptación.
- **Movilizar** la planificación y acción a nivel de la comunidad para la adaptación.

Ver Ashby y Pachico (2012) para más información sobre este enfoque en la sección de *Recursos*.

El lenguaje del cambio climático

En estos manuales se emplean términos relacionados con el cambio climático que usted querrá conocer. Dichos términos pueden ayudar a identificar cómo los medios de vida agrícolas son vulnerables frente al cambio climático y cómo usted puede apoyar a los agricultores para que sean menos vulnerables mediante el mejoramiento de su capacidad de adaptarse al cambio climático.

Términos relacionados con el cambio climático

Exposición al cambio climático está relacionada en gran parte a la ubicación geográfica. Las comunidades tierra adentro en regiones semiáridas pueden estar expuestas a sequía, y las comunidades costeras tendrán mayor exposición a ciclones o huracanes.

Sensibilidad es el grado en que un sistema o comunidad resulta afectada por diferentes tipos de estrés relacionados con el clima. Por ejemplo, un cultivo de clima templado como el café que crece en elevaciones más bajas será más sensible a un aumento en la temperatura que el café que se cultiva más arriba en la montaña. Un cultivo vegetal de raíces poco profundas será más sensible a las lluvias intensas y al viento que un cultivo arbóreo de raíces profundas.

Capacidad de adaptación es la capacidad de un sistema para ajustarse al cambio climático, incluso a la variabilidad del clima y a los fenómenos extremos, para mitigar posibles daños, aprovechar oportunidades o afrontar las consecuencias.

Vulnerabilidad es la medida en la que un sistema es capaz o incapaz de afrontar los efectos negativos del cambio climático. La vulnerabilidad está en función del carácter, la magnitud y el índice de variación climática al que está expuesto un sistema, su sensibilidad y su capacidad de adaptación.

Fuente: IPCC (Inter-governmental Panel on Climate Change). 2007. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability; Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. (Parry, M.L., O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds.). Cambridge University Press: Cambridge, UK.

Tres elementos contribuyen a la vulnerabilidad de los medios de vida de fincas:

Vulnerabilidad de los medios de vida = (Exposición x Sensibilidad) – Capacidad de adaptación

En otras palabras, la vulnerabilidad de un sistema agrícola de una familia es el resultado de su **exposición** al cambio climático multiplicada por su **sensibilidad** al cambio climático menos **su capacidad para adaptarse** al cambio climático.

Si una familia cultiva frijol común (*Phaseolus vulgaris*) en un área en la cual, por primera vez en la memoria, se está empezando a presentar inundaciones cada tres o cuatro años, la **exposición** de su finca al cambio climático va en aumento, y sus rendimientos en años de inundaciones son la mitad de lo que eran en el pasado. El frijol no crece bien en condiciones de humedad, por lo que es **sensible** a las inundaciones. Cuando usted recomienda a la familia que construya camellones en la parcela de frijol y siembre el frijol por encima del nivel al cual el campo generalmente se inunda, la familia puede reducir su **exposición** a las inundaciones. También mejora su **capacidad para adaptarse** a inundaciones más frecuentes.

Si usted vive donde la gente consume taro (*Colocasia esculenta*), también conocido en algunos países como malanga, puede trabajar con la familia para que siembren taro en lugar de frijol. El taro se desempeña bien en suelos húmedos y, con este cambio, se reduce la **sensibilidad** de los cultivos sembrados en la finca de esta familia. Por último, si esta familia quiere criar pollos y pueden encontrar una buena asesoría técnica, esto ayuda a aumentar la **capacidad de adaptación** de la familia mediante la introducción de las habilidades necesarias para otra actividad de subsistencia que es menos afectada por las fuertes lluvias.

Las prácticas compartidas en estos manuales ofrecerán sugerencias sobre cómo mejorar la **capacidad de adaptación** de la familia campesina y la comunidad agrícola. Las prácticas pueden ayudar a los agricultores de secano a reducir los efectos negativos del cambio climático y a recuperarse de ellos. Es importante entender, sin embargo, que es posible que no puedan superarse *todas* las vulnerabilidades causadas o agravadas por el cambio climático. Las familias campesinas también deben aprender a vivir con los cambios que el cambio climático trae consigo.

Del café al chocolate

Durante una década, un agricultor ha trabajado para aumentar la sombra en su pequeño cafetal, pero la sombra ya no es suficiente para reducir el impacto del aumento de las temperaturas en esta planta de clima templado, que prefiere temperaturas de 16° a 24°C. El agricultor ahora está reemplazando gradualmente sus cafetales que se están envejeciendo con cacao, cultivo que prefiere un clima más cálido (18° a 32°C). El agricultor no pudo superar la **vulnerabilidad** de su finca ante temperaturas más altas debido a su **exposición**, causada por su posición en una elevación más baja, y la **sensibilidad** del café a temperaturas más altas. Al hacer una transición hacia un cultivo comercial diferente, está **adaptando** su sistema agrícola y aprendiendo a vivir con los efectos del cambio climático.

La **exposición** al riesgo del cambio climático hace referencia a cambios en precipitación y temperatura. Por ejemplo, tormentas más severas pueden causar anegamiento en los cultivos o aumentar la erosión del suelo; la sequía y el calor pueden reducir los rendimientos de los cultivos o afectar la salud animal. Pueden ocurrir cambios en el tipo y número de enfermedades, plagas o malezas que a su vez puede reducir el rendimiento de los cultivos o la calidad de los granos almacenados.

La **sensibilidad** a los efectos del cambio climático es el grado en que resulta afectado un sistema agrícola. Tomemos, por ejemplo, una agricultora de 60 años de edad que siembra maíz. En los últimos 25 años, ella ha observado una tendencia de que el tiempo es más seco. Sus rendimientos han disminuido a pesar de que comenzó a sembrar una variedad que es menos sensible al tiempo seco. Su vecino invirtió en un estanque y en equipo de riego, y él aún puede cultivar maíz. Pero ella ahora solamente puede cultivar sorgo, que es menos sensible a períodos secos que el maíz. A diferencia de su vecino, esta agricultora se enfrenta a **escasez económica del agua**, así como escasez de agua para la agricultura, porque carece de los fondos para disponer del equipo para el almacenamiento de agua al igual que el equipo básico de riego que su vecino tiene. Por lo tanto, su producción es menor, su **capacidad de adaptación** es menor y su **vulnerabilidad** es mayor. Las familias campesinas con pequeñas fincas que producen en condiciones de secano y que están experimentando tendencias de tiempo más seco pueden ser incapaces de resolver los problemas de escasez de agua con solo mejoras técnicas.

La **capacidad de adaptación** depende de muchos factores que no son prácticas técnicas, las cuales son el enfoque de este manual. La adaptación también depende de si la familia campesina tiene suficiente gente (mano de obra) para hacer el trabajo que se requiere para adaptarse. La adaptación también depende de si:

- La familia campesina tiene fondos y otros recursos (sus activos) para invertir en cambios.
- Su comunidad recibe servicios gubernamentales.
- Los miembros de su comunidad está dispuestos a trabajar juntos para hacer cambios en su cuenca (trabajando juntos en diferentes escalas).
- Viven en un país que tiene una política agrícola al igual que una estrategia para aumentar la resiliencia al cambio climático a nivel nacional.
- Existen servicios de investigación y extensión agrícola que apoyen la adaptación, sobre todo para la agricultura de secano (sistemas y estructuras a nivel nacional).
- Sistemas sociales y económicos apoyan el acceso equitativo a los recursos de agua y tierra, educación, información, servicios financieros, servicios de extensión e infraestructura.

La **desigualdad** es otro factor que hay que tener en cuenta cuando se trata la capacidad de adaptación. La desigualdad toma formas diferentes en lugares diferentes: diferentes clases sociales o castas, diferentes grupos étnicos, incluso diferentes medios de vida, tales como ganadería vs agricultura. Por ejemplo, aunque el 43 por ciento de los trabajadores agrícolas en los países en desarrollo

son mujeres, sus rendimientos agrícolas promedio son un 25 por ciento más bajos que los de los hombres. Estos rendimientos más bajos no se deben a que las mujeres sean agricultores menos eficaces, sino porque tienen acceso restringido a tierras, recursos financieros e insumos productivos (herramientas apropiadas, semillas mejoradas o ganado). También tienen menor acceso a servicios fundamentales de extensión agrícola y de crédito. Además, las mujeres deben repartir su tiempo entre tareas agrícolas y domésticas, como recolección de agua, recolección de leña para combustible, preparación de alimentos y cuidado de los niños. Por lo tanto, las mujeres agricultoras a menudo pueden tener una menor capacidad de adaptación debido a la desigualdad de género.

Capacidad de adaptación con nueva información y viejas prácticas

Los científicos pueden predecir cómo afectará el cambio climático a una zona determinada y ciertos cultivos o sistemas agrícolas. Esta investigación en modelación climática está comenzando a predecir los cambios que se presentarán en temperatura y precipitación dentro de 15 a 25 años, al igual que sus efectos en algunos cultivos. Una vez que esta información esté disponible, será de ayuda en los procesos de toma de decisiones de los agentes de extensión agrícola sobre qué recomendar para reducir la exposición o sensibilidad frente al cambio climático y cómo aumentar la capacidad de adaptación.

Con o sin información sobre los efectos específicos que el cambio climático traerá para su área local, como agente de extensión deberá trabajar con familias campesinas que luchan contra el hambre para reducir su sensibilidad y exposición a los riesgos de temperaturas en alza y precipitaciones variables.

Ser capaz de adaptarse exitosamente al cambio climático depende mucho de nuevos conocimientos e información. Una de sus tareas es buscar, todo el tiempo y en todas partes, nueva información, capacitación y experiencias. De esa manera usted puede aprender continuamente de los agricultores, probar con ellos nuevos métodos para descubrir qué funciona a nivel local y también capacitarlos en prácticas y métodos que traducirán en fincas resilientes en su comunidad. Los cambios que vienen como consecuencia del cambio climático continuarán con el tiempo, por lo que será importante continuar también aprendiendo.

Una de sus tareas es buscar, todo el tiempo y en todas partes, nueva información, capacitación y experiencias.

Muchas de las prácticas que los agentes de extensión agrícola ya promueven están contribuyendo a la adaptación al cambio climático. Al actualizar sus conocimientos, usted entenderá cómo estas prácticas reducen la vulnerabilidad y hacia dónde es necesario enfocar sus esfuerzos para obtener el mayor beneficio. ¿Deberá reducir primero la exposición o deberá trabajar para aumentar la capacidad de adaptación? ¿O deberá reducir la sensibilidad? ¿Cuáles son los costos y beneficios de comenzar con uno u otro o de combinarlos?

Cuando los agentes de campo alientan a los agricultores que se encuentran en elevaciones más bajas y cálidas para hacer la transición de cultivos anuales a un sistema agroforestal mixto, los agricultores aumentan el número de árboles, lo que reduce los gases que contribuyen al calentamiento global. Al mismo tiempo, los árboles añaden hojarasca al suelo en la forma de rastrojo,

la evaporación del suelo se hace más lenta, el suelo retiene más agua, y los cultivos cercanos soportan periodos secos durante más tiempo. Todo lo anterior aumenta la capacidad de adaptación del sistema agrícola. Al regresar a la agronomía básica en los servicios de extensión y al aprender a combinar nuevas prácticas prometedoras con prácticas que han resultado beneficiosas en el pasado, existe gran potencial para la adaptación en millones de pequeñas fincas en los trópicos.

¿Por qué necesita usted un manual sobre la adaptación al cambio climático para el agua?

Va a ser muy difícil para los agricultores adaptarse al cambio climático si no se mejora el manejo del agua, especialmente en los sistemas de secano. La producción de cultivos, ganado, pescado y productos forestales —todos— dependen del agua. Alrededor del 80 por ciento de las tierras agrícolas del mundo son tierras de secano, y gran parte de éstas son tierras marginales donde los rendimientos son bajos en áreas donde hay escasez de agua. Además, muchos de los alimentos producidos en el mundo son producidos en pequeñas fincas. Estos agricultores están obteniendo rendimientos que son mucho más bajos que los rendimientos que podrían obtener con prácticas y tecnologías mejoradas.

Urge la adaptación al cambio climático.

Climate change adaptation: the pivotal role of water. UN Water Policy Brief, 2010

Lo anterior es especialmente cierto en África subsahariana, América Central y Asia central, donde los rendimientos actuales están, respectivamente, un 76 por ciento, 65 por ciento y 64 por ciento por debajo de los rendimientos potenciales. Para mejorar los rendimientos, los agricultores deberán adaptarse mediante mejoras en el manejo del agua, la cosecha de agua de lluvia, el manejo de nutrientes, el manejo de cultivos y la agrosilvicultura.

Los agricultores, pasados y presentes, están acostumbrados a tratar con los cambios en el clima y los años en que las lluvias se presentan más tempranamente o en mayores cantidades que otros años. Pero el cambio climático trae consigo nuevos cambios, y las condiciones de cultivo no volverán a ser como eran en el pasado. Para responder a estos cambios, muchos agricultores deberán hacer grandes ajustes en sus sistemas agrícolas en los próximos 10 a 20 años. Hoy día, su trabajo como agente de extensión es más importante que nunca.

El *Manual de Bolsillo 3: Manejo de los Recursos Hídricos* ofrece algunos conceptos básicos, principios orientadores y prácticas para ser evaluadas, probadas y utilizadas junto con familias campesinas y comunidades rurales en relación con el manejo de los recursos hídricos y la respuesta al cambio climático. Las prácticas incluyen una mejor cosecha del agua de lluvia, un mejor almacenamiento del agua de lluvia y un uso más eficiente del agua. Estas prácticas deben combinarse no solo con el manejo de cultivos (*Manual de Bolsillo 2*) para mejorar la capacidad de las plantas para absorber el agua, sino también con el manejo mejorado de suelos (*Manual de Bolsillo 4*) para aumentar la capacidad de retención de agua del suelo.

¿Quiénes pueden utilizar este manual?

Este manual está dirigido a agrónomos, agentes de extensión agrícola y sus supervisores de organizaciones gubernamentales y no gubernamentales, que trabajan en programas de desarrollo rural con familias campesinas y comunidades agrícolas. También contiene información que puede ayudar a las personas que formulen políticas en el establecimiento de prioridades a nivel gubernamental. Los autores saben que los usuarios de este manual tienen importantes diferencias en cuanto a formación y experiencia de campo; sin embargo, confían que todos pueden encontrar algo de valor para apoyar sus esfuerzos de extensión en la adaptación local al cambio climático.

¿Cómo se puede utilizar este manual?

Los agentes de campo pueden utilizar el manual ya sea con agricultores individuales o con comunidades en el proceso de análisis, diseño y planificación de formas de adaptar sus sistemas agrícolas a las temperaturas cambiantes y las fechas y cantidades de lluvia. El manual también puede utilizarse en el desarrollo de talleres de capacitación o como guía en la planificación de proyectos. Los manuales ofrecen ejemplos de prácticas para la adaptación al cambio climático en el marco de conceptos y principios básicos. También se incluyen algunos enfoques participativos, herramientas de evaluación y otras actividades que pueden ayudar al personal de campo en las actividades de planificación y priorización antes de tomar acción.

Para la adaptación, el desafío es que tanto la temperatura como las precipitaciones continuarán cambiando y se requerirá, por lo tanto, un proceso continuo de introducción, ensayo y modificación de prácticas para adaptarlas a las condiciones locales. El momento óptimo para hacer cambios puede diferir para cada agricultor. Por eso, gran parte de la información que se presenta en este manual cubre enfoques generales para el manejo del agua, con algunos ejemplos provenientes de condiciones diferentes, en vez de presentar una serie de prácticas específicas que deben aplicarse en todos los sitios.

¿Cuál es el contenido del manual?

El manual consiste de cuatro partes:

- Conocimiento de conceptos: los efectos del cambio climático en el agua para la agricultura
- Evaluación de los riesgos del cambio climático para el agua y estimación de la vulnerabilidad agrícola
- Recomendación de prácticas para la adaptación hídrica mediante un mejor manejo del agua
- Movilización de la acción y planeación a nivel de la comunidad para adaptar al cambio climático

Mientras que este manual (*Manual de Bolsillo 3*) presenta opciones para mejorar el manejo del **agua**, los otros manuales se centran en otros aspectos de la agricultura

como un mejor manejo de los **cultivos** (*Manual de Bolsillo 2*) y un mejor manejo de los **suelos** (*Manual de Bolsillo 4*). El *Manual de Bolsillo 1* comparte los impactos generales del cambio climático en la agricultura y pone a consideración el papel que deben desempeñar los servicios de extensión para apoyar el proceso de adaptación. Usted querrá utilizar los manuales juntos en diversas etapas del proceso de adaptación. En las primeras etapas, cuando se están evaluando las vulnerabilidades de los medios de vida y seleccionando prioridades para las prácticas de adaptación, no se pueden considerar los problemas del agua como algo aislado. Deben ser considerados, por ejemplo, junto con el manejo de suelos o el manejo de cuencas. Usted primero tendrá que hacer una evaluación para que pueda establecer prioridades y abarcar primero las exposiciones a riesgos y sensibilidades frente al cambio climático que sean más graves.

Además, al establecer prioridades para mejorar el manejo del agua, usted tendrá que compararlas con otras prioridades y considerar las ventajas y desventajas. ¿Cómo afectan las diversas opciones para la adaptación al cambio climático a otras áreas de manejo de la finca? Por ejemplo, si se utilizan residuos de cosecha para proteger la superficie del suelo de la evaporación, no se puede utilizar estos residuos como alimento para el ganado, combustible para cocinar o en compostaje. Cuando se establecen prioridades de acción y se eligen opciones para implementación, es importante pensar en términos generales acerca de todos los efectos.

Este manual incluye prácticas reconocidas que son beneficiosas incluso cuando los impactos del cambio climático son inciertos. Sin embargo, en los casos en que los estudios de modelación pronostican impactos locales específicos, le resultará más fácil seleccionar las prácticas con mayor potencial para reducir las vulnerabilidades locales. Éstas serán las intervenciones más eficaces, siempre y cuando usted también considera los recursos y las preferencias de los agricultores y la comunidad local.

Algunas prácticas aparecen en más de uno de los manuales de bolsillo. A modo de ejemplo, los cultivos de cobertura se mencionan en el *Manual de Bolsillo 2: Manejo de Cultivos*, como una forma de controlar malezas y plagas. También aparecen en el *Manual de Bolsillo 4: Manejo de Suelos*, como una forma de mejorar la fertilidad, la humedad y la estructura del suelo, al igual que la salud general del suelo. Además, algunas prácticas solamente serán plenamente eficaces si se combinan con otras prácticas. Incluso cuando el factor que más limita la obtención de buenos rendimientos es la escasez de agua, en suelos degradados el riego suplementario sólo puede generar modestos aumentos de rendimiento. Para obtener mayores aumentos en el rendimiento, es necesario mejorar también la fertilidad del suelo.

Las plantas, el suelo y el agua interactúan estrechamente entre sí, y los manuales sobre adaptación fueron diseñados para utilizarse juntos. Sus beneficios se multiplican al utilizarlos en grupo y se aumenta la resiliencia al cambio, sea cual sea la fuente.

PARTE 1

Entendiendo conceptos

1.1 ENTENDIENDO EL CICLO DE AGUA

Entender el ciclo del agua y cómo va a cambiar con el calentamiento global le ayudará a entender los cambios y las prácticas que contribuyan a reducir la vulnerabilidad de los agricultores y la agricultura frente el cambio climático.

Figura 1: El ciclo de agua



Adaptada de: Catholic Relief Services. 2014. *Natural resource management: Basic concepts and strategies*. CRS: Baltimore, Maryland, Estados Unidos.

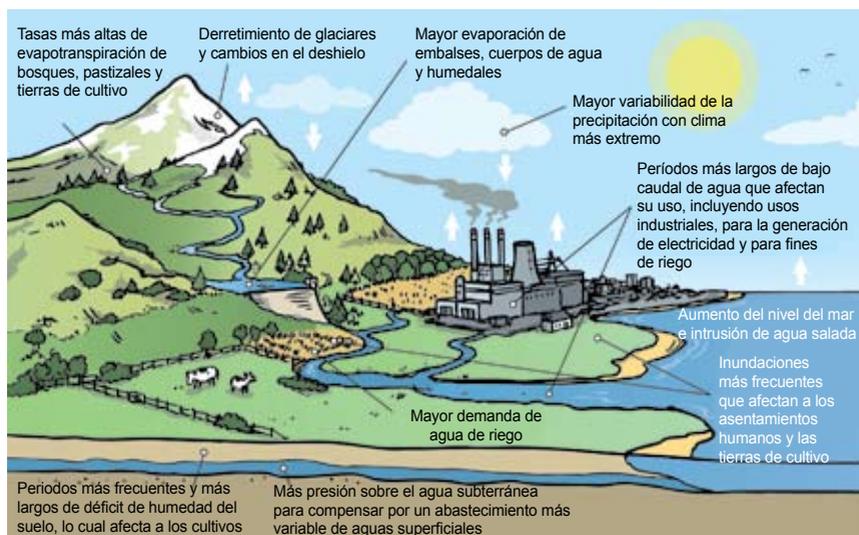
La tierra tiene una cantidad limitada de agua puesto que el agua ni se crea ni se destruye. El agua es como la energía —se transforma de un estado a otro (líquido, vapor o sólido) y pasa de un lugar a otro en un ciclo continuo, circulando a través de muchas fuentes en diferentes formas. Los océanos contienen el 97 por ciento de toda el agua que se encuentra en la tierra. El 3 por ciento restante se encuentra como agua dulce en ríos, lagos, glaciares, nieve acumulada, nubes y acuíferos (aguas subterráneas). Un hecho importante para la agricultura es que el agua también se almacena en el suelo como humedad del suelo donde puede ser utilizada por las plantas. Como el agua fluye a través de sus muchas fuentes, la calidad del agua y sus propiedades también cambian. Por ejemplo, en su forma líquida, el agua puede evaporarse de los lagos y convertirse en vapor para formar nubes si las temperaturas están por encima del punto de congelación (0° Celsius ó 32° Fahrenheit). A temperaturas bajo cero, un lago puede congelarse y convertirse en hielo, la forma sólida del agua.

En el ciclo del agua, el sol hace que el agua se evapore de la superficie de océanos, lagos, embalses y nieve, al igual que de la superficie del suelo y las plantas (bosques, tierras de cultivo y pastizales). Las plantas también pierden un poco de agua durante el proceso de fotosíntesis cuando los estomas en las hojas se abren y transpiran agua. (Se considera que la transpiración es un uso productivo del agua antes de que retorne a la atmósfera.) La combinación de estas pérdidas de agua hacia la atmósfera se llama evapotranspiración, pero la evaporación y la transpiración son procesos diferentes. Solamente se evapora el agua pura; las sales en el agua no se evaporan. Este vapor de agua luego forma nubes dentro de la atmósfera. A medida que la tierra gira, las nubes acumulan su suministro de agua hasta que se vuelven pesadas, y el agua cae de nuevo a la tierra en forma de precipitación de agua dulce. La precipitación puede ser en forma de lluvia, nieve o hielo. Una vez que la precipitación llega a la tierra, hace una de tres cosas:

- Corre por el suelo en forma de lluvia o nieve derretida hacia ríos, lagos y océanos.
- Penetra el suelo mediante infiltración y luego se evapora de la superficie del suelo o se transpira a través de las hojas de las plantas antes de retornarse a la atmósfera.
- Es absorbida por el suelo y, con el tiempo, se filtra hacia las aguas subterráneas.

1.2 EL CICLO DEL AGUA Y EL CAMBIO CLIMÁTICO

Figura 2: El ciclo del agua y los impactos previstos del cambio climático



Gráfica modelado con base en el [Manual sobre Agricultura Climáticamente Inteligente, Módulo 3: Manejo del Agua](#) (FAO 2013)

El calentamiento global está acelerando el ciclo del agua. Las temperaturas más altas aumentan la tasa de evaporación de los cuerpos de agua y humedales, la tasa de derretimiento de la nieve de los glaciares y las áreas cubiertas de nieve, y la tasa de transpiración de la vegetación. Esta pérdida de agua hacia la atmósfera significa que el aire más caliente contiene más humedad. El aumento de la humedad genera cambios en el clima, tales como inundaciones, deslizamientos, sequías o tormentas severas más frecuentes, por ejemplo ciclones y huracanes. El agua que se evapora no puede utilizarse de nuevo hasta que no cae en forma de precipitación, y este proceso ahora ocurrirá más rápidamente. Con el cambio climático, las tormentas ocurrirán más a menudo con lluvias más intensas, y los períodos secos y las sequías ocurrirán más a menudo o durarán más tiempo. Debido a los patrones globales de circulación climática, áreas que generalmente son húmedas se volverán más húmedas y áreas secas se volverán más secas.

“No recuerdo haber presenciado huracanes de niño”

En América Central, una región que se considera que será muy afectada por el cambio climático, se prevé que las temperaturas aumenten en 1 °C antes de finales de la década de 2020 y en 2 °C antes de la década de 2050. Un período seco típico en la mitad de la primera estación de cultivo ahora dura más tiempo durante etapas de crecimiento claves cuando las plantas necesitan agua para producir grano. Este déficit reduce los rendimientos de maíz y frijol, los dos principales cultivos básicos. Aunque se espera que se presente una disminución en la precipitación total, se espera que el número y la intensidad de tormentas extremas aumenten.

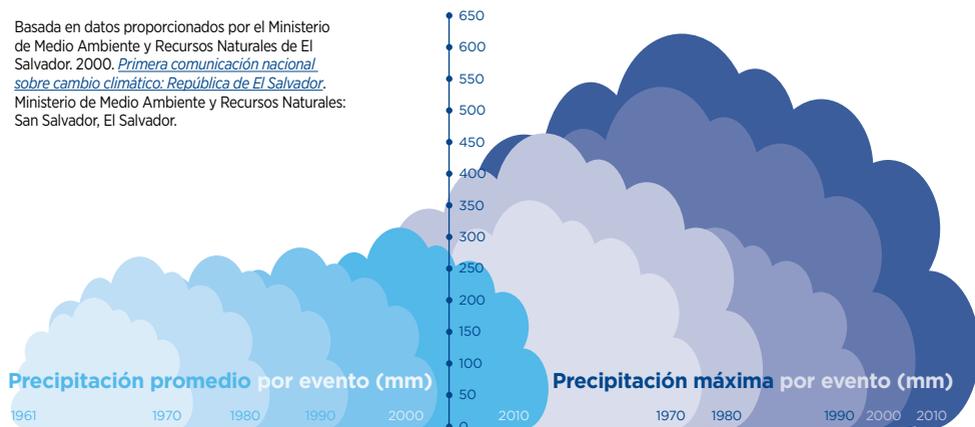
“No recuerdo haber presenciado huracanes de niño. Las lluvias solían ser paulatinas y constantes. Si se presentaban tormentas, pero duraban un par de horas, tal vez un día. Ahora las lluvias son mucho más intensas y fuertes. Antes del huracán Stan [2005], tuvimos el huracán Mitch [1998]. Las personas tienen mucho miedo de que haya otro huracán. Antes, nunca vimos nada como los huracanes [que se presentan] por aquí [ahora]. Incluso mis abuelos no recuerdan tormentas tan severas como éstas”.

Agricultor Gavino, San Marcos, Guatemala

Con el aumento de eventos de tormenta, el agua se moverá a través del paisaje más rápidamente y puede llegar a ser destructiva, causando erosión severa, deslizamientos de lodo o inundaciones. El aumento de las inundaciones afectará a las tierras de cultivo y a la ganadería, así como las áreas aguas abajo, lo que generará problemas para los cultivos, las áreas de pastoreo y la salud del suelo. Las temperaturas más altas también aumentarán la incidencia de enfermedades como la malaria y el dengue si no se manejan con cuidado las áreas de almacenamiento de agua para controlar los mosquitos. Las olas de calor afectarán a cultivos, animales y personas.

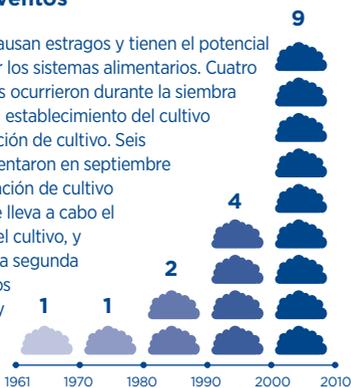
Figura 3: Eventos de clima extrema en El Salvador por década (1961–2010)

Basada en datos proporcionados por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales de El Salvador. 2000. *Primera comunicación nacional sobre cambio climático: República de El Salvador*. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. San Salvador, El Salvador.



Número de eventos

Estas tormentas causan estragos y tienen el potencial para desestabilizar los sistemas alimentarios. Cuatro de estas tormentas ocurrieron durante la siembra de mayo-junio y el establecimiento del cultivo en la primera estación de cultivo. Seis tormentas se presentaron en septiembre en la segunda estación de cultivo del año, cuando se lleva a cabo el establecimiento del cultivo, y cinco a finales de la segunda estación cuando los cultivos maduran y son cosechados en octubre y noviembre.



Las señales están en todas partes

En todas partes se pueden apreciar señales visibles del calentamiento global, en las temperaturas cambiantes y en consecuencias como sequías más frecuentes y prolongadas, inundaciones, tormentas severas, glaciares que se derriten, cambios en patrones de precipitación y hechos similares. Informe sobre Desarrollo Humano 2007/2008. *La lucha contra el cambio climático: Solidaridad frente a un mundo dividido* (PNUD 2007)

Si usted trabaja en un área donde se presentan tormentas más grandes o lluvias más fuertes, es probable que vea:

- Más agua de escorrentía.
- Más erosión que arrastra los nutrientes de la capa arable del suelo lejos de las parcelas agrícolas.
- Mayor incidencia de enfermedades en los cultivos, especialmente enfermedades fúngicas.
- Más inundaciones que causan daños a las parcelas agrícolas, ganado, hogares y carreteras.
- Propagación más rápida de enfermedades en el ganado.
- Desafíos respecto al almacenamiento de granos, semillas y alimentos para el ganado.
- Cambios en los niveles de agua de pozo.

Cerca de las costas, el aumento en los niveles del mar implicará la contaminación de pozos y aguas subterráneas con agua salada. Ya muchos agricultores en los trópicos han informado que han visto los siguientes cambios en el clima:

- Temperaturas más cálidas.
- Sequías más frecuentes o más prolongadas.
- Lluvias más intensas.
- Tormentas más severas y mayor competencia por agua de menor calidad.

Incluso si usted trabaja en una zona de alta precipitación, puede comenzar a ver sequías y períodos secos, así como inundaciones más intensas. En las tierras altas de la cordillera del Himalaya, América Central, los Andes, Etiopía y África meridional, se prevé que las precipitaciones serán más variables. No solo habrá más sequías, sino también más inundaciones. En estas regiones, muchos suelos se degradan y, como resultado, no pueden retener bien el agua y cada vez son más sensibles a los cambios en precipitación.

1.3 MEJORANDO LA PRODUCTIVIDAD DEL AGUA: OPORTUNIDADES EN LA AGRICULTURA DE SECANO

Durante los próximos 40 años, los agricultores deberán duplicar la producción de alimentos para humanos y animales para poder satisfacer las necesidades de las poblaciones en crecimiento y los regímenes alimenticios cambiantes. Pero en muchas áreas del mundo, no hay suficiente tierra nueva para cultivar, por lo que los agricultores tendrán que aumentar los rendimientos de los cultivos en las tierras que ya están bajo cultivo. Para hacerlo, se necesitará más agua debido a que el proceso de fotosíntesis que produce material vegetal (hojas, tallos, raíces, tubérculos, frutos, granos) se basa en la evapotranspiración, el uso del agua por las plantas y cierta pérdida de agua a través de hojas de las plantas. El desafío para los investigadores y extensionistas agrícolas es que esta duplicación de la producción debe hacerse a pesar del cambio climático y cualquier cambio en los pronósticos de cuándo llegarán las lluvias o la cantidad de lluvia que caerá.

Para el año 2050, la evapotranspiración que se requiere para aumentar la producción de alimentos podría incrementarse entre un 60 y 90 por ciento. Pero la agricultura ya utiliza más de dos terceras partes del agua que los humanos consumen, gran parte de ello para la producción bajo riego. Así que los incrementos deberán provenir de la agricultura de secano. Los agricultores tendrán que cultivar más alimentos en aproximadamente la misma cantidad de tierra que ahora tienen bajo cultivo, y muchas veces con menos precipitación. En otras palabras, deben mejorar tanto la captura y el almacenamiento de agua de lluvia como la productividad del agua. Esto puede parecer imposible, sobre todo en áreas donde el agua es escasa y los agricultores ya luchan para cultivar alimentos y criar animales. Pero cuando se combinan en el mismo campo prácticas agrícolas para mejorar el manejo del suelo, el manejo de cultivos y el manejo del agua, las ventajas de cada práctica refuerzan los beneficios de las otras. De esta manera, el agua se utiliza de manera más eficiente. No es imposible cultivar alimentos con menos precipitación, incluso en las regiones semiáridas de África Occidental, y las prácticas indicadas en este manual le mostrarán algunas maneras de hacerlo.

En regiones semiáridas y subhúmedas secas, donde los agricultores se enfrentan a estaciones secas largas, el principal reto respecto al agua en la agricultura de secano no es la cantidad total de agua. En realidad, hay suficiente precipitación total para cultivar. El reto principal es que las precipitaciones son muy variables. Cerca de dos de cada cinco habitantes en zonas rurales ya viven en áreas donde el agua es escasa y donde los agricultores producen en condiciones de secano. Aunque hay agua disponible, la lluvia cae en el momento equivocado, y gran parte del agua se pierde. En las áreas con severa degradación del suelo, también se presenta escorrentía masiva de agua —la mayor parte del agua se pierde en vez de penetrar el suelo para ser utilizada por las plantas para la formación de raíces y tubérculos, granos y producción de frutos. El agricultor que puede mejorar la disponibilidad de agua y manejar el cultivo de tal manera que su capacidad de absorción de agua también mejora, aumentará la producción de su finca.



Cerca de dos de cada cinco habitantes en zonas rurales ya viven en áreas donde el agua es escasa y donde los agricultores producen en condiciones de secano.

Sin embargo, muchas veces los numerosos pequeños agricultores que siembran cultivos y crían animales tienen poca información y conocimientos técnicos al igual que recursos limitados para adaptarse a estos cambios. El clima inclemente es especialmente perjudicial para la agricultura en áreas donde viven muchas de estas familias campesinas —los suelos suelen ser pobres, los bosques degradados y el agua escasa. Los sistemas agrícolas en estas áreas tienen una capacidad muy limitada para resistir al cambio y recuperarse del mismo. Por lo tanto, una parte importante de su papel como agente de extensión agrícola es compartir información y capacitar a los agricultores en prácticas básicas comprobadas en agronomía y manejo del agua que pueden aumentar la producción.

Algunas de estas prácticas son las siguientes:

- Conservación del agua y del suelo mediante sistemas de labranza mínima (*Sección 3.2*).
- Cosecha de agua de lluvia a nivel de finca (*Sección 3.3*).
- Riego temporal, llamado riego suplementario, para cubrir períodos de baja precipitación o períodos de sequía que pueden presentarse ahora con más frecuencia durante la estación de lluvias (*Sección 3.4*).
- Tecnologías modernas como el riego por goteo (*Sección 3.4*).
- Mejoramiento de la fertilidad del suelo para que las plantas puedan aumentar la absorción de agua y tolerar estrés leve en períodos secos (*Manual de Bolsillo 2: Manejo de Cultivos*).

Otras prácticas también harán que el cultivo sea más resistente al estrés hídrico. Es posible que usted quiera recomendar variedades de cultivos que fueron desarrolladas para ser resistentes a plagas o enfermedades o que tengan mayor tolerancia al tiempo seco. También son de utilidad las variedades de cultivos de maduración temprana. Cada situación local será diferente, y su elección de prácticas variará de un lugar a otro.

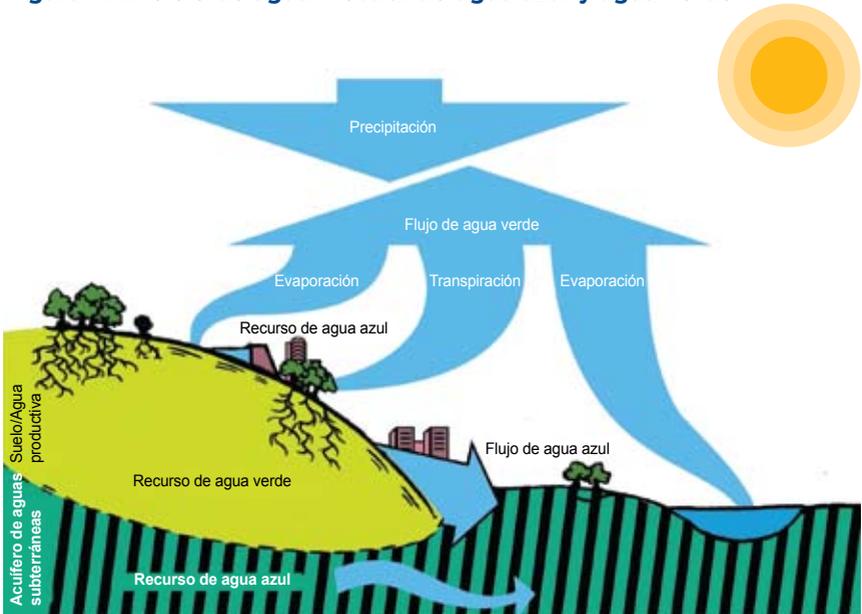
1.4 UNA PERSPECTIVA PROMETEDORA SOBRE EL AGUA PARA LA AGRICULTURA

Algunos expertos en agricultura y aguas hacen referencia a dos tipos de agua. El término **agua azul** se utiliza para describir el agua dulce que, tras su escorrentía, forma aguas superficiales –lagos, ríos, embalses y pozos– y también agua subterránea o agua almacenada en los acuíferos subterráneos. El agua azul es el resultado de donde fluye el agua una vez que cae en forma de precipitación. El **agua verde** es agua de lluvia y agua que se almacena en el suelo como humedad del suelo. Esta distinción entre agua azul y verde está ayudando a los investigadores y agentes de extensión a entender y mejorar las recomendaciones que hacen respecto a la adaptación al cambio climático.

Agua azul – Agua no salada o fresca que, tras su escorrentía, forma las aguas superficiales de lagos, ríos, embalses y pozos, al igual que el agua subterránea o agua almacenada en los acuíferos subterráneos..

Agua verde – Agua de lluvia y agua que se almacena en el suelo como humedad del suelo.

Figura 4: El ciclo de agua mostrando agua azul y agua verde



Fuente: Adaptado de Falkenmark, M. & J. Rockstrom. 2006. The new blue and green water paradigm: Breaking new ground for water resource planning and management. *Journal of Water Resource Planning and Management*. 132(3), 129–132.

La mayor parte del agua utilizada para fines de riego es **agua azul**, pero en muchas partes del mundo, especialmente India, África meridional y México, se han usado las aguas subterráneas en exceso, agotando este recurso. Se extrae más agua subterránea de la que se repone o se renueva. Los niveles de agua subterránea aumentan (recargan) solamente cuando el suelo es empapado por agua de lluvia o ésta se filtra hacia el acuífero. Deben cavarse pozos cada vez más profundos para encontrar el agua restante. Al mismo tiempo, no solo es muy costoso aplicar riego utilizando agua azul en la superficie —obtenida de ríos, lagos y embalses— sino que dicho uso también enfrenta actualmente problemas de uso excesivo.

Sin embargo, en general, los recursos de **agua verde** están mayormente sin explotar para fines agrícolas. La vulnerabilidad de la agricultura de secano frente al cambio climático puede reducirse con el buen manejo del agua verde mediante la recolección y el almacenamiento de más agua de lluvia y el manejo del suelo para retener más humedad. El lugar más conveniente para almacenar agua es en el suelo, donde la mayor parte de ella está protegida de la evaporación y donde puede ser redirigida a las plantas para producción. La mayoría de las prácticas que se presentan en este manual le ayudarán a aumentar el almacenamiento de agua en el suelo.

Como se señaló anteriormente, la mayor parte de las tierras agrícolas a nivel mundial (80 por ciento) se cultivan como tierras de secano. Estas tierras son vulnerables frente al cambio climático ya que las lluvias llegan ya sea en cantidades demasiadas grandes o pequeñas o demasiado tarde, y estas fincas generalmente presentan rendimientos bajos. No es necesariamente la falta de agua lo que mantiene a los rendimientos en un nivel bajo, sino más bien la manera cómo se han manejado el agua, los cultivos y los suelos. Incluso en las tierras secas semiáridas, en la mayoría de los casos hay suficiente agua verde para la agricultura. Si se cambian las prácticas, es posible aumentar el rendimiento y mejorar la capacidad de adaptación de las fincas en áreas de secano.

Incluso en las tierras secas semiáridas, en la mayoría de los casos hay suficiente agua verde para la agricultura.

La mala noticia es que no hay suficiente agua azul para producir el alimento que el mundo va a necesitar en el futuro y para suplir otros usos del agua. La buena noticia es que, en las fincas de secano en los trópicos, los agricultores pueden duplicar o triplicar los actuales rendimientos de grano, cuyo promedio es de alrededor de 1 tonelada por hectárea. Con el apoyo de investigadores, agentes de extensión agrícola y gobiernos, los agricultores pueden aumentar los rendimientos mediante el mejor manejo del agua verde.

Estas prácticas ayudarán a lo siguiente:

- Recolectar y almacenar agua de lluvia por encima del suelo.
- Manejar los suelos para captar y almacenar más agua.
- Manejar los cultivos y pastizales para hacer mejor uso del agua.
- Manejar las plantas para aumentar el contenido de materia orgánica del suelo, lo que permite a los suelos captar y almacenar más agua.
- Manejar fincas y cuencas de tal manera que se recargan las aguas subterráneas.

Estas prácticas contribuyen a producir más material vegetal (raíces, hojas, tallos, frutos, tubérculos y granos). Después de la cosecha, parte de este material vegetal permanece en el suelo en la forma de raíces y el agricultor puede dejar parte en la superficie en la forma de hojas o tallos. Con el tiempo, el material vegetal se desintegra y se descompone para convertirse en materia orgánica que contiene nutrientes que actúan como fertilizante natural del suelo. La materia orgánica también actúa como una esponja para retener el agua y hacerla más disponible para las plantas. También mejora el drenaje cuando el suelo está saturado.

La materia orgánica también actúa como una esponja para retener el agua y hacerla más disponible para las plantas.

La materia orgánica:

- Hace el suelo más fértil para las plantas.
- Ayuda al suelo a captar, absorber y almacenar más agua, por lo tanto se pierde menos agua a la escorrentía.
- Aumenta el número de poros u orificios en el suelo para aireación, crecimiento de raíces y drenaje hacia aguas subterráneas.
- Ayuda a los suelos arcillosos a drenar.
- Ayuda a los suelos arenosos a retener agua y nutrientes.

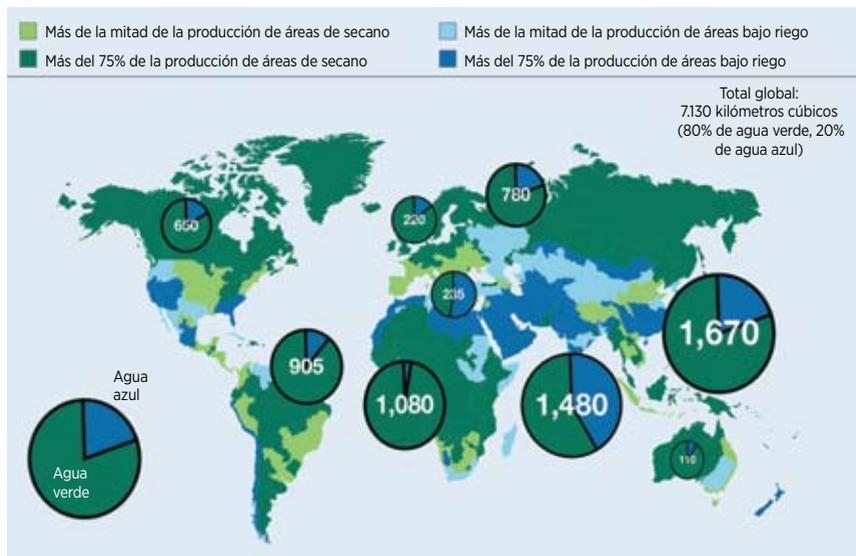
Con un mayor contenido de materia orgánica, una mejor fertilidad del suelo y mejor acceso al agua en el suelo, las plantas producen más y retornan más materia orgánica al suelo. De esta manera, los beneficios aumentan de año en año, siempre y cuando el agricultor puede dejar parte o la mayoría del material vegetal en el campo después de la cosecha.

Este ciclo provechoso comienza con un mejor manejo del agua y la producción aumenta sólo por hacer un mejor uso de la lluvia que cae en el campo.

Para la adaptación al cambio climático, es fundamental un mejor manejo del agua verde (agua de lluvia y humedad del suelo). Una productividad mejorada del agua —medida como más cultivo por volumen de agua lluvia— depende del manejo que se da al cultivo y al suelo para que haya una mejor absorción de agua por las plantas de ambas fuentes de agua, tanto agua azul como agua verde. Cuando se combinan con la recolección y el almacenamiento de agua de lluvia durante lluvias fuertes, estas estrategias reducirán la vulnerabilidad frente a condiciones semiáridas y períodos de sequía.

Para la adaptación al cambio climático, es fundamental un mejor manejo del agua verde (agua de lluvia y humedad del suelo).

Figura 5: Dependencia en el agua verde y azul para la producción agrícola total (2000)



Nota: Producción hace referencia al valor bruto de la producción. Los gráficos circulares muestran la evaporotranspiración total de agua de los cultivos en kilómetros cúbicos por región. Fuente: International Water Management Institute (IWMI). 2007. In Molden, D., ed. *Water for food, water for life: A comprehensive assessment of water management in agriculture*. Earthscan: Londres, Inglaterra, Reino Unido y International Water Management Institute: Colombo, Sri Lanka.

Recursos

Las fuentes de información basadas en la web pueden ser útiles para quienes tengan acceso a la Internet. Los recursos mencionados en esta sección contienen sugerencias de manuales que contienen más información sobre prácticas o conceptos básicos.

Ashby, J. & D. Pachico. 2012. *Climate change: From concepts to action: A guide for development practitioners*. Catholic Relief Services: Baltimore, Maryland, Estados Unidos.

PARTE 2

Evaluando los riesgos del cambio climático para el agua y estimando la vulnerabilidad agrícola

2.1 PASANDO DE CONCEPTOS A LA ACCIÓN

Como agente de campo, conocer cuáles son los desafíos que se pueden esperar frente al cambio climático y cómo estos desafíos van a afectar tanto a los recursos hídricos como a la agricultura local lo ayudará en el proceso de toma de decisiones respecto a qué prácticas recomendar a los agricultores. Los efectos del cambio climático variarán mucho de una localidad a otra y cambiarán con el tiempo. Incluso dentro de un mismo país o cuenca hidrográfica, las prácticas deben corresponder a las características únicas de cada localidad y de cada finca. Esta sección pasa de conceptos a la acción mediante tres pasos para evaluar la vulnerabilidad frente al cambio climático:

- Evaluar la exposición de los recursos hídricos al cambio climático.
- Estimar la vulnerabilidad resultante de los medios de vida agrícolas.
- Evaluar la capacidad de adaptación local.

Usted utilizará la información obtenida en estas evaluaciones para identificar opciones prácticas a nivel de finca que ayuden a los agricultores a adaptarse al cambio climático (*Parte 3*) antes de movilizar tanto la planificación como la acción a nivel de comunidad (*Parte 4*).

2.2 EVALUANDO LA EXPOSICIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

La exposición al cambio climático puede evaluarse mediante tres enfoques amplios:

- Examen de los registros climáticos locales para identificar tendencias.
- Implementación de la modelación climática o acceso a los resultados de modelos existentes.
- Aprovechamiento de los conocimientos locales sobre riesgos climáticos al igual que las estrategias autóctonas de manejo de agua.

Estrategias que los agricultores ya están utilizando para adaptarse a variaciones normales en el tiempo pueden proporcionar información sobre potenciales prácticas de adaptación bajo el cambio climático. Las familias campesinas están acostumbradas a adaptarse a los cambios, pero debido a la intensidad, la cantidad y la velocidad de los cambios que vienen con el calentamiento global, es probable que los cambios lleguen demasiado rápido y las familias agrícolas no podrán adaptarse sin ayuda.

2.3 EVALUANDO LA VULNERABILIDAD DE LOS MEDIOS DE VIDA AGRÍCOLAS

Es importante desarrollar preguntas como las que aparecen a continuación para que sirvan de guía en la revisión de los registros meteorológicos y modelos climáticos. También son de ayuda cuando se entrevistan a informantes claves en los ministerios gubernamentales, organismos de investigación, gobiernos locales, programas de desarrollo y comunidades rurales:

- ¿Hay evidencia de cambios en la precipitación total?
- ¿Ha cambiado notablemente la fecha de inicio o la duración de la estación de lluvias o la estación seca?
- ¿Se han presentado cambios en los patrones de lluvia? Por ejemplo, ¿se presentan con mayor frecuencia lluvias fuertes? ¿Hay brechas más largas entre eventos de lluvia en la estación de lluvias?
- ¿La disponibilidad de agua potable y agua para el ganado ha aumentado o ha disminuido?
- ¿Ha aumentado la mano de obra (esfuerzo) o el tiempo que se requiere para conseguir agua potable?
- ¿Ha cambiado el flujo de las aguas superficiales? ¿Se están secando las corrientes de agua?
- ¿Las inundaciones ahora son más severas o frecuentes?
- Si el agua subterránea está siendo explotada para fines de riego, ¿está cambiando el nivel de agua?

Puede que haya información disponible para responder algunas de estas preguntas en datos meteorológicos históricos o modelos climáticos adaptados localmente. Para quienes tienen acceso a la Internet, le recomendamos consultar también la sección de *Recursos* de la Parte 1 de este Manual. Sin embargo, para otras preguntas, las mejores respuestas pueden encontrarse trabajando con informantes clave en la comunidad, ya sea por medio de entrevistas individuales o grupales. En los casos en que trabajos anteriores ya han demostrado que el agua es un tema crítico en la región, sus entrevistas deberán centrarse específicamente en los recursos hídricos. Con mayor frecuencia, sin embargo, las preguntas sobre recursos hídricos serán compartidas como parte de una serie similar de preguntas sobre suelos o manejo del cultivo (*Manual de Bolsillo 2* y *Manual de Bolsillo 4*).

También es importante hacerles preguntas a los agricultores que permiten evaluar la vulnerabilidad de las actuales prácticas agrícolas:

- ¿Ha notado cambios en el tiempo durante los últimos 20 a 30 años?
- ¿Se echan a perder las cosechas hoy día con mayor o menor frecuencia que en el pasado?
- ¿Las cosechas que se echan a perder es debido a la falta de agua, al exceso de agua o a otro factor?
- ¿Hay cultivos cuyo desempeño es peor ahora que hace 30 años?
- ¿Hay cultivos cuyo desempeño es mejor ahora que hace 30 años?
- ¿El ganado tiene suficiente agua?

- ¿Se ha presentado algún cambio en la cantidad, el tiempo o la calidad de las fuentes de agua?
- ¿Se ha producido algún cambio en los sistemas de riego o en su desempeño?
- Aquí en esta localidad, ¿cómo han respondido los agricultores frente a los cambios en el tiempo?
- ¿Los agricultores están sembrando más variedades de cultivos tolerantes de la sequía o crían animales que requieren menos agua?
- ¿Los agricultores están sembrando cultivos más tolerantes al exceso de agua o cultivos que toleran agua salada?
- ¿Los agricultores están cambiando a cultivos agrícolas o cultivos arbóreos que requieren menos agua?

En la medida que usted discute los riesgos climáticos y los cambios en los recursos hídricos con personas de la comunidad, es natural que ellas mencionen cuán severo ha sido el impacto en diversos aspectos relacionados con el agua. Recuerde que hay que interactuar con personas de diversos grupos en la comunidad para escuchar las perspectivas de todo el mundo. Por ejemplo, cuando se trata de la responsabilidad de las mujeres y niñas de recolectar agua potable para consumo doméstico, si usted solamente entrevista a hombres, quienes no son responsables del agua potable, es probable que no logre una visión acertada de la importancia del problema. De la misma manera, los agricultores cuyos campos se encuentran en las tierras bajas de las llanuras de inundación serán más sensibles al riesgo de inundación que los agricultores que tienen parcelas en tierras altas. El conocimiento local es imprescindible para poder entender los problemas que se presentan en los medios de vida que son causados por el cambio climático y para evaluar las opciones de adaptación. El conocimiento local se ve afectado por las perspectivas personales de diversos miembros de la comunidad, por lo que es importante conocer y aprovechar la diversidad existente en la comunidad. Posiblemente querrá organizar discusiones por separado con ciertos grupos dentro de una comunidad —hombres, mujeres, ancianos, jóvenes, agricultores, ganaderos— dependiendo del tema y del contexto social local.

Hay que interactuar con personas de diversos grupos en la comunidad para escuchar las perspectivas de todo el mundo.

2.4 EVALUANDO LA CAPACIDAD LOCAL PARA ADAPTARSE

Finalmente, las preguntas acerca de la capacidad local para adaptarse pueden ayudar a identificar brechas y oportunidades:

- ¿Cuáles son los desastres naturales que afectan a los agricultores en esta región?
- ¿Cómo se las arreglan cuando se presenta un desastre natural (mal tiempo)?
- ¿La genta ha tomado alguna acción (almacenamiento de agua, sistemas de recolección de agua, pozos, sistemas de drenaje de agua, estanques de agua para uso del ganado, etc.) para hacer frente a una sequía o una inundación?
- ¿La genta almacena grano para alimentación humana o piensos para el ganado para los años malos, o pueden obtener lo que necesitan?
- ¿Las personas tienen algún plan para reducir el impacto del mal tiempo (por

ejemplo, mover el ganado a sitios donde hay agua en tiempos de sequía o a tierras altas durante las inundaciones o reducir el área de siembra o cambiar de cultivo)?

- ¿Qué hace la gente cuando los cultivos se echan a perder (rebuscar; cazar; vender ganado o joyas, herramientas o tierra; migrar para encontrar trabajo; pedir dinero prestado)?
- Durante una sequía, ¿tienen las familias fuentes alternativas de agua que pueden utilizar para una huerta o para salvar a los animales más importantes?
- Cuando se presentan inundaciones, ¿cómo se gana la vida la gente?
- ¿Qué actividades hacen los hombres que requieren agua?
- ¿Qué actividades hacen las mujeres que requieren agua?

2.5 SELECCIONANDO PRÁCTICAS PROMISORIAS PARA LA ADAPTACIÓN

Una vez que usted recopile la información básica y analice, junto con actores locales, la exposición al riesgo, las sensibilidades y las opciones para la adaptación, usted estará listo para priorizar los pasos a seguir y las prácticas para implementar junto con la comunidad. Pasar por este proceso con la comunidad lo ayudará a identificar las prácticas que la población local encuentra más atractivas. Esto acelerará la adaptación, aumentar la cobertura de las prácticas de adaptación en la zona y contribuirá a su difusión y uso por las familias campesinas. Algunos métodos pueden ser utilizados tal como se describen en este manual, mientras que otros tendrán que ser modificados dependiendo de las condiciones locales o los agricultores. También habrá algunas prácticas que no serán apropiadas a nivel local. Preguntas adicionales pueden ayudarlo a seleccionar las prácticas:

- Con base en esta información, ¿existen prácticas agrícolas que deben continuarse?
- ¿Hay algunas que necesitan ser cambiadas?
- ¿Cómo puede esta información ayudar a comunidades y familias a desarrollar un plan de acción para la adaptación?
- Una vez que se desarrolla una estrategia, ¿cuáles prácticas parecen ser las más apropiadas para las circunstancias locales y deberían incluirse en un plan de acción?
- ¿Cuáles prácticas se traducirán en el mayor beneficio con el tiempo?
- ¿Cuáles prácticas serán mejores para los hogares encabezados por mujeres o para parcelas manejadas por mujeres en hogares encabezados por hombres?

Además de las discusiones, se puede recopilar información útil sobre los recursos hídricos con miembros de la comunidad mediante la elaboración de mapas de fuentes de agua y la discusión de sus usos. Usted puede caminar por la zona junto con miembros de la comunidad para desarrollar calendarios estacionales de actividades relacionadas con el agua y el clima. Recuerde que debe enumerar por separado las actividades realizadas por las mujeres y las actividades realizadas por los hombres.

Una nota final sobre el manejo de los riesgos del cambio climático: El propósito de este manual es compartir prácticas que reducen los riesgos mediante el uso de prácticas mejoradas de manejo del agua. La adaptación también implica el manejo de riesgos que no están cubiertos en este manual, por ejemplo los riesgos del mercado y los riesgos financieros. Muchos proyectos agrícolas incluyen microfinanzas mediante la formación de ahorros comunitarios y grupos de prestamistas para desarrollar habilidades financieras básicas para las inversiones agrícolas, para cubrir necesidades básicas en la estación seca y para servir como fondo para préstamos formales. Los proyectos también apoyan a las acciones colectivas y a las organizaciones de agricultores para que tengan poder de negociación y para que puedan negociar los precios de semillas y fertilizantes o contratos de venta de productos agrícolas. Además, se hace énfasis en el apoyo a las cadenas de valor específicas que involucran alianzas de los sectores público y privado para reducir los riesgos de mercado.

Recursos

Ashby, J. & D. Pachico. 2012. *Climate change: From concepts to action: A guide for development practitioners*. Catholic Relief Services: Baltimore, Maryland, Estados Unidos.

Dorward, P., D. Shepherd & M. Galpin. 2007. *Participatory farm management methods for analysis, decision making and communication*. Food and Agriculture Organization (FAO): Rome, Italy. Disponible en http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/ags/publications/participatory_FM.pdf

Dummett, C., C. Hagens & D. Morel. 2013. *Guidance on participatory assessments*. Catholic Relief Services: Baltimore, Maryland, Estados Unidos.

Feldstein, H.S. & J. Jiggins. 1994. *Tools for the field: Methodologies handbook for gender analysis in agriculture*. Kumarian Press: West Hartford, Connecticut, Estados Unidos.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2011. *Análisis social para proyectos de inversión agrícola y rural*. FAO: Roma, Italia.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2012. *Participatory rural appraisal (PRA) tool box*. FAO: Roma, Italia.

PART 3

Recomendando prácticas para la adaptación hídrica mediante un mejor manejo

3.1 INTRODUCCIÓN

En esta sección se comparten prácticas para mejorar tanto la productividad del agua como su manejo en sistemas agrícolas de secano.

3.1.1 Una nota para los agentes de campo que trabajan en extensión agrícola

Como un agente de campo que trabaja en extensión agrícola, usted ya sabe lo mucho que la agricultura varía de una aldea a otra y de una parcela a otra. No sólo hay diferencias en cuanto a lluvia, viento y temperatura de un lugar a otro, sino también hay diferentes suelos, malezas, plagas y enfermedades, al igual que diferentes combinaciones de cultivos, árboles y ganado; diferentes preferencias y precios de los alimentos en los mercados locales; y diferentes formas de hacer las numerosas tareas en una finca. Por eso, cuando se habla sobre cómo adaptar prácticas agrícolas para aprovechar las oportunidades que el cambio climático trae consigo y cómo reducir la vulnerabilidad, es probable que usted también sabe lo siguiente: no hay soluciones universales para ayudar a los agricultores a adaptarse al cambio climático.

Este manual se enfoca en cómo mejorar el manejo del agua y aumentar la productividad del agua para la adaptación al cambio climático. Será importante trabajar con las familias campesinas para modificar y probar las prácticas discutidas aquí y, de esta manera, identificar las soluciones que funcionan mejor en un área en particular. Las prácticas más apropiadas también pueden variar con el tiempo. Las prácticas discutidas en este manual para ayudar a los agricultores a adaptarse a los cambios en el tiempo combinan prácticas que mejoran el manejo del agua con prácticas que mejoran el manejo del suelo y de las plantas. Juntas, las prácticas pueden desencadenar todo el potencial de una finca para adaptarse ya sea a demasiada lluvia o a muy poca lluvia. Incluso entonces, el trabajo que realizan los agentes de campo con los agricultores en sus parcelas será influenciado por muchos otros factores: los precios de mercado, si la familia es dueña de la tierra que cultiva, el acceso de los miembros de la familia al ahorro o al crédito, el número de miembros de la familia que pueden trabajar la tierra, y si hay agua para riego o equipos para el riego si se necesitan.

El énfasis está en las maneras en que los pequeños agricultores—quienes a menudo son más vulnerables frente al cambio climático que los agricultores con más recursos—pueden adaptar sistemas agrícolas que dependen total o principalmente de las lluvias como fuente de agua. Estos sistemas agrícolas de secano pueden adaptarse a la escasez de agua utilizando prácticas para recolectar o captar, almacenar o retener, manejar y utilizar tanto la precipitación como el agua almacenada en el suelo (agua verde). Las prácticas incluyen un manejo más eficiente del agua de riego de fuentes como ríos, embalses y pozos (agua azul). Pero se hará énfasis en los sistemas que captan el agua de lluvia y en el manejo de los suelos para manejar el agua para uso por cultivos, árboles y forrajes. La manera en que los agricultores manejan sus cultivos y suelos influye en la medida en que los cultivos pueden cultivarse con el agua que tienen; es decir la productividad del agua. La capacidad de un cultivo para adaptarse al cambio climático, su resiliencia al mal tiempo y su capacidad para absorber agua mejoran cuando la calidad del suelo mejora.

La capacidad de un cultivo para adaptarse al cambio climático, su resiliencia al mal tiempo y su capacidad para absorber agua mejoran cuando la calidad del suelo mejora.

3.1.2 Principios orientadores para la adaptación por medio del manejo del agua

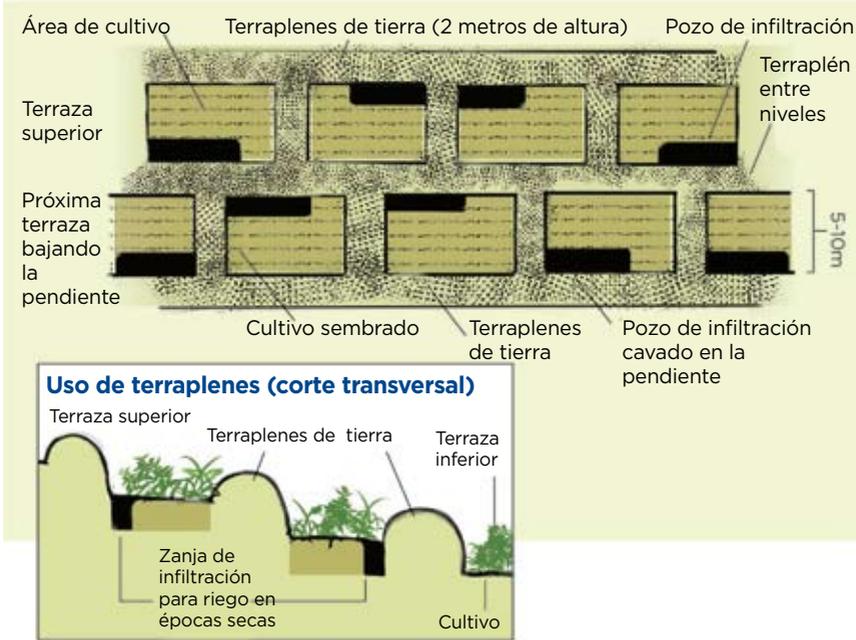
Cada manual de esta serie presentará algunos sencillos principios orientadores que, a diferencia de las prácticas, puede aplicarse de manera amplia. Tenga en cuenta estos principios orientadores cuando usted necesita modificar una práctica para adaptarla a la situación existente en un lugar determinado para un sistema agrícola específico.

Más cultivo por gota de lluvia: Cuando la lluvia es impredecible, cuando el aumento de las temperaturas incrementa la evaporación y cuando más personas comparten menos agua, los agricultores tendrán que hacer un uso más eficiente del agua dentro de sus cuencas y en las parcelas de sus fincas. Incluso en áreas con exceso de lluvia, pueden presentarse períodos secos o usos que compiten entre sí por el agua, lo que hace que el uso eficiente de este recurso sea un objetivo importante. Las prácticas presentadas en estos manuales sobre adaptación cubren el papel que desempeñan los suelos sanos en la conservación del agua, así como un uso del agua por cultivos, árboles y animales que busca conservar este recurso. Aplicadas sabiamente, estas prácticas agrícolas pueden aumentar la resiliencia agrícola tanto a la escasez como al exceso de agua cuando hay cambios en el tiempo.

Recolectarla donde cae: La lluvia puede venir en la cantidad correcta, o puede caer muy poca o en exceso. Los agricultores que pueden captar las aguas de lluvia en sus parcelas pueden mejorar la producción, mientras previenen problemas de inundaciones, deslizamientos de tierra y sedimentación en áreas más abajo en la cuenca. También están reduciendo su propio uso de fuentes de agua azul —ríos y aguas subterráneas—o protegiendo las fuentes de agua azul para beneficiar a vecinos o usuarios en las zonas más bajas de la cuenca hidrográfica.

Figura 6: Uso de terraplenes que muestran pozos de infiltración como se usa en la India

Uso de terraplenes (vista panorámica)



Los agricultores de la zona semiárida del Sahel, en el norte de África, construyen muros de piedra (caballones levantados o bancos de piedras), a menudo en tierras casi planas, para frenar el flujo de agua en la superficie y atrapar las aguas lluvias. En Asia en terrenos con pendiente, los agricultores comúnmente construyen terrazas o hacen cortes en una pendiente para aplanar un área de tamaño de una parcela y luego la rodean con lomos de tierra (crestas permanentes elaboradas con suelos con un contenido de arcilla de 20 por ciento o más) para atrapar la lluvia dentro de la parcela. Los agricultores a menudo cavan zanjas de infiltración dentro de cada parcela provista de lomos para riego suplementario. Cuando estas zanjas se encuentran dispersas entre muchas parcelas, el agua en exceso se filtra a través del perfil y se puede recargar el agua subterránea de manera uniforme en todo el paisaje.

Es posible que escuche otras frases respecto a este principio, como **frénela, extiéndela, húndala y haga caminar el agua cuesta abajo**. Entre más pronunciada sea la pendiente, más cercanas deben estar las barreras de contorno entre sí y, en zonas de tormentas extremas, las barreras deben ser fuertes y/o altas. Estas barreras atraviesan la pendiente para frenar la escorrentía y aumentar la infiltración.

Figura 7: anja de contorno o zanja de infiltración

Manejar los suelos para manejar el agua: Suelos sanos con alto contenido de materia orgánica, diversos organismos del suelo, buena estructura y una capa arable robusta absorberán fácilmente las aguas de lluvia, almacenándolas en la zona radical para ser absorbidas por las plantas durante periodos secos. Durante lluvias fuertes, este tipo de suelos también drena el agua en exceso y recarga los acuíferos mediante percolación de la humedad del suelo a través del perfil. Esto puede parecer paradójico, pero un alto contenido de materia orgánica sirve como reservorio del agua en suelos arenosos y mejora el drenaje en suelos arcillosos. La materia orgánica mejora la estructura del suelo en un suelo arcilloso mediante la floculación o aglutinación de partículas de arcilla para formar agregados del suelo. Esta agregación proporciona vías para el crecimiento de la raíz, al igual que drenaje y aireación cuando el suelo está húmedo. La materia orgánica también sirve de alimento para organismos del suelo y macrofauna, como lombrices y termitas, para una mayor actividad biológica, lo que mejora aún más la estructura del suelo, creando canales y poros en el suelo para el agua y el aire. Además, se pueden utilizar enmiendas del suelo, tales como cal (carbonato de calcio) o yeso (sulfato de calcio) en suelos ácidos para flocular la arcilla, mejorar el drenaje y evitar el anegamiento.

Aunque se necesita tiempo para reconstruir suelos degradados mediante el aumento de la materia orgánica del suelo a niveles que mejoren la fertilidad y la estructura, los agricultores pueden aumentar la humedad del suelo muy rápidamente cambiando las prácticas de labranza, asegurándose de mantener el suelo cubierto de vegetación o con rastrojos, y la implementación de prácticas para aumentar la infiltración de agua. Un recurso importante que no se ha aprovechado para mejorar la adaptación en la agricultura de secano es una serie de prácticas para mejorar la retención de humedad del suelo. (Ver las prácticas en este manual, *Manual de Bolsillo 3*, y en el *Manual de Bolsillo 4: Manejo de Suelos*.)

Analizar los aspectos económicos de la productividad del agua - En lugares donde escasea el agua, los agricultores pueden seleccionar cultivos con base en el valor económico por unidad de agua y no con base en el rendimiento de los cultivos por unidad de agua. Por ejemplo, los agricultores pueden cultivar habas con un retorno de US\$0,09 por metro cúbico de agua utilizado o cebollas con un retorno de US\$0,30 por metro cúbico de agua. Esta diferencia en el valor de los cultivos por unidad de agua puede ser un incentivo más fuerte para el cambio que la productividad física del agua. La productividad económica del agua puede servir como poderosa motivación para animar a los agricultores a realizar cambios en los cultivos que siembran, reasignar el uso del agua y practicar la conservación del agua.

3.1.3 Mejorando la productividad del agua: Cultivar más alimentos con menos lluvia o lluvias intensas

Las prácticas que se describen en este manual al igual que en los otros manuales buscan aumentar la productividad del agua en la agricultura de secano y de regadío. Estas prácticas incluyen:

1. Recolección, almacenamiento, abastecimiento y aplicación de agua en pequeña escala, especialmente mediante:
 - El aumento tanto de la infiltración de agua lluvia en el suelo como de la retención de agua para cultivos mediante la reducción de las pérdidas de agua por escorrentía.
 - La disminución de la pérdida de agua de la superficie del suelo mediante evaporación.
2. Manejo de la fertilidad del suelo para fortalecer las plantas y mejorar la absorción de agua.
3. Prácticas como labranza mínima y uso de riego por goteo para conservar agua.
4. Prácticas para reducir las pérdidas de biomasa, tales como uso de prácticas de manejo de cultivos y variedades de cultivos tolerantes a la sequía y/o resistentes a plagas, enfermedades y acame por viento o por suelos húmedos.
5. Sistemas de captación, desvío y almacenamiento del agua en exceso para su uso posterior cuando el cambio climático conduce a períodos de lluvia excesiva en períodos de tiempo muy cortos. Usted también necesitará prácticas para mitigar el impacto de las tormentas y proteger los cultivos de toda su fuerza al igual que de las inundaciones. Dichas prácticas incluyen las siguientes:
 - Captar y transferir agua en el sitio:
 - Sistemas de captación de agua de lluvia en techo.
 - Barreras de contorno en laderas para detener la escorrentía.
 - Lomos de tierra en curvas de nivel (una cresta o talud levantado) sembrados con vegetación perenne y contruidos con desagües (partes ligeramente más bajas del lomo en curva de nivel que permiten la salida del agua en exceso) para evitar daños al lomo y desviar el agua en exceso hacia otros campos, zanjas de infiltración y estanques u otros almacenamientos de agua.
 - Mejorar la infiltración del suelo para detener la escorrentía mediante el uso de cultivos de cobertura vegetal, barreras de contorno o sistemas mixtos de árboles-cultivos.

- Cambiar las fechas de siembra o seleccionar variedades o cultivos, como arroz, bambú y caña de azúcar, que son resistentes a inundaciones (véase también el *Manual de Bolsillo 2: Manejo de Cultivos*).
- Usar como forraje para el ganado las hojas y vainas del árbol de goma arábiga (*Acacia nilotica*), que tolera inundaciones estacionales, quemas y pastoreo normal. Nota: En algunas áreas, este árbol es considerada como especie invasora.
- Usar pasto de Napier o pasto elefante (*Pennisetum purpureum*), un cultivo forrajero que no solo tolera inundaciones, bajas cantidades de agua y suelos infértiles, sino que también soporta el pastoreo intensivo y sirve como barrera contra el viento y como cortafuegos. También se utiliza para estabilizar lomos o diques de tierra que pueden atrapar aguas de inundación.
- Cambiar la estructura (arquitectura) de siembra, usando montículos, camellones, surcos profundos o camas de siembra elevadas.
- En zonas degradadas y vulnerables de la cuenca, trabajar con las comunidades para que éstas permiten o apoyen activamente la regeneración natural de la vegetación mediante el control del pastoreo, el cercamiento o el uso de la modalidad de crear en el terreno pequeñas depresiones continuas que permiten contener suelo y agua de lluvia para semillas en germinación ya existentes o agregadas, llamada—imprinting— o estampado/microrelieve de terrenos (*Sección 3.3.7*).

3.1.4 Reglas básicas para el manejo del agua

Hay dos prácticas que muchos agricultores tendrán que cambiar para tener éxito en la adaptación al cambio climático. Estos cambios pueden significar la adopción o el desarrollo de nuevas formas de manejo de la tierra:

Nada de quemas: Los pequeños agricultores suelen practicar quemas para limpiar los campos, controlar insectos y enfermedades, o mejorar la calidad de las tierras de pastoreo. Estas son razones importantes. Pero el realizar quemas todos los años anulará muchas de las ganancias que se describen en este manual que pueden ayudar a los agricultores a adaptarse al cambio climático. Las quemas aceleran la pérdida de humedad del suelo, ya que destruyen la capa protectora de residuos vegetales sobre la superficie del suelo. También matan a importantes microorganismos del suelo que descomponen los residuos de cultivos en nutrientes del suelo, tales como el nitrógeno y el fósforo, y disminuyen la cantidad de materia orgánica que retorna al suelo. Con el tiempo, las quemas son muy perjudiciales para el suelo y disminuyen su capacidad para retener agua y nutrientes. Si se continúa con la práctica de quemas en tierras agrícolas, aumentará la vulnerabilidad de los agricultores frente al cambio climático y se contribuirá a la pérdida de buenas tierras para la agricultura.

Asegúrese de entender por qué los agricultores realizan quemas en sus campos. Eso le ayudará a identificar prácticas alternas. Si los agricultores están realizando quemas para mejorar los pastizales, explore si el uso de líneas clave (*Sección 3.4.3*) o zanjas de contorno (*Sección 3.3.7*) u otra práctica mejoraría la productividad de manera que no sería necesario realizar quemas.

Medidas drásticas

A comienzos de la década de 2000, un sacerdote jesuita, el padre Crispino, que trabajaba en una zona rural degradada de Maharashtra, India, se negó a apoyar las actividades agrícolas que realizaba la comunidad a menos que sus miembros primero se comprometían a acatar dos reglas: decir no a las quemadas y no al pastoreo libre. La primera capacitación que el padre Crispino realizó fue sobre cómo elaborar un mapa de la aldea para que la gente pudiera tomar, entre todos, decisiones sabias sobre el uso de la tierra, es decir dónde sembrar los cultivos, dónde dejar bosques y dónde guardar los animales. En la segunda capacitación, él mostró cómo mejorar los pastizales para pastoreo rotacional y cómo producir forraje para el ganado para que los agricultores pudieran cortar y acarrear alimento para sus animales desde una parcela en la finca a los animales atados o encerrados. Sólo entonces su equipo de agentes de extensión capacitó a la comunidad en la agricultura de contorno (*Sección 3.2.4*), sembrando nuevos árboles y arbustos en los lomos (*Secciones 3.3.1 y 3.3.2*). Con el pastoreo controlado y la prohibición de quemadas, estas nuevas siembras sobrevivieron. Ahora se cultivan abundantes cultivos en los terrenos con pendiente de la aldea, entre los anillos de las zanjas de infiltración y las barreras vivas alrededor de las laderas, mientras que el ganado, que goza de buenas condiciones de salud, pastorea en tierras apartadas especialmente para ese fin.

Fuente: Lobo, C. Date unknown. *Songaon decides to change*. Watershed Organisation Trust: Ahmednagar, Maharashtra, India.



Proteger los residuos del cultivo: En casi todas las áreas del trópico, pero sobre todo en las zonas donde no hay suficiente agua para los cultivos, donde los suelos son pobres o donde hay poca arcilla en el suelo, los agricultores que dejan parte o la totalidad de los residuos del cultivo anterior en la superficie del suelo pueden reducir las pérdidas de humedad del suelo y retardar el secado del suelo por el viento y el sol. La mayor humedad del suelo reduce la temperatura de la superficie del suelo y mejora la germinación de la semilla. También mejora la absorción de nutrientes y agua por las plantas. Durante las lluvias, los residuos de cultivos reducirán la erosión causada por la salpicadura de las gotas de agua, reducirá el encostramiento del suelo y mejorará las propiedades del suelo que aumentan la infiltración de agua en el suelo. El uso de los residuos de cultivos es uno de los métodos más eficaces y menos costosos a disposición de los agricultores para proteger sus suelos.

Pero hay un problema. Los residuos de cultivos también pueden utilizarse como alimento para los animales en la estación seca, como combustible para cocinar o calefacción, y como material para techos de paja o de construcción. Los agentes de extensión deben trabajar con las familias campesinas para encontrar alternativas a los múltiples usos de los residuos de cultivos para que éstos puedan ser protegidos para la cobertura del suelo. Esto es esencial para mejorar el manejo del agua y la adaptación a cambios en el tiempo.

Recursos

Catholic Relief Services. 2014. *Introduction to the five skills for rural development: guide to the multiple skills approach*. Catholic Relief Services: Baltimore, Maryland, Estados Unidos.

3.2 PRÁCTICAS AGRONÓMICAS PARA EL MANEJO MEJORADO DEL AGUA

3.2.1 Labranza mínima o cero labranza

La labranza mínima o cero labranza es la práctica de sembrar cultivos de año en año con poca o ninguna perturbación del suelo por arado o labores de labranza. Esta práctica se utiliza más frecuentemente en áreas de alta producción mecanizada, pero también es útil en parcelas con pendiente, ya que disminuye la necesidad de terrazas u otras barreras. Junto con un rastrojo de residuos de cultivos que sirve de cobertura, la cero labranza protege el suelo de la erosión, la evaporación del agua y la descomposición de la estructura del suelo. Mejora la fertilidad del suelo, ayudando a retener la materia orgánica y los nutrientes. De esta manera, también reduce la vulnerabilidad de los cultivos frente al tiempo seco y el tiempo excesivamente húmedo.

Desafíos para la cero labranza: En áreas con muy poca humedad, los agricultores deben aumentar el espaciamiento entre plantas para evitar que las plantas compitan entre sí. Puede ser difícil crecer suficiente vegetación para proporcionar una cobertura del suelo, sobre todo cuando se utilizan los residuos de cultivos como alimento para animales. Puede ser difícil realizar siembras de cero labranza utilizando sembradoras tiradas por bueyes y puede ser necesario usar más bien una sembradora a golpe tipo manual. En los primeros años de cero labranza, los agricultores se enfrentan a un aumento de malezas hasta que hayan suficientes residuos de cultivos para cubrir la superficie del suelo y suprimirlas. Hasta ese momento, puede que sea necesario que los agricultores apliquen un herbicida para controlar las malezas.

3.2.2 Densidad de siembra

En zonas donde la lluvia es poca o los suelos degradados o arenosos tienen poca capacidad de retención de agua, los agricultores pueden espaciar las semillas con más distancia entre ellas para mejorar la productividad del agua y evitar la competencia por los escasos recursos hídricos. Sin embargo, en sitios con suficiente agua en el suelo, sembrar las semillas más cercanas entre sí (aumento de la densidad de plantas) aumentará la cantidad de biomasa que se produce, al igual que el rendimiento y la cantidad de cultivos por unidad de agua. El espaciamiento cercano significa que la cubierta del cultivo es más densa, la evaporación del suelo disminuye y parte del agua ahorrada es utilizado en la transpiración para el crecimiento de la planta.

El ajuste de la densidad de siembra es una manera fácil para maximizar la productividad del agua, pero la densidad óptima variará dependiendo de la localidad, el suelo y el cultivo. Pregunte a los agricultores acerca del espaciamiento que usan entre plantas. Es posible que ya utilicen diferentes densidades de siembra en suelos diferentes o con cultivos diferentes. También puede determinar la densidad óptima mediante la experimentación en campos de agricultores. Siembre el mismo cultivo a diferentes densidades de siembra y compare los resultados de rendimiento, tomando en cuenta la cantidad de lluvia que cae durante el crecimiento del cultivo. Puede ser necesario repetir estos experimentos o ensayos durante varios años para ver los resultados de diferentes densidades en años más húmedos o más secos. También

La densidad de siembra óptima variará dependiendo de la localidad, el suelo y el cultivo.

puede consultar a una universidad o entidad de investigación local para obtener información que le pueda ser de utilidad.

También es posible que desee probar una práctica de siembra tradicional. Algunos agricultores resiembran sus campos y posteriormente entresacan plantas hasta alcanzar una población de plantas que coincide con las cantidades de lluvia. Esta es una manera flexible para adaptarse a un clima incierto y aún maximizar la productividad del agua. Algunos agricultores de la India que viven en zonas donde la lluvia varía entre escasez y sobreabundancia siguen una práctica tradicional de siembra al voleo de una mezcla de semillas de cinco cultivos, algunos granos y algunas leguminosas. Algunos crecen bien en condiciones húmedas, algunos en condiciones secas. El tiempo es lo que decide qué cultivos crecen cada año.

Desafíos de la densidad de siembra: Sembrar semillas adicionales que luego no crecen tiene un costo. Asimismo, recuerde que al ajustar la densidad de siembra, se necesitan otras prácticas para asegurarse de que haya suficiente agua en el suelo o agua de riego disponible para las etapas críticas de crecimiento del cultivo. Cada cultivo tiene sus propias etapas críticas, y esta información debe estar disponible en el Ministerio de Agricultura, una universidad o en la Internet. Una distancia de siembra más cercana también ejerce mayores demandas sobre la fertilidad del suelo para satisfacer las necesidades de nutrición de las plantas y puede ser necesario aumentar las aplicaciones de fertilizantes.

3.2.3 Fertilizantes orgánicos

Los fertilizantes orgánicos aumentan la productividad del agua en fincas de secano. Estimulan el crecimiento del cultivo y la producción de raíces (materia orgánica en el suelo). Esto aumenta la capacidad de retención de agua del suelo, reduce el estrés temporal de humedad en las plantas, mejora la estructura del suelo y evita la erosión de la rica capa arable. Los fertilizantes orgánicos están elaborados con material de origen animal o vegetal como compostaje, hojas, residuos de cultivos en descomposición, abono verde rico en nitrógeno (leguminosas), estiércol y lombricompost. Los fertilizantes orgánicos también incluyen fertilizantes líquidos elaborados y fermentados en la finca. Ver también *Manual de Bolsillo 2: Manejo de Cultivos*.

Los fertilizantes orgánicos movilizan los nutrientes existentes del suelo para el buen crecimiento de los cultivos y liberan nutrientes a un ritmo más lento y más consistente que los fertilizantes inorgánicos comerciales. Ayudan a evitar el patrón de “abundancia y escasez”, que ocurre cuando los agricultores aplican fertilizantes inorgánicos comerciales. Una combinación de fertilizante orgánico complementado con fertilizante inorgánico da buenos resultados en términos de costos, mejoramiento de suelos, rendimientos y productividad del agua.

Desafío de los fertilizantes orgánicos: La producción y aplicación de fertilizante orgánico, aunque menos costoso que fertilizante comercial, requieren más mano de obra a nivel de la finca. Además, el fertilizante orgánico puede ser más difícil de transportar. La composición de los fertilizantes orgánicos tiende a ser más compleja y variable que un producto inorgánico estándar de NPK (nitrógeno-fósforo-potasio), lo que hace que el manejo de la fertilidad sea menos precisa. Puede ser que los agricultores no tengan acceso a los materiales necesarios para producir fertilizantes orgánicos, y muchos prefieren la facilidad y precisión de los fertilizantes comerciales.

3.2.4 Agricultura de contorno

La agricultura de contorno se puede utilizar en terrenos con pendiente para sembrar y manejar cultivos a lo largo del contorno. Puede prevenir o controlar la erosión y la escorrentía, y almacena el agua en el mismo sitio para uso por cultivos, pastizales y árboles.

Figura 8: Siembra en curvas de nivel



Cuando se siembra en curvas de nivel, se siembra a lo largo de la misma elevación a través de la pendiente en ángulo recto con el flujo de la escorrentía (perpendicular a la línea de pendiente). Esto ahorra agua de lluvia y reduce la erosión, especialmente cuando se combina con la excavación de zanjas de infiltración en curvas de nivel y el mantenimiento de la cobertura de residuos de cultivos o la siembra de cultivos de cobertura (véase también *Zanjas de contorno* más adelante en el Manual). En este tipo de agricultura, usted observará que las hileras de cultivos, las curvas de nivel y las zanjas de infiltración todos actúan como pequeños reservorios para captar y retener la lluvia. Estos mejoran la infiltración y promueven una distribución uniforme del agua sobre el campo de cultivo.

Recursos

Ashby, J.A., A.R. Braun, T. Gracia, M.P. Guerrero, L.A. Hernandez, C.A. Quiros & J.I. Roa. 2001. *Investing in farmers as researchers: Experience with local agricultural research Committees in Latin America*. CIAT Publication No. 318. CIAT: Cali, Colombia.

3.3 MANEJO DEL AGUA SUPERFICIAL Y DE LOS RECURSOS DE AGUA DEL SUELO

Además de las prácticas agronómicas indicadas en la sección anterior, las estructuras físicas y las prácticas vegetativas en el campo y paisaje también pueden cosechar agua para mejorar el manejo de este recurso. Millones de familias campesinas tienen menos agua de la que necesitan —es decir, tienen déficit del agua— durante parte del año. La captación y el almacenamiento de la mayor cantidad de agua de lluvia como sea posible, cerca de donde cae, ayudará a estas familias a soportar períodos de tiempo seco. Una forma de lograrlo es construyendo estructuras físicas en la finca que hacen que la finca dependa menos de las aguas subterráneas y aumente el almacenamiento de agua en el suelo. Estas estructuras físicas incluyen terraplenes o lomos, trincheras de contorno o zanjas de infiltración, barreras de piedra en curvas de nivel, terrazas y canales de drenaje. Estas prácticas cambian el perfil de la pendiente y dividen una pendiente larga en varias más cortas, reduciendo de esta manera la cantidad y la velocidad de la escorrentía superficial al igual que la cantidad de daño que dicha escorrentía puede causar en épocas de fuertes lluvias.

Desafío de las estructuras físicas: Requieren de mucha mano de obra para instalar y, con el tiempo, recogen sedimento y necesitan, por lo tanto, un mantenimiento regular durante la estación seca. Pero constituyen una parte importante de las prácticas de conservación de agua y suelos, especialmente en áreas que presencian lluvias torrenciales y períodos prolongados de tiempo seco, por ejemplo las tierras altas de Asia, África Occidental y América Central.

3.3.1 Zanjas de contorno (trincheras de contorno, zanjas de infiltración)

Las zanjas de contorno son zanjas que se extienden a lo largo del contorno del terreno para captar las aguas de lluvia. Ayudan a los agricultores a adaptarse al tiempo que puede cambiar radicalmente de poca o ninguna lluvia a lluvias fuertes que erosionan el suelo. Las zanjas reducen la velocidad del agua que se mueve por el terreno o por una pendiente, lo que le permite infiltrarse hacia abajo y hacia los lados, alimentando las plantas durante los períodos secos y recargando las aguas

subterráneas. Parte del agua puede filtrarse hacia las aguas subterráneas que abastecen los pozos. Las zanjas de contorno atrapan suelo de la capa arable en la parcela agrícola y pueden ser utilizadas dentro de un campo nivelado para captar aguas de lluvias fuertes, pero ocasionales. Cuando se excavan pequeñas zanjas cerca de las casas, éstas proporcionan humedad para árboles y huertos.

Estas zanjas pueden cavarse en un terreno que es inclinado y escarpado o en terreno que es casi nivelado. Sin embargo, si el suelo tiene una alta proporción de arena, los niveles de infiltración ya son elevados y las zanjas son innecesarias. En este caso, es más apropiado usar barreras vivas en curvas de nivel (véase *Barreras vivas*, página 54).

¿Prácticas perfectas?

En parcelas de ladera en el oeste de Guatemala, un grupo de extensionistas agrícolas enseñó a los agricultores cómo cavar zanjas a lo largo del contorno para atrapar y almacenar agua de lluvia para las plantas localizadas directamente cuesta arriba y cuesta abajo de las zanjas. Estos agentes de campo bien intencionados estaban tan convencidos del valor de esta práctica para la agricultura de ladera que la promovieron con todos los agricultores en todo tipo de suelos. Los agricultores cuyas tierras tenían un alto contenido de arena vieron que sus zanjas de infiltración no lograban retener el agua. En cambio, drenaban rápidamente y colapsaban después de algunos eventos de lluvia. Sin embargo, los agricultores cavaban nuevamente sus zanjas para recibir los paquetes de alimentos que se daban a quienes mantenían las zanjas. Una agricultora local de mediana edad, segura de sí misma, escuchó las quejas de sus vecinos y mostró a los agentes de campo lo que le habían enseñado: cuando se trataba de suelos arenosos, en vez de cavar zanjas, era mejor sembrar una hilera de caña de azúcar a lo largo del contorno. Ella también usaba un seto de pastos, y sus barreras vivas detenían la erosión, captaban agua para las raíces de las plantas y agregaban materia orgánica al suelo. Con el tiempo, sus suelos arenosos se habían vuelto más fértiles, con mayor capacidad para retener el agua. Esto ilustra la importancia de conocer la opinión de los agricultores locales sobre el desempeño de las nuevas prácticas antes de pasarse a la promoción generalizada.

Fuente: Burpee, G. & K. Wilson. 2004. *The resilient family farm: Supporting agricultural development and rural economic growth*. ITDG Publishing: Warwickshire, UK.

Cómo construir zanjas de contorno: No hay reglas establecidas sobre dónde y cómo instalar una zanja de contorno. Un buen lugar para comenzar es observar el paisaje desde arriba hacia abajo. Salga con familias campesinas durante una tormenta y estudie los flujos naturales del agua: ¿Dónde se acumula? ¿Con qué rapidez se mueve? ¿En qué dirección fluye? Una vez que usted conoce por dónde fluye el agua, podrá determinar dónde se necesitan zanjas de contorno para reducir la velocidad del flujo o redirigirlo.

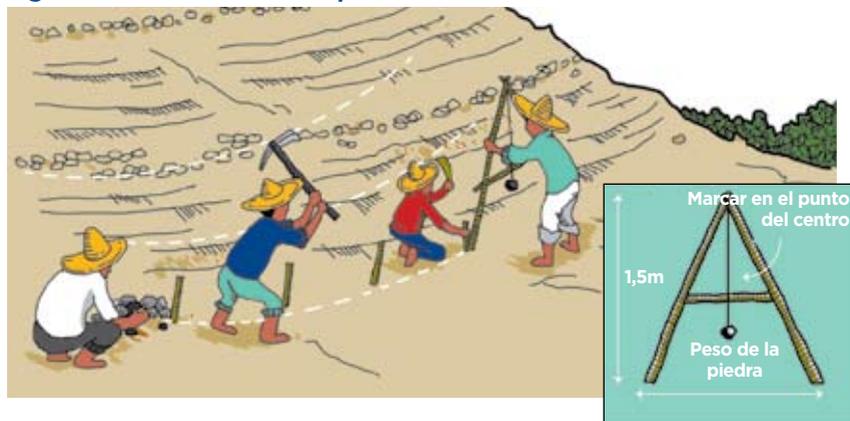
Trabaje con las familias campesinas y con los miembros de la comunidad para diseñar un mapa del paisaje que muestre dónde se construirán las zanjas de contorno. Apoye a los agricultores para que sean creativos. La comunidad tiene la capacidad de diseñar un paisaje productivo y hermoso que pasará a futuras generaciones. Las zanjas de contorno suelen ser más eficaces cuando son planificadas a nivel de paisaje en vez de

planificarlas para un campo o parcela individual. En las áreas donde las parcelas son pequeñas y los agricultores tienen campos en los puntos más altos o más bajos de la pendiente, las decisiones y acciones colectivas traerán mayores beneficios a todos en comparación con las acciones individuales (véase la *Parte 4* de este manual para obtener más información).

Para construir una zanja de contorno, utilice una herramienta de levantamiento topográfico como un nivel A. Usted necesitará palos para usarlos como marcadores del terreno, al igual que una pala, un pico u otra herramienta para cavar. Se puede armar un nivel A utilizando tres piezas de madera clavadas juntas en forma de A, con una línea de plomada (un peso, por ejemplo una piedra pequeña, atado a una cuerda) que cuelga por el medio desde de la punta superior.¹

Observe el área donde se cavará la zanja y limpie el sitio de cualquier planta. Comenzando en un extremo, utilice el nivel A para ubicar la línea de curva de nivel de 0 grados (cuando la cuerda y la piedra cuelgan por la mitad del nivel A). Marque los dos puntos donde las patas del nivel A tocan el suelo. Manteniendo una pata del nivel A en el suelo para marcar la posición actual, gire el nivel para encontrar la siguiente posición en la curva de nivel (donde la línea de plomada, o la cuerda y la piedra cuelgan por el medio del nivel) y marque el nuevo punto en el suelo. Continúe localizando y marcando puntos de contorno hasta que haya alcanzado el punto en que la zanja terminará.

Figura 9: Uso de un nivel A para marcar el contorno



Luego, cave la tierra directamente por debajo de la línea de contorno marcado. En las pendientes más empinadas, cave las zanjas muy juntas (de 1 a 2 metros); en pendientes moderadas o leves, las zanjas pueden hacerse más separadas (de 3 a 10 metros). En general, las zanjas de contorno tienen 50 cm de ancho en pendientes empinadas y 1 metro de ancho en pendientes suaves. La anchura de la zanja depende de tres factores: pendiente, cantidad de lluvia y cultivo. En el caso de hortalizas, las zanjas deben ser más estrechas y, en el caso de árboles, más anchas. Comience por cavar zanjas de unos 30 cm de profundidad en pendientes pronunciadas y 50 cm de profundidad en pendientes suaves, y vaya ajustando según sea necesario con base en las condiciones locales.

1. Para un video instructivo sobre cómo construir y utilizar un nivel A, véase, [Build and Calibrate an A-frame](#).

Las zanjas de contorno en pendientes pronunciadas y muy empinadas (pendientes de más de 26%) deben ser cavadas dejando muy poco espacio entre sí; es decir, hay poco espacio para un cultivo. El uso más apropiado de la tierra en pendientes es para bosques, cultivos arbóreos o agrosilvicultura. No se recomienda sembrar cultivos. Las pautas que se dan en el siguiente cuadro solamente son estimaciones generales, para ser utilizadas a manera de sugerencia inicial y modificadas para adaptarse a las condiciones locales. El tamaño de las zanjas puede variar dependiendo de factores como:

- Topografía (nivelada o con colinas)
- Pendiente (plana a escarpada)
- Textura del suelo (la combinación de arena, limo y arcilla afecta el drenaje y la forma de la zanja; suelos con mayor contenido de arena son menos estables en cuanto a mantener la forma de la zanja)
- Precipitación (duración de las tormentas, cantidad y velocidad del agua)
- Ubicación de la capa freática (distancia por debajo de la superficie del suelo)
- Humedad del suelo al inicio de las lluvias
- Si hay un terraplén (o lomo, berma o dique) al lado y cuesta abajo de la zanja y si el terraplén está cubierto por vegetación

Tabla 1: Sugerecias generales respecto a la distancia entre zanjas de contorno (distancia en la superficie entre zanjas y longitud máxima de zanja)

Pendiente (%)	Cultivo anual		Cultivo perenne o pastizal	
	Distancia (m)	Longitud máxím (m)	Distancia (m)	Longitud máxím (m)
2	42,0	90		
4	25,0	120		
6	19,3	160		
8	16,6	200		
10	14,9	260	40,2	140
12-14	13,4	290	33,5-28,9	140
16	11,4	340	25,3	160
18	10,2	380	25,0	180
20	9,2	420	24,0	200
22	8,4	470	23,2	200
24-26	7,4	500	20,6	215
28-30	6,5	500	19,2	220
32-34	No recomendado		18,6	225
36-38	No recomendado		17,3	230
40	No recomendado		16,2	230

Adaptado de: Crozier, C. 1986. *Soil conservation techniques of hillside farms*. Peace Corps: Washington, DC, Estados Unidos y Suarez de Castro, F. 1980. *Conservación de Suelos. Serie Libros y Materiales Educativos No. 37*. IICA (Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas): San Jose, Costa Rica.

Tamaño de las zanjas de contorno

- Para pendientes fuertes (13% o más), cave las zanjas con menos distancia entre ellas, a unos 30 cm de profundidad y con una anchura de 50-100 cm. Haga ajustes según las condiciones locales. Comience con lomos por debajo de la zanja con una altura de 15 cm y ancho de 60 cm.
- En pendientes suaves a moderadas (0-12%), comience cavando el suelo a 40-50 cm de profundidad y 1-3 metros de ancho. Comience con un lomo por debajo de la zanja con una altura de unos 50 cm y 1-2 metros de ancho. Haga ajustes según sea necesario.

Utilice el suelo que removió al cavar las zanjas para formar una berma (saliente estrecha) o lomo en el borde por debajo de la zanja. La berma puede sembrarse con vegetación permanente (pastos nativos, arbustos, árboles) para estabilizar el suelo, y las raíces y follaje atraparán cualquier sedimento que se desborda de la zanja bajo lluvia intensa. Con el tiempo se va formando terrazas con una ligera pendiente.

El agua siempre encontrará el camino de menor resistencia.

Las zanjas de contorno pueden reducir la velocidad de flujo del agua hasta que se quede quieta cuando están diseñadas para estar al mismo nivel en toda la base. De esta manera, evitan la erosión y permiten la infiltración del suelo cercano con agua. Puede ser un reto hacerlas planas en la base y niveladas a todo lo largo. Se puede medir la profundidad de la zanja, adicionado tierra a las partes profundas para que tenga una profundidad pareja, constante. Otro método es esperar hasta que caiga la primera lluvia, observar por dónde fluye

Tips for contour ditches

1. Asegúrese de medir y marcar la línea de contorno antes de empezar a cavar.
2. En las zonas donde las lluvias son intensas, entre más alta sea la berma, mejor. Puede comenzar con una capa de rocas, tallos de cultivos o ramas leñosas en la base de la berma para aumentar la altura, así como la retención de agua, la aireación del suelo y el espacio de enraizamiento en la berma.
3. Sembrar cultivos de cobertura en la berma ayudará a mantener la estructura del suelo, prevenir la erosión y adicionar nutrientes. Algunos ejemplos son frijol terciopelo (*Mucuna deeringiana*), frijol lablab (*Lablab purpureus*), frijol tépari (*Phaseolus acutifolius*) y canavalia o frijol espada (*Canavalia ensiformis*). Los tres últimos toleran tiempo seco.
4. En la estación de lluvias, tendrán un buen desempeño las plantas amantes del agua que se siembran cerca de la parte inferior de la berma, tales como hierba limón (*Cymbopogon citratus*), taro (*Colocasia esculenta*) o malanga (*Colocasia antiquorum*). Una opción para sembrar por encima de la berma son las hortalizas con alto valor de mercado.
5. En la estación seca, utilice la base de la zanja de contorno para sembrar las mismas hortalizas. Utilice la parte superior de la berma para sembrar cultivos que crecen con menos agua, como la yuca.
6. Cuando las zanjas se extienden a través de parcelas que pertenecen a diferentes familias, es una buena idea trabajar mancomunados con los vecinos para planificar y construir las zanjas.

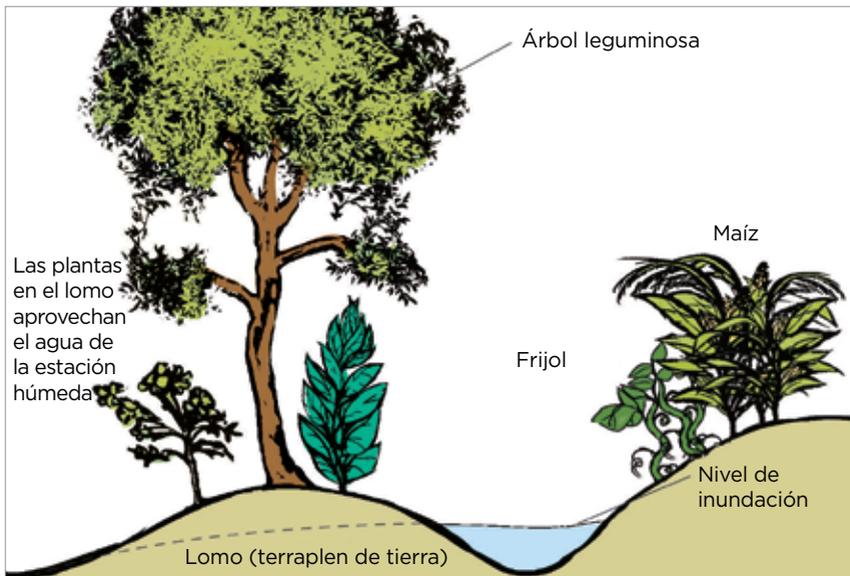
el agua y ajustar la profundidad de la zanja adicionando tierra en las áreas más profundas. Una vez que esto se haya hecho, puede rellenar la zanja con cualquier cosa que permite la filtración del agua: hojas, tallos, material leñoso o compostaje. O se puede dejar la zanja vacía para facilitar el mantenimiento (re-cavar) o para la siembra durante la estación seca.

Las zanjas de contorno se llenarán de agua cuando las lluvias son fuertes y se necesitará de una “válvula de alivio” para drenar el agua en exceso y evitar que se erosione la berma. La válvula de alivio, o desagüe, es una serie de segmentos ligeramente más bajos de la berma, badenes en la berma espaciados a una distancia de cada 3 a 10 metros, dependiendo de que tan uniformemente fueron construidas la berma y la zanja. Los desagües pueden conducir a lagunas, depresiones, otras zanjas de contorno u otro campo. Si los agricultores tienen acceso a un animal de tracción o arado, también se pueden hacer zanjas de contorno en los pastizales con el arado para mantener a los pastizales verdes después de finales de la estación de lluvias.

3.3.2 Zanjas de contorno con barreras vivas

Al sembrar árboles, pastos o cultivos en las bermas cuesta arriba de las zanjas de contorno, usted puede aprovechar la humedad adicional del suelo. Las raíces de las plantas también ayudarán a fortalecer la estructura del suelo y evitar que se erosione la berma o que el agua la arrastre. Las plantas agregan materia orgánica que, con el tiempo, va a crear una capa arable.

Figura 10: Zanja de infiltración y barrera viva



Adaptada de *Introduction to Permaculture* (Mollison & Slay 1991)

En las áreas donde las laderas se encuentran muy erosionadas, las zanjas de contorno con barreras vivas pueden sanar la tierra, mientras se siembran árboles y plantas que sirven de alimento para humanos y animales. Después de cavar varias zanjas de contorno, siembre plantas de rápido crecimiento, resistentes a la sequía al igual que leguminosas como el frijol para rápidamente fortalecer la fertilidad del suelo y mantener la humedad. Si usted poda y quita el exceso de follaje, estará agregando material orgánico adicional al suelo como abono orgánico (ver *Rastrojo*, página 58). Cuando la fertilidad del suelo aumenta después de un par de años (la presencia de termitas o gusanos es una buena señal de la fertilidad del suelo), se pueden sembrar árboles, plantas perennes (arbustos) y cultivos anuales (hortalizas, frijol, granos) en las bermas de contorno.

Consejos prácticos para las barreras vivas

- Utilice barreras vivas en el contorno de áreas de alto riesgo de erosión hídrica o eólica.
- Utilice barreras vivas en suelos arenosos para reducir la erosión y estabilizar una pendiente.
- Utilice barreras vivas a lo largo de las zanjas de contorno.
- Siembre barreras vivas con especies que tienen más de un uso.



Recursos

Burnett, G. 2000. *Permaculture: A beginner's guide*. Land and Liberty Press: Essex, UK.

3.3.3 Barreras de piedra (barreras muertas, muros de piedra)

Cuando los suelos se encuentran demasiado secos, compactados o degradados, puede ser imposible cavar una zanja de contorno. Así que los agricultores pueden construir una barrera de piedra a lo largo del contorno, sin una zanja.

Cómo construir una barrera de piedra: Marque la línea de contorno tal como se describió anteriormente (véase *Zanjas de contorno*, página 34). Construye un muro bajo de piedras, alrededor de 0,5 a 1 metro de alto, a lo largo de la línea de contorno de un área de cultivo o ladera. Los agricultores pueden fomentar el crecimiento de las plantas permitiendo que las semillas nativas almacenadas en el suelo por encima o por debajo de la barrera germinen y crezcan sin deshierbe. También pueden permitir que se acumulen residuos orgánicos junto a la barrera durante las tormentas. La nueva vegetación puede servir de hábitat para la vida silvestre pequeña y apoyar el rebrote de pastos y árboles nativos. Las barreras de piedra a lo largo de la línea de contorno hacen más lento el flujo de agua y reducirán la cantidad de tierra que es removido por vientos fuertes. Si hay piedras en un campo de cultivo, removerlas para construir barreras facilita el crecimiento de los cultivos.

Otra ventaja es que el trabajo puede hacerse durante la estación seca, por lo que las barreras estarán listas y funcionando al comienzo de la estación de lluvias.

Si hay suficientes piedras en el lugar, las barreras pueden construirse como paredes de roca. Cuando las barreras se construyen en terrenos en pendiente y son lo suficientemente altas, formarán terrazas en banqueta ya que la tierra se va acumulando detrás de cada pared. Cuando no hay suficientes piedras para llenar por completo la barrera, los vacíos pueden llenarse mediante la siembra de barreras vivas. Con el tiempo, las barreras de piedra no sólo ayudan a reducir las pérdidas de agua y del suelo, sino que también reducen la inclinación de las pendientes lo cual hace más fácil el manejo de los cultivos. En climas secos donde es difícil establecer nueva vegetación, incluso si no se combinan las barreras de piedra con una zanja de contorno para atrapar el agua, las barreras aún pueden captar pequeñas cantidades de precipitación para:

1. Estabilizar la pendiente con vegetación.
2. Disminuir la velocidad del flujo de agua de lluvia cuando ésta sí cae.
3. Dar sombra a las plantas que crecen entre las barreras.
4. Liberar calor en las noches frías.

Desafío de las barreras de piedra: Cuando se utiliza una barrera muerta para taponar un barranco y las piedras están tan apretadas que bloquean completamente el flujo de agua, la presión del agua puede acumularse detrás de la barrera de piedra. Durante las tormentas, se pueden formar dos nuevos barrancos, uno a cada lado de la barrera muerta.

3.3.4 Barreras de piedra en zonas semiáridas

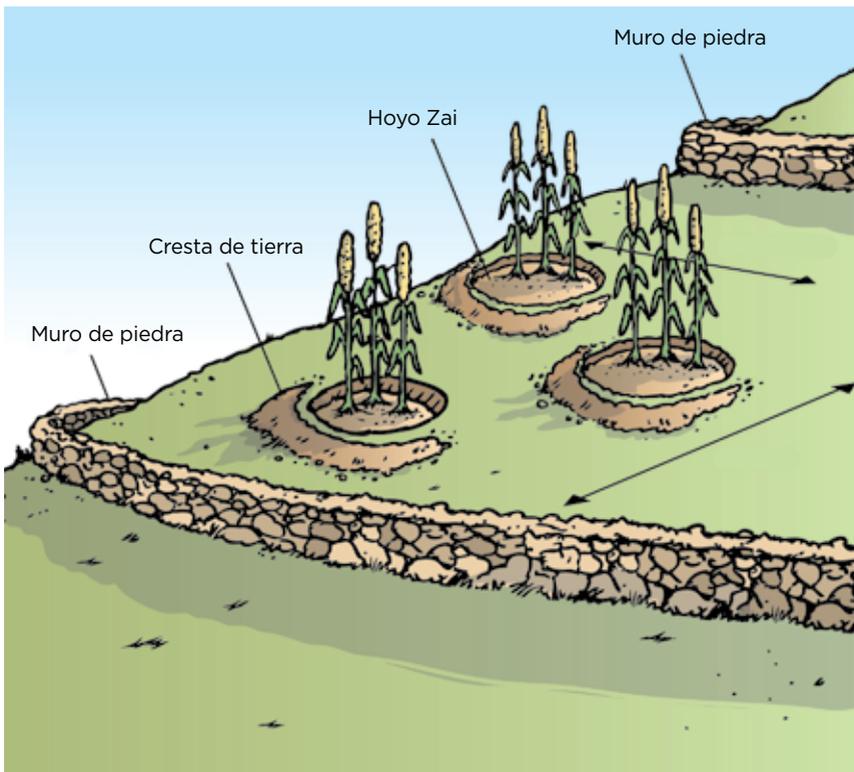
Las condiciones para la agricultura son muy duras en África Occidental semiárida. Los suelos son infértiles, ácidos y propensos al encostramiento; el tiempo es impredecible, con sequías e intensas lluvias monzónicas. Los suelos padecen largos períodos de estrés hídrico debido a la escorrentía de suelos encostrados durante las lluvias intensas, la evaporación del agua del suelo debido a las altas temperaturas y los niveles de materia orgánica demasiado bajos para ayudar a retener la humedad del suelo. Para la adaptación al cambio climático es más efectivo usar una combinación de prácticas. Un equipo de investigadores dirigido por R. Zougmore reunió pruebas sobre un sistema que funciona bien en terrenos casi nivelados o con ligeras pendientes, y se trata del uso de barreras de piedra en curvas de nivel, combinado con hoyos Zai tradicionales o depresiones semicirculares en forma de media luna sembradas entre las barreras.

Los hoyos Zai son pequeños hoyos que son cavados durante la estación seca. Cuando empiezan las lluvias, los agricultores los llenan de compostaje, estiércol, paja u hojas de plantas, como leguminosas o nim (*Azadirachta indica*), para concentrar agua de lluvia y nutrientes donde las plantas crecerán. Las media lunas son depresiones más grandes en el suelo que siguen el mismo principio que los hoyos Zai. Se utiliza la combinación de barreras de piedra con hoyos Zai y media lunas para aumentar la humedad del suelo y mejorar los suelos degradados. Esta combinación es más apropiada para pendientes de 3 por ciento a 5 por ciento en condiciones que alternan entre húmedas y secas, con una precipitación anual de 300 a 800 mm. Para pendientes que son algo más pronunciadas, los hoyos Zai se combinan con muros de contención justo por debajo de los hoyos Zai.

Cómo diseñar barreras de piedra y hoyos de siembra: Traza las curvas de nivel durante la estación seca y, de ser posible, remueve los 10 a 15 cm superiores del suelo a lo largo de la curva de nivel para asentar la capa base de piedras en la depresión que se cavó. La tierra removida puede utilizarse como un pequeño lomo cuesta arriba de la barrera de piedra. Construya las barreras de piedra a una altura de 20 a 30 cm del suelo. En las zonas donde las pendientes son de 5 por ciento o menos, las barreras de contorno deben espaciarse a una distancia de 20 a 50 metros. Dentro de los bordes de las barreras de piedra, rompe la costra del suelo y cave media lunas o hoyos Zai. Estos últimos deben tener una profundidad de 10 a 20 cm y un diámetro de 20 a 40 cm, espaciados a una distancia de 60 a 100 cm entre hoyos en la hilera y entre hileras.

Si hay una pendiente de más de 5 por ciento, utilice la tierra del hoyo para formar una pequeña cresta o lomo en forma de semicírculo, ladera abajo del hoyo Zai, para captar más agua en el hoyo. Al comienzo de la estación de lluvias, agregue una pequeña cantidad de estiércol o compostaje a cada hoyo (de 200 a 600 g) mezclada con unos 5 cm de tierra. Los agricultores luego pueden sembrar de 8 a 12 semillas de sorgo o mijo en cada hoyo.

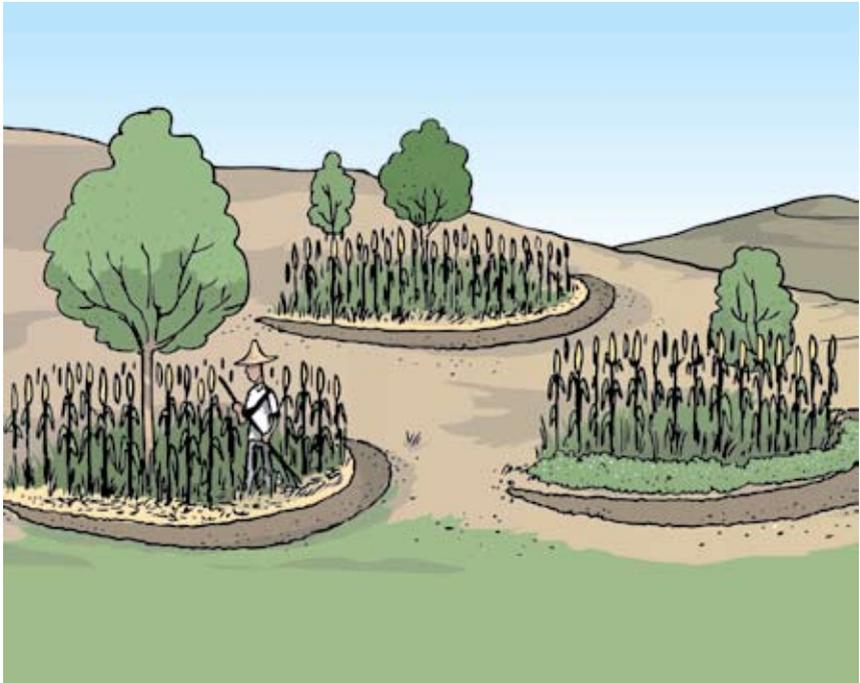
Figura 11: Hoyos Zai



Para lomos de media luna, los hoyos se cavan en semicírculo de 2 a 4 metros de diámetro y, con la tierra removida, se forma un lomo de media luna ladere abajo del hoyo. La distancia entre media lunas dentro de una hilera y entre hileras es de unos 2 metros. Agregue al menos 35 kg de estiércol o compostaje a cada media luna antes de la siembra.

La decisión de utilizar hoyos Zai o media lunas depende del cultivo, la pendiente y el tiempo. La siembra de árboles y las plantaciones mixtas de árboles y cultivos son más indicadas para las medias lunas; los cereales y las leguminosas se siembran en los hoyos Zai más pequeños. Pendientes más pronunciadas van a requerir hoyos más grandes para acomodar más escorrentía, y lluvias más intensas requieren hoyos más grandes y más profundos con mayor capacidad de captación de agua.

Figura 12: Depresiones en forma de media luna



Los investigadores encontraron que ninguna práctica por sí sola, ya sea barreras de piedra u hoyos de siembra, fue suficiente para adaptarse al clima severo, pero las *combinaciones* de estas prácticas dieron como resultado importantes mejoras en el rendimiento y la cobertura arbórea. Cuando los agricultores aplicaron compostaje y fertilizantes inorgánicos a los hoyos Zai, los rendimientos de sorgo fueron 10 veces más altos que los rendimientos en parcelas sin barreras de piedra u hoyos Zai, y la producción de biomasa fue cinco veces mayor. Con la incorporación de residuos de cultivos y estiércol, aumentó la actividad de termitas y mejoraron la estructura del suelo, la infiltración de agua, el drenaje y el crecimiento de las raíces en el ambiente de suelo más favorable de los hoyos de siembra.

Desafío de muros de contención de piedra, hoyos Zai y lomos de media luna: Todos los anteriores requieren de acceso a estiércol o compostaje, además de grandes cantidades de mano de obra. Los hoyos Zai pueden requerir de 60 a 70 días de trabajo para una hectárea en suelos duros; 30 días en suelos menos compactados. Si la comunidad aún no tiene organizado el trabajo en grupo, usted puede recomendar que el trabajo se rote de una parcela a otra. Otro papel que la extensión agrícola puede desempeñar es brindar capacitación en la producción de compostaje. En suelos arcillosos y francos, los hoyos de siembra pueden anegarse si la precipitación anual supera a los 800 mm. Si ésta es una posibilidad, tenga en cuenta que el sorgo tolera condiciones tanto húmedas como secas; el mijo solamente tolera tiempo seco. En suelos arenosos, la adición de materia orgánica, especialmente estiércol y compostaje, es esencial para mejorar la capacidad de retención de agua.

Recursos

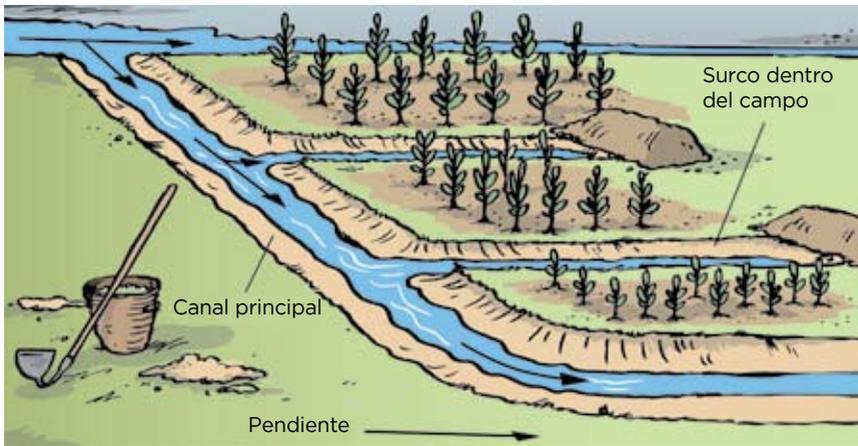
Motis, T. & C. D' Aiuto. 2013. *Zai pit system*. ECHO Technical Note #78. Educational Concerns for Hunger Organization: North Fort Myers, Florida, Estados Unidos.

Zougmore, R., A. Jalloh & A. Tiro. 2014. [Climate-smart soil water and nutrient management options in semiarid West Africa: A review of evidence and analysis of stone bunds and zai techniques](#). *Agriculture & Food Security* 2014, 3:16.

3.3.5 Zanjas de drenaje y de desvío

Los canales de drenaje conducen la escorrentía de aguas provenientes de tormentas por las líneas naturales de drenaje o de estructuras como zanjas de desvío a zonas situadas a menor altitud. Las zanjas de desvío son similares a las zanjas de contorno, pero son canales de drenaje en pendientes graduales que canalizan el agua de drenaje del canal hacia zanjas de contorno, depresiones, estanques o áreas sembradas —pastizales, huertas o áreas boscosas.

Usted debe tratar de establecer canales de agua que sean seguras mediante el aprovechamiento de las líneas de drenaje naturales que no causen barrancos o inundaciones y que desvíen el agua hacia terrazas niveladas, depresiones, pastizales o márgenes de áreas boscosas.

Figura 13: Zanja de desvío

Las técnicas tradicionales de agricultura que utilizan las aguas provenientes de inundaciones aprovechan los canales de drenaje naturales: Usted puede probar esta práctica construyendo barreras permeables sencillas utilizando estacas o postes de madera con un entretejido de broza entre las estacas para frenar y esparcir las aguas de inundaciones naturales de manera más uniforme hacia las zonas más bajas y más niveladas. Si la escorrentía hace que las zanjas de contorno se desborden o dañe a los lomos, los agricultores tendrán que construir zanjas de desvío de la misma manera que se construyen zanjas de contorno para encauzar el agua hacia un estanque, pastizal o huerta. La zanja debe diseñarse en una trayectoria descendente muy gradual.

Recursos

FAO (United Nations Food and Agriculture Organization). 1988. *Watershed management field manual: Slope treatment measures and practices*. Departamento Forestal, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación: Roma, Italia.

3.3.6 Cosecha del agua en depresiones y estanques

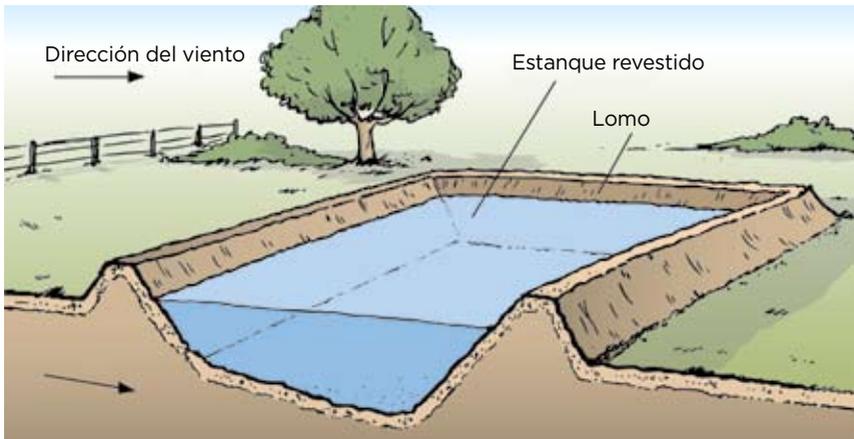
Las aguas de lluvia pueden recolectarse en **depresiones** y **estanques** construidos apropiadamente. Aunque esto puede demandar una ardua excavación, permitirá la recolección de agua donde el agricultor la necesita. Estas estructuras pueden reducir la vulnerabilidad ante eventos de tiempo extremo como inundaciones y sequías. Las depresiones sirven como áreas de drenaje que se llenan solamente durante tormentas. A diferencia de los estanques, que tienden a almacenar agua durante todo el año o la mayor parte de éste, las depresiones generalmente no contienen agua durante todo el año. Los estanques pueden crearse en cualquier lugar donde el agua fluye a través del terreno; proporcionan un destino hacia el cual el agua puede fluir y tienen desagües para que se desborde el agua en exceso. Los estanques pueden conectarse a un sistema de zanjas de contorno o zanjas de desvío que drenan el agua hacia un estanque o atraviesan el terreno hacia otros estanques, lo que ayuda a disminuir los daños por lluvias fuertes. El tamaño del

estanque variará con base en la localidad, la cantidad de agua, la velocidad del agua que fluye hacia el estanque y los recursos que tiene la familia campesina para cavar el estanque.

Las depresiones pocas profundas pueden cavarse manualmente y tienen fondos nivelados. Pueden ser utilizadas como áreas de siembra de hortalizas durante los meses secos, o estos “jardines de lluvia” pueden ser sembrados con plantas y pastos nativos de raíces profundas cerca de una fuente de escorrentía, como caminos, carreteras o bajantes de recogida de agua del techo. Las plantas en un jardín de lluvia deben ser capaces de soportar breves períodos de agua estancada y períodos secos más largos.

En áreas con altas cantidades de lluvia estacional, los estanques sirven como mini-embalses que se pueden utilizar para fines de riego en el mismo lugar durante períodos secos. Los estanques también sirven de sostén a peces, plantas y muchos organismos diversos. Los peces ayudan a fertilizar las plantas, y se alimentan de mosquitos y algas del estanque. También agregan un nivel de seguridad alimentaria para las familias, al brindarles acceso directo a pescado fresco. Dependiendo del tamaño y la profundidad del estanque, se pueden introducir y criar diversos tipos de peces para consumo como alimento en épocas de hambruna. (Para más información, vea *Recursos*.) Otra característica de los estanques es su capacidad para absorber el calor durante el día y liberarlo durante la noche. Al moderar las temperaturas extremas, los estanques crean microclimas para que algunas variedades de plantas crezcan donde normalmente no serían capaces de crecer.

Figura 14: Estanque revestido para riego



Desafío de los estanques: Aunque los estanques tienen muchos beneficios, por lo general requieren de mantenimiento, algunas inversiones en efectivo y grandes compromisos iniciales de tiempo y mano de obra. Si una familia campesina quiere construir un estanque, usted puede ayudarla refiriéndola a un experto local o haciendo usted mismo la consulta para diseñar un estanque que satisfaga las necesidades de la familia. También puede ser necesario un proceso de consenso y planificación a nivel

de la comunidad para identificar dónde se ubicaría el estanque, construir el estanque, y gestionar su mantenimiento y uso. El tipo de estanque variará dependiendo del tipo de paisaje.

1. **Estanques de terraplén:** Formados por una represa construida en una depresión entre dos colinas, donde el agua fluye hacia abajo a través de la cuenca hidrográfica y se recolecta en el área de la depresión en el lado aguas arriba de la represa. Estos estanques son más apropiados para zonas con una topografía ligera a moderadamente ondulante.
2. **Estanques excavados:** Por lo general, son construidos en áreas relativamente planas con equipo alquilado de movimiento de tierras, o mediante trabajo comunitario compartido. Se necesita de una fuente externa de agua o de un manantial para llenar el estanque y mantener los niveles de agua. Este puede ser el tipo más costoso de estanque.
3. **Estanques tipo dique:** Formados en una depresión ligeramente cavada, donde se utiliza la tierra removida para construir muros de contención alrededor de los bordes del estanque, a veces llamados bordes de dique. El agua puede ser bombeada de una fuente externa, como un arroyo, hacia el estanque o puede ser alimentada por gravedad desde las zanjas de desvío.
4. **Combinación cuenca-estanques tipo dique:** Un estanque con diques construido entre dos colinas, donde el agua fluye durante una tormenta. Este tipo de estanque es práctico para los pequeños agricultores con acceso limitado a recursos.

Consejos prácticos para construir estanques

Los estanques pequeños pueden ser cavados por un grupo de personas. Los estanques más grandes son construidos generalmente utilizando maquinaria de movimiento de tierras. El tamaño y la profundidad del estanque pueden variar según el tipo de estanque, el espacio disponible para el estanque, la cantidad de agua a ser almacenada, y consideraciones tales como la presencia de ganado pastoreado en las cercanías y la seguridad de los niños. Algunos estanques serán utilizados para almacenar agua como un depósito para el riego. Otros pueden ser utilizados para la cría de peces y plantas acuáticas. A continuación encontraran algunas sugerencias generales para la construcción de estanques. (Véase también Recursos más adelante).

En primer lugar, consulte a los profesionales locales para asesoría. Luego pida a los agricultores que observen el flujo de agua en el lugar donde ellos cultivan para conocer las oportunidades y limitaciones de ese sitio. Identifique sitios potenciales para cavar el estanque, comenzando en la parte superior de la finca donde entra el agua. En general, las zonas planas con cuencas hídricas o las depresiones que se encuentran a un nivel más bajo del terreno son buenos sitios para colocar estanques. Para la mayoría de los agricultores, el agua de lluvia será la fuente más probable de agua para llenar el estanque. Por lo tanto, es importante diseñar un sistema de zanjas de contorno que alimente el estanque durante las tormentas, así como un desagüe o salida para los flujos de agua más intensos.



A menudo, una profundidad de estanque de 2 metros es una buena profundidad para empezar. Los estanques que se cavan a lo largo del contorno ayudarán a captar las aguas de lluvia y minimizarán las inundaciones por desbordamiento. Dependiendo del tipo y la composición del suelo, generalmente es necesario colocar un revestimiento pesado de caucho para forrar el hueco cavado antes de llenar el estanque con agua. Si el suelo tiene un alto contenido de arcilla, puede compactarse para hacer una capa que retarda la percolación del agua fuera del estanque.

No se deben construir estanques en suelos arenosos porque estos suelos no retienen bien el agua.

Para estanques que tendrán peces y plantas, los expertos locales pueden dar consejos sobre cuáles especies de plantas y peces usar, al igual que el manejo adecuado del estanque. Por ejemplo, los bordes del estanque deben ser menos profundos para permitir el crecimiento de plantas acuáticas. Otra característica de los estanques con peces consiste en instalar una pequeña bomba de agua para mantener los niveles de oxígeno si se dispone de electricidad y de recursos. Esto evita que la vegetación de algas se acumule y asfixia la vida acuática. Los expertos locales pueden ayudar dando orientación respecto al diseño y respondiendo preguntas.

Se pueden formar depresiones de forma natural. Durante tormentas fuertes, grandes áreas que se encuentren en niveles más bajos del terreno sirven como cuencas de drenaje para recolectar agua y dejarla que se filtre lentamente en el suelo. Las depresiones difieren de las zanjas de contorno en que no tienen que estar a lo largo del contorno y pueden variar en tamaño. Las depresiones pueden tener desagües para las lluvias fuertes. Usted puede interconectar una serie de depresiones con pequeñas zanjas o canales cavados ligeramente por debajo del nivel del suelo. Si hay una depresión que se presenta de forma natural en los terrenos de un agricultor, el agricultor puede sembrar plantas adaptadas a condiciones de encharcamiento temporal alrededor de ésta para ayudar a reducir la erosión y aumentar la infiltración de agua.

Cuando usted ayuda a trazar el mapa de una finca o comunidad agrícola para zanjas de contorno y lomos, ayude a buscar áreas en las que el agricultor podría querer fomentar la formación de depresiones para retener agua. Encuentre una zona plana donde se puede cavar fácilmente una depresión poco profunda. Evite cavar depresiones en pendientes pronunciadas, ya que aumenta el riesgo de erosión por la depresión ladera abajo por la pendiente. Siguiendo el curso del terreno, una depresión puede excavar para envolver ciertos rasgos tales como un árbol o camino, pero asegúrese de que el agua fluya en la dirección que quiere que fluya durante tormentas fuertes. Cave hasta una profundidad de 30 a 50 cm, y haga que los bordes exteriores se inclinen hacia adentro para crear la depresión. Como se indicó anteriormente, la siembra de cultivos de cobertura u otras plantas adaptadas a condiciones de encharcamiento temporal en suelos expuestos ayudará a mantener la forma de la depresión. Si usted siembra un árbol en la mitad de la depresión, es útil hacer que el diámetro de la depresión sea al menos 1,5 veces el diámetro de la línea de goteo del follaje del árbol maduro.

Evite cavar depresiones en pendientes escarpadas, ya que aumenta el riesgo de erosión de la depresión ladera abajo por la pendiente.

Riego por gravedad proveniente de estanques

El uso de estanques para abastecer agua para riego por gravedad tiene ventajas en términos de costos y simplicidad (véase también la *Sección 3.4.2*). Después de cavar el hueco para un estanque en una zona de buena captación de agua de lluvia, conecte un tubo de descarga unos 10 cm por encima de la base del estanque. Este tubo, que se extiende desde la base del estanque hacia la pendiente más abajo, necesitará una válvula de apertura y cierre para que el agua drene sólo cuando sea necesario. Conecte a esta válvula una manguera para riego. Los sedimentos se depositarán en el fondo del estanque y no deberían obstruir el tubo, pero aún se necesita un filtro o tamiz al comienzo del tubo de descarga para evitar que hojas u otros materiales lo obstruyan. Compacte la base del hueco pisándolo fuertemente. Esto ayudará a mantener la forma y estructura del estanque. El paso final es revestir el estanque, ya sea con una lámina de plástico duro o con yeso/emplasto casero:

1. Mezcle cemento, paja y tierra en una proporción 1: 3 ó 1: 4 (1 parte de cemento, 1 parte de paja y 3 a 4 partes de tierra).
2. Añade agua para hacer un yeso/emplasto espeso.
3. Comience por aplicar el yeso/emplasto a las paredes del estanque, y termine con el fondo del estanque.
4. Deje secar todo el estanque durante al menos tres días antes de permitir la entrada de agua.
5. Repare cualquier grieta utilizando una mezcla de cemento, paja y tierra en una proporción de 2: 1: 3.

Para reducir la evaporación, cubre el estanque con una estera de caña brava, hojas de palma u otros materiales. También puede cultivar árboles alrededor del estanque para aumentar la sombra y reducir la evaporación.

Recursos

Chakroff, M. 1978. *Freshwater fish pond culture and management*. U.S. Peace Corps and Volunteers in Technical Assistance: Washington, DC.

FAO (United Nations Food and Agriculture Organization). United Nations Food and Agriculture Organization: Roma, Italia *Better freshwater fish farming in Zambia*. 1981.

Fish pond construction and management: A field guide and extension manual. 2005.

Handbook on small-scale freshwater fish farming. FAO Training Series No. 24. 2007.

Freshwater fish farming: The pond. 1981.

Van Eer, A., T. van Schiel & A. Hilbrands. 2004. [Small-scale freshwater fish farming](#). Agromisa Foundation: Wageningen, Holanda.

3.3.7 Restauración de tierras áridas (tierras secas)

Cuando las temperaturas extremas y los fuertes vientos aceleran la evaporación del agua del suelo y la transpiración de las plantas, muchas de las prácticas discutidas anteriormente ayudarán a los agricultores a maximizar la productividad del agua. Además, el uso de **rastrojo**, la adecuación de condiciones de **sombra** y la construcción de **barreras contra el viento** utilizando piedras o árboles —todos— reducen la exposición a la pérdida de agua y a las altas temperaturas. Son elementos básicos para el establecimiento de cualquier tipo de producción agrícola en climas secos. En el momento de seleccionar prácticas y diseñar mejoras para los sistemas agrícolas, recuerda que el primer paso en el proceso de diseño consiste en observar los elementos naturales del paisaje, incluyendo fuentes potenciales de agua.

Riego de varas de bambú

Junto a los árboles recién plantados se pueden enterrar varas de bambú huecas a las cuales se les han perforado pequeños agujeros a todo su largo. Estas varas pueden llenarse con agua una vez a la semana para proporcionar directamente a las raíces una fuente de agua de liberación lenta y libre de evaporación. Ver también *Riego de varas de bambú*, Página 61.

Cuando usted comienza a restaurar tierras en zonas extremadamente secas, es mejor hacerlo en fases. Primero busque una fuente externa de agua para comenzar a sembrar plantas y árboles pequeños. Si la lluvia es la única fuente, considere dónde hacer los trabajos de preparación del terreno para iniciar el proceso de restauración. Por ejemplo, después de un período de poca precipitación, las barreras de piedra colocadas en curvas de nivel recolectarán y atraparán restos orgánicos y materiales que permiten la retención de humedad. Los agricultores pueden comenzar a sembrar plantas pioneras resistentes a la sequía para mantener la humedad del suelo.

Después de varias estaciones de proteger el suelo con rastrojo y acumular material orgánico por medio de vegetación de plantas, se pueden establecer árboles pequeños para crear una capa de follaje y brindar una sombra muy necesaria. Una vez que se establece una capa de follaje, se pueden sembrar cultivos anuales en el microclima de protección ofrecido por los árboles. (Para un vídeo sobre la restauración y transformación de paisajes desérticos en bosques de alimentos productivos, ver *Recursos* más adelante).

Proteger. Amortiguar. Brindar sombra.

En climas secos, es importante incorporar estrategias contra la evaporación: proteger el suelo con rastrojo, amortiguar el viento con barreras de piedra e introducir sombra sembrando árboles tolerantes de la sequía, que también pueden utilizarse como cortavientos.

Especies arbóreas resistentes son las primeras en crecer en áreas severamente degradadas y pueden ayudar a restaurar la tierra (ver Recursos). Tienden a ser leguminosas, que pueden fijar nitrógeno (tomar el nitrógeno de la atmósfera y hacerlo disponible en el suelo para uso de las plantas). También tienden a ser tolerantes a la sequía y de rápido crecimiento, y tienen múltiples usos (como forraje, combustible, alimento y madera). Muchas pueden ser cortadas, o podadas hasta el tocón, volviendo a crecer con nuevas ramas. Estas especies incluyen Acacia, Leucaena, y Sesbania. (En Recursos encontrarán una lista más completa de especies arbóreas adecuadas para la restauración de tierras).

Recursos

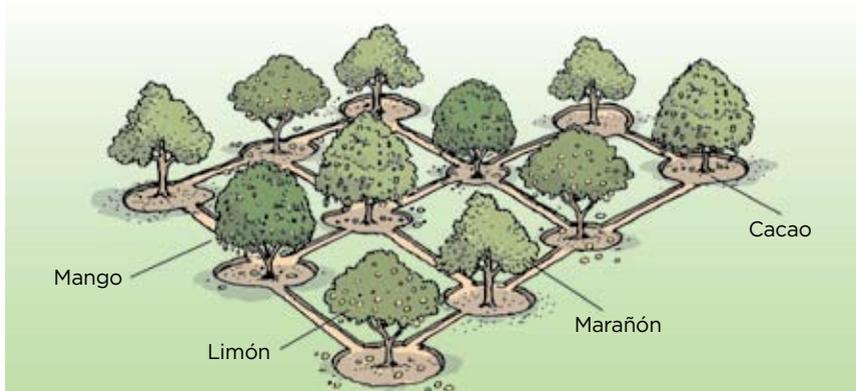
[A list of pioneer plant species for desert restoration](#) by G. Lawton

Un video por G. Lawton entitled [From Desert to Oasis in 4 Years](#)

Sistema malla de platillos (net and pan system) para la restauración de tierras áridas (tierras secas)

Otra estrategia para restaurar tierras áridas (secas) agotadas o abandonadas es diseñar una red de malla de platillos en el suelo para un establecimiento más rápido de especies de árboles pioneros o huertos pequeños. Esta red también podría ser utilizada para convertir los campos de cultivo existentes en un sistema agroforestal o sistema mixto árboles-cultivos o para convertir pasturas degradadas en un sistema forrajero-arbóreo de mayor productividad. Los árboles se siembran en pequeñas depresiones cavadas por la familia campesina. Estas depresiones recolectan agua de lluvia para percolación en el suelo alrededor de los árboles. Los árboles están conectados por una red de trincheras poco profundas que captan aguas de lluvia y sedimentos. Al sembrar diversos árboles al igual que árboles que tienen múltiples usos, las familias campesinas pueden mejorar su acceso a alimento, combustible, alimento para el ganado y madera para la construcción.

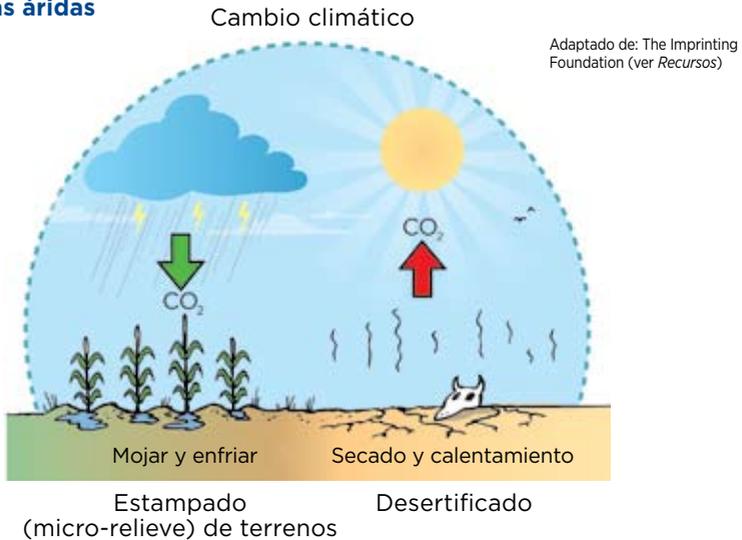
Figura 15: Sistema malla de platillos (net and pan) para la restauración de tierras áridas



Estampado (micro-relieve) de terrenos para la restauración de tierras áridas

El estampado (micro-relieve) de terrenos es un método utilizado para restaurar tierras degradadas que han experimentado pastoreo excesivo, cultivo excesivo o deforestación. Utiliza pequeñas depresiones continuas en el suelo, colocadas lado a lado a lo largo de un paisaje, para mantener en su lugar al suelo y a las aguas de lluvia para semillas en germinación que ya se encuentran en el suelo o que se pueden adicionar. Esta microtopografía, una superficie de muchas pequeñas depresiones, ayuda a las plántulas a establecer y crecer al proporcionar una pequeña cantidad adicional de agua captada y protección.

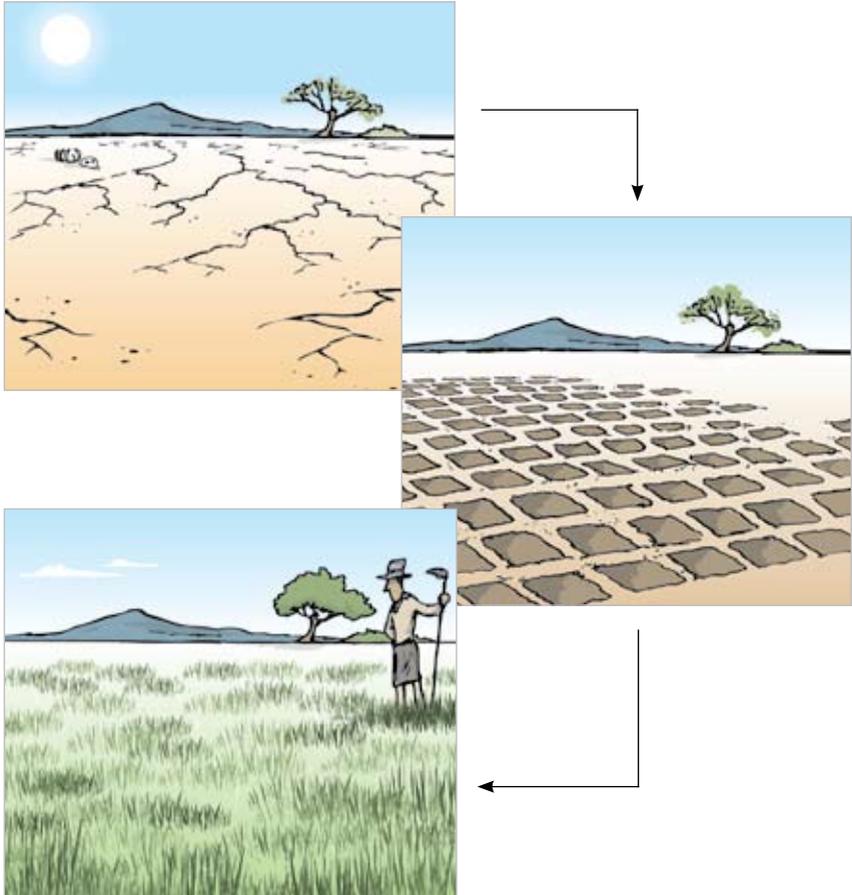
Figura 16: Estampado (micro-relieve) de terrenos para la restauración de tierras áridas



Si se dispone de un tractor, un rodillo dentado puede crear depresiones en forma de V. O, en su lugar, se pueden crear impresiones similares con los cascos de un animal de tracción o ruedas con grandes protuberancias que se mueven lentamente. Las plantas que crecen en la superficie rugosa, con impresiones, absorben dióxido de carbono (CO_2) del aire, lo cual reduce uno de los gases de efecto invernadero que contribuyen al calentamiento global, mientras que permite desarrollar vegetación nueva en suelos previamente sin vegetación.

Una vez la tierra es restaurada, los agricultores que mantienen el suelo cubierto durante todo el año con pastizales, árboles, cultivos de cobertura y material vegetal muerto protegerán el suelo con un menor esfuerzo. Muchos agricultores también prefieren esta práctica frente al trabajo arduo de construir barreras de piedra (Sección 3.3.3).

Figura 17: Estampado (micro-relieve) de terrenos



Recursos

IIRR. 2002. *Managing Dryland Resources: An extension manual for Eastern and Southern Africa*. International Institute of Rural Reconstruction: Nairobi, Kenia.

Información sobre sistemas malla de platillos ([net and pan systems](#))

Información sobre estampado (micro-relieve) de terrenos ([imprinting](#))

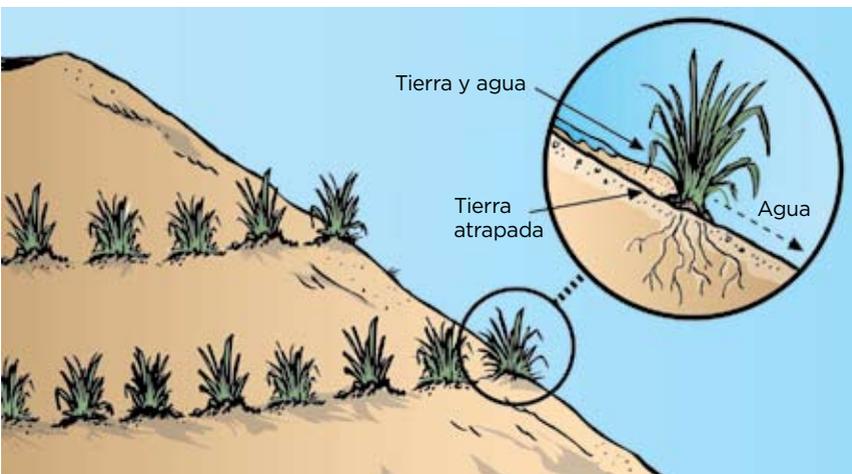
3.3.8 Cosecha del agua con prácticas vegetativas —barreras vivas, zonas de amortiguamiento, cultivos de cobertura y rastrojos

Cuando los agricultores siembran árboles, arbustos y pastos, o mantienen la vegetación natural en franjas en curvas de nivel en las pendientes, a lo largo de las zanjas de contorno, alrededor de los bordes de las parcelas o a lo largo de las fuentes de agua, también están haciendo un manejo del agua. Cuando los agricultores siembran en curvas de nivel o en ángulo recto a la dirección del viento, la vegetación reduce la evaporación del agua del suelo, disminuye el flujo de agua proveniente de la lluvia, mejora la infiltración y aumenta el contenido de materia orgánica del suelo. La materia orgánica aumenta la capacidad del suelo para retener agua. Todos estos beneficios ayudan a conservar el agua para su uso posterior cuando no hay lluvia.

Barreras vivas

Las barreras vivas son franjas de vegetación que sirven para retener el suelo en su lugar por medio de las raíces de las plantas. Su uso ataja el movimiento de agua ladera abajo, reduce la pérdida de los nutrientes del suelo que las plantas necesitan para crecer y aumenta la productividad del agua (es decir, la cantidad de biomasa producida con una cantidad específica de agua). Los agricultores pueden sembrar barreras vivas a lo largo de la trayectoria del viento, alrededor de los bordes de las parcelas o por encima de las zanjas de ladera para prevenir no solo la erosión sino que las zanjas se llenen de tierra. Las plantas de la familia de gramíneas presentan un denso follaje y sistemas de raíces gruesas y, por tanto, son utilizadas con más frecuencia. Muchas veces se prefieren pastos que también son valiosos como forraje para animales o gramíneas como la caña de azúcar y la hierba de limón que se utilizan para consumo doméstico. Muchas especies de plantas tienen gran potencial como barreras vivas. Las franjas en curvas de nivel de árboles de leguminosas también pueden agregar nitrógeno al suelo, mientras que producen frutos, leña o alimento para ganado.

Figura 18: Barreras vivas antes de cobertura total



Si un suelo es muy arenoso, la infiltración del agua no es un problema. En suelos arenosos, las zanjas de infiltración sólo se colapsarán con nuevas precipitaciones. Pero las barreras vivas permanentes de arbustos o árboles, especialmente cuando se siembran junto con cultivos de cobertura, proporcionarán muchos de los beneficios de las barreras vivas mencionadas anteriormente.

Zonas de amortiguamiento y franjas de vegetación

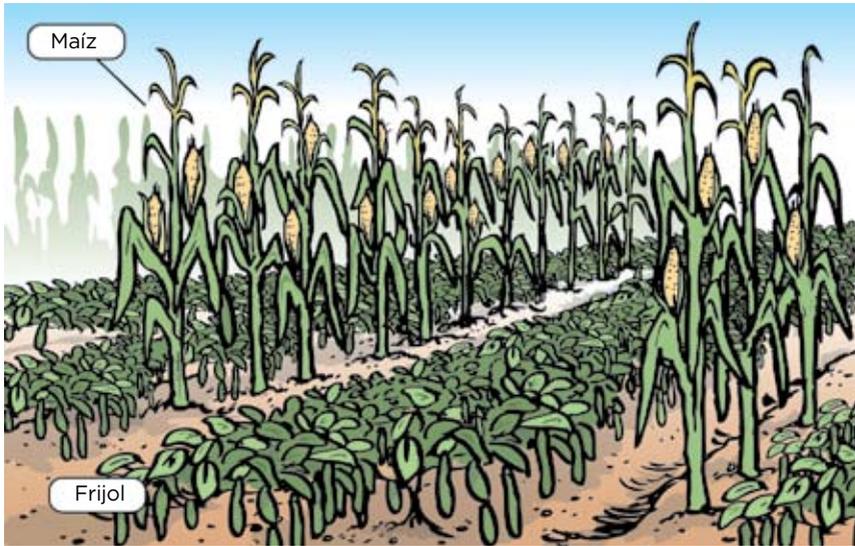
En el manejo del agua, las zonas de amortiguamiento son franjas de tierra con vegetación que se utilizan entre las tierras agrícolas y un cuerpo de agua como un río, estanque, arroyo o manantial. Sirven para proteger la fuente de agua y los terraplenes alrededor del cuerpo de agua. Estas zonas de amortiguamiento ayudan a los agricultores a adaptarse al cambio climático al reducir las inundaciones y cualquier contaminación del agua por fertilizantes agrícolas y productos agroquímicos. Atrapan y almacenan sedimentos al crear una barrera entre las tierras bajo cultivo y los cuerpos de agua. De esta manera, la zona de amortiguamiento reduce la sedimentación de la masa de agua y el mantenimiento necesario para protegerla. El sistema de raíces de la vegetación y los sedimentos atrapados compactan el suelo en los terraplenes del río, aumentando la rugosidad superficial y frenando la escorrentía para minimizar el impacto de lluvias fuertes. Las zonas de amortiguamiento también aumentan la recarga de acuíferos y elevan los niveles de agua subterránea. Los extensos sistemas de raíces de la vegetación mejoran la porosidad del suelo —el espacio entre las partículas del suelo— para un mejor drenaje.

Cómo crear zonas de amortiguamiento: Las zonas de amortiguamiento pueden formarse naturalmente si los agricultores dejan una franja de tierra sin arar y sin pastorear para que los pastizales y árboles retornen con el tiempo. O la zona de amortiguamiento puede sembrarse de gramíneas como pasto King grass (*Pennisetum purpureum* variedad King grass) o pasto vetiver (*Vetiveria zizanioides*), que tienen raíces profundas y no se extenderán hacia áreas no sembradas. El ancho de una zona de amortiguamiento es generalmente de 30 a 50 cm. Cuanto más ancha sea la zona de amortiguamiento, más eficaz será en cuanto a filtración de sedimentos o contaminantes y almacenamiento de aguas de escorrentía.

Si el objetivo es proteger el terreno por encima de un manantial, la comunidad o el propietario pueden estar dispuestos a cercar un área grande por encima del manantial para fines de revegetación. Colocar pozos de infiltración en un área cercada mejorará la recarga del manantial y aumentará el flujo de agua desde el manantial. También puede ser necesario recortar los pastizales cerca del manantial durante la estación lluviosa para permitir el acceso de la población a la fuente de agua. Los pastos naturales pueden cortarse hasta una altura de unos 10 cm y el pasto vetiver puede cortarse hasta una altura de 30 a 50 cm.

Cultivos de cobertura

Un cultivo de cobertura se siembra para mejorar la fertilidad del suelo y la calidad general del suelo mientras que ayuda a manejar el agua, las malezas, las plagas y las enfermedades. Los cultivos de cobertura reducen la erosión del suelo y, a menudo, reducen la tasa y cantidad de escorrentía. El cultivo de cobertura sirve como barrera física entre la lluvia y la superficie del suelo, permitiendo que las gotas de agua penetren el suelo en vez de correr, llevando consigo partículas de tierra. Las raíces forman canales para que el agua se filtre en el suelo y posteriormente para llenar nuevamente el acuífero cuando la cantidad de agua excede la capacidad de retención del suelo.

Figura 19. Cultivos de cobertura —maíz con un cultivo de cobertura de frijol

Cómo usar cultivos de cobertura: Usted puede sembrar cultivos de cobertura mediante siembra directa o siembra al voleo (manualmente) en las brozas o los residuos de la cosecha anterior. Cuando se necesita que el suelo se cubra rápidamente, por ejemplo, si usted espera que las lluvias terminen pronto, se puede sobressebrar desde temprano un campo para crecimiento denso, sembrando más semillas por área de tierra de lo que normalmente se recomienda para ese cultivo de cobertura. (Para obtener más información, consulte *Manual de Bolsillo 2: Manejo de Cultivos*.)

Una vez que el cultivo de cobertura haya crecido, usted puede podarlo e incorporar el material vegetal al suelo o dejarlo como rastrojo (material vegetal muerto dejado en la superficie del suelo). Justo antes de cortar los cultivos de cobertura, éstos contienen una gran cantidad de humedad que se transfiere al suelo si son incorporados o si se dejan en la superficie como rastrojo. Como rastrojo, los cultivos de cobertura conservan agua al brindar sombra y al enfriar la superficie del suelo, mientras reducen la evaporación de la humedad del suelo.

Si usted trabaja en una zona de baja precipitación, los cultivos de cobertura también pueden reducir el agua del suelo debido a que el mismo cultivo de cobertura necesita algo de humedad para crecer. En este caso, ayude a los agricultores a decidir entre los beneficios de un mayor crecimiento de los cultivos de cobertura y los inconvenientes de una menor humedad del suelo.

Como rastrojo, los cultivos de cobertura conservan agua al brindar sombra y al enfriar la superficie del suelo, mientras reducen la evaporación de la humedad del suelo.

Tabla 2: Adaptación de cultivos de cobertura de leguminosas comunes

Nombre común	Nombre botánico	El cultivo de cobertura tolera
Caupí	<i>Vigna unguiculata</i>	Sequía, sombra
Frijol espada	<i>Canavalia ensiformis</i> <i>Canavalia brasiliensis</i>	Sequía, baja fertilidad del suelo, sombra Sequía, baja fertilidad del suelo
Frijol lablab	<i>Lablab purpureus</i>	Sequía, sombra
Leucaena	<i>Leucaena leucocephala</i>	Sequía, sombra, baja fertilidad del suelo
Guandul	<i>Cajanus cajan</i>	Sequía, baja fertilidad del suelo
Kudzu tropical	<i>Pueraria phaseoloides</i>	Inundaciones, sombra (tierras bajas húmedas)
Frijol terciopelo	<i>Mucuna pruriens</i>	Sequía, baja fertilidad del suelo

Adaptado de [Conservation of natural resources for sustainable agriculture](#)

De la pobreza a la ganancia: Sistemas agrícolas de maíz-Mucuna-caoba

Los agricultores de América Central han tenido gran éxito con el uso de cultivos de cobertura de *Mucuna* (frijol terciopelo) en la producción de maíz de cero labranza en pendientes que solían estar degradadas. Las plantas de frijol terciopelo y los residuos de maíz cubren y protegen el suelo durante todo el año, adicionan nitrógeno y materia orgánica, mejoran la humedad del suelo, suprimen las malezas y aumentan los rendimientos del maíz. Los cerdos se desarrollan muy bien alimentándose de una mezcla de partes iguales de maíz y frijol terciopelo cocido, aumentan de peso y están listos para el mercado en menor tiempo que en el pasado. En el campo de maíz, los agricultores siembran un árbol maderable de alto valor como caoba o teca cada 7 a 8 metros. Ellos no están preocupados de que los árboles pueden tardar de 20 a 25 años en madurar, ya que reciben un buen ingreso de los cerdos. Los agricultores podan las ramas más bajas de los árboles de caoba o teca a finales de la estación seca, por lo que la sombra no interfiere con el crecimiento del maíz. El cultivo de maíz dispone de mucha agua y fertilidad natural, mientras que los ingresos de los agricultores aumentan por la venta del maíz y la carne de cerdo.



Rastrojos

Rastrojo es el material vegetal muerto que se utiliza para cubrir la superficie del suelo. Puede consistir en paja, hojas, tallos, otros residuos vegetales, material leñoso, compostaje o corteza.

Figura 20: Uso de rastrojo



El rastrojo protege el agua del suelo de la evaporación y el suelo del viento y las temperaturas extremas. Una capa de rastrojo reduce en gran medida la necesidad de riego. En los campos de cultivo, el rastrojo también:

- Suprime las malezas que quitan los nutrientes y el agua del suelo que los cultivos, a su vez, requieren.
- Aumenta la fertilidad del suelo mediante la adición de materia orgánica.
- Reduce la erosión.

Para retener la humedad de suelo, usted puede agregar capas de rastrojo a las zanjas de contorno, depresiones, árboles, huertos y suelo sin vegetación. Especialmente en áreas secas, si usted tiene acceso a rastrojo, utilícelo entre las hileras del cultivo y alrededor de árboles frutales y arbustos. Puede utilizar una capa de rastrojo de 10 cm de profundidad en suelos bien drenados y una capa de 5 cm de profundidad en suelos arcillosos más duros. Coloque el rastrojo alrededor de los árboles en círculos de cerca de 1 a 3 metros de diámetro.

El tipo de rastrojo que usted utilice dependerá del tipo de plantas que está cultivando y de los materiales que están disponibles. Usted puede mezclar cultivos de cobertura de leguminosas en el suelo sin ningún problema, pero es mejor no mezclar paja, residuos de cultivos de granos o material leñoso en el suelo a menos que también agregue estiércol o residuos de leguminosas.²

2. Durante la descomposición de los residuos de grano, paja o materiales leñosos, los microorganismos del suelo que descomponen el rastrojo y apoyan la descomposición necesitan nitrógeno adicional del suelo. Esto reduce la cantidad de nitrógeno en el suelo que está disponible para el crecimiento de las plantas. Los cultivos de cobertura de leguminosas, como los que se indican en el cuadro en la página 57, ya tienen suficiente nitrógeno en sus residuos, agregando nitrógeno al suelo durante el proceso de descomposición. Los microorganismos del suelo requieren una relación de 24 partes de carbono (C) por 1 parte de nitrógeno (N) cuando consumen y descomponen residuos vegetales. Los residuos de sorgo tienen una relación de carbono a nitrógeno de 63: 1 y el maíz, una relación de 57: 1, lo que significa que los microbios deben encontrar nitrógeno adicional en el suelo para consumir estos residuos. Esto puede agotar el nitrógeno del suelo para el crecimiento de las plantas. En promedio, las leguminosas tienen una relación C: N de 17: 1, por lo que se pueden incorporar directamente en el suelo. Cuando los residuos de cultivos de grano se incorporen en el suelo, la adición de residuos de leguminosas o estiércol de ganado (relación C: N de 17: 1) o gallinaza (relación 10: 1) evita el agotamiento del nitrógeno del suelo.

Consejos prácticos respecto a los rastrojos

- La paja es una buena opción para rastrojo cuando se aplica a la superficie del suelo entre las hileras del cultivo. No solo suprime a las malezas, sino que también mantiene a los vegetales o frutas alejadas del suelo y reduce las enfermedades que afectan a las plantas. Las hojas de palma secas o el follaje de la caña de azúcar también funcionan bien como rastrojo.
- Apilar el rastrojo directamente contra una planta o árbol puede contener la humedad en exceso cerca de la planta y fomentar enfermedades fúngicas o pudrición de la corteza. Mantenga el rastrojo a una distancia de 3 a 5 cm de la base de la planta o árbol.
- Utilice sólo materiales de rastrojo que provienen de plantas libres de enfermedades. A veces las enfermedades pueden pasarse de una planta a otra a través del rastrojo.
- Si el rastrojo tiene un olor a vinagre, amoníaco o azufre, remuévelo y aplique una fuente diferente de rastrojo. Este tipo de olor es indicación de que el rastrojo no se ha descompuesto de manera apropiada.

3.4 PRÁCTICAS DE USO DEL AGUA: RIEGO EN PEQUEÑA ESCALA

Puede ser que los agricultores le informen que se ha retrasado la estación de lluvias. O que ellos siembran cuando lleguen las lluvias y, dos semanas después, la lluvia se detiene por completo y se pierde todo lo que sembraron. O que se presenta un período de sequía después de que los cultivos se hayan establecido y están creciendo bien. Los cultivos se marchitan y mueren, los agricultores pierden la cosecha, y es demasiado tarde para sembrar nuevamente.

Cuando los agricultores son capaces de almacenar suficiente agua durante la estación de lluvias para aplicar riego aunque sea durante algunas semanas, esto puede ayudar a la producción o salvar un cultivo al reducir la exposición al tiempo inestable. Este tipo de riego se denomina riego suplementario, ya que proporciona agua por un período de tiempo corto durante un período seco en medio de la estación de lluvias.

Las prácticas de riego en pequeña escala que se describen en este manual son utilizadas por agricultores que pueden captar y almacenar suficiente agua durante la estación de lluvias para el riego suplementario. En algunos casos, estos agricultores pueden almacenar suficiente agua para cultivar hortalizas o aplicar riego en un pequeño huerto durante la estación seca. Este manual presenta información básica sobre tres enfoques al riego: riego por goteo, riego por gravedad y captación de aguas de lluvia en techo. Debido a que tanta agua de riego proviene de pozos que han utilizado en exceso las aguas subterráneas, las prácticas que se describen aquí se centran en la cosecha de aguas de lluvia y en el uso más cuidadoso de las aguas superficiales que se encuentran, por ejemplo, en estanques o arroyos cercanos. Como agente de extensión agrícola, es posible que usted tenga que explicar a los agricultores cómo manejar el uso de las aguas subterráneas para evitar el uso excesivo, por qué esto es importante y cómo el uso excesivo de las aguas subterráneas puede crear situaciones de tensión o conflicto en la comunidad.

Cómo escoger un método de riego: En primer lugar, entreviste a los agricultores para ayudar a decidir si el riego es necesario, si se trata de una práctica apropiada para sus parcelas y cómo seleccionar los métodos de riego más adecuados. El riego manual

puede ser más apropiado para algunas parcelas que quedan cerca de las viviendas familiares; para otras parcelas será mejor el uso de tuberías o aspersores alimentados por gravedad; y para otras será más adecuado el riego por goteo. Las respuestas a las siguientes preguntas le ayudarán a planificar y abordar cualquier limitación u obstáculo que se presente:

- ¿Cuál es la principal fuente de agua y dónde se encuentra?
- ¿Cuánta agua está disponible y en qué momento del año?
- ¿Cuál es la calidad del agua? ¿Hay contaminantes que hacen el agua inadecuada para el riego? ¿Existen altas cantidades de sal que reducirían la capacidad de las plantas para absorber agua?
- ¿Qué tan empinado está el terreno? ¿Cómo fluyen las aguas de lluvia a través del terreno? ¿Es la erosión un problema?
- ¿Cuáles son las características de los suelos en la finca del agricultor? ¿Se trata de un suelo arenoso y perderá agua rápidamente? ¿Cuánta materia orgánica contiene el suelo? (La materia orgánica proporcionará nutrientes a las plantas para ayudar a mejorar la absorción de agua. La materia orgánica también actúa como una esponja para retener agua y drenarla cuando hay demasiada.)
- ¿Qué tan profunda es la capa arable del suelo? ¿El área de crecimiento de las raíces? ¿Hay una corteza dura o capa compacta cerca de la superficie que evita que el agua penetre en el suelo? ¿Hay una capa dura que impide un buen drenaje una vez que el agua se infiltre?

3.4.1 Riego por goteo

El riego por goteo conserva el agua y reduce su evaporación del suelo. Este tipo de riego utiliza mangueras especiales con orificios a varios intervalos para abastecer directamente a las raíces de las plantas con agua. Estas líneas de goteo se colocan en la superficie del suelo cerca de una hilera de plantas, por lo general hortalizas. El agua gotea lentamente a través de los orificios cerca de las plantas. Las líneas de goteo al igual que los equipos de goteo pueden ser complejas y costosas, pero las prácticas indicadas en este manual son métodos sencillos que pueden ser utilizados por la mayoría de los pequeños agricultores.

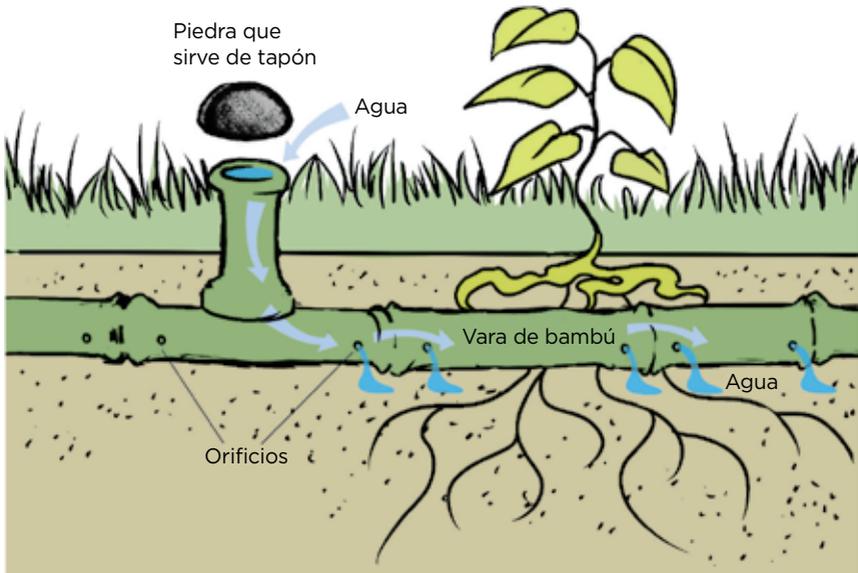
Desafíos del riego por goteo: El riego por goteo es una práctica importante que ayuda a los agricultores a adaptarse a estaciones secas más largas, especialmente en áreas donde escasea el agua o donde los agricultores siembran cultivos como hortalizas que se venden a buen precio en el mercado. Con el cambio climático, los ministerios de agricultura o los organismos encargados de extensión agrícola y capacitación de los agricultores probablemente necesitarán de una estrategia de capacitación para mejorar las habilidades de los agentes de campo en métodos de riego por goteo, los cuales son una buena opción para los sistemas agrícolas de la zona. Debido a que el riego por goteo depende de equipos que pueden ser costosos, pueden desempeñar un papel importante los programas de crédito o de ahorro. El riego por goteo suele ser más relevante para parcelas pequeñas o medianas de cultivos de alto valor como hortalizas que para cultivos en gran escala. El riego por goteo puede llevar a grandes aumentos en el valor de producción de los cultivos. Sin embargo, materiales como mangueras se deterioran con el tiempo y tendrán que ser reemplazados cada dos o tres años. Los agricultores tienen que manejar sus recursos de manera que puedan periódicamente hacer esta importante inversión.

Riego por goteo en pequeña escala

En casi cualquier finca usted puede utilizar las siguientes técnicas para reducir la sensibilidad de la finca al tiempo seco. Aumentan la humedad del suelo cerca de las raíces de las plantas y disminuyen la evaporación del agua del suelo; por tanto, hacen que una mayor cantidad de agua esté disponible para las plantas. Para proporcionar la liberación lenta de agua para plantas como tomate y pimientos o árboles jóvenes, los agricultores pueden utilizar mangueras comerciales de plástico, si están disponibles, o una de las siguientes alternativas:

Varas de bambú para riego: Perfore pequeños orificios en las varas de bambú y entierre las varas cerca de arbustos o arbolitos recién sembrados. Llene las varas de bambú con agua según sea necesario para aplicar riego a las plantas. Esta práctica protege el agua contra la evaporación, colocándola directamente en las áreas donde están las raíces de las plantas.

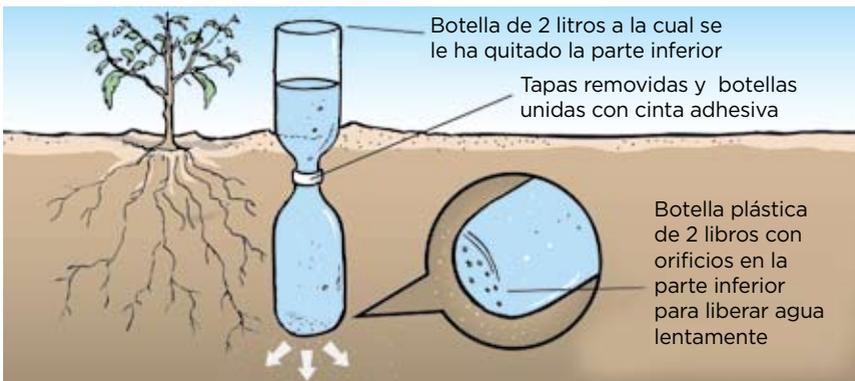
Figura 21: Varas de bambú para riego



Método de riego con botellas de plástico (una botella): Haga pequeños orificios en las pequeñas tapas redondas de botellas de plástico de refresco de 2 litros, vuelva a colocar las tapas en las botellas, y corte la amplia base de cada botella de plástico cerca de su parte inferior. Cava un hueco pequeño el tamaño de la botella cerca de donde crecerán las raíces de las plantas. Coloque piedras pequeñas en la base del hueco antes de insertar la botella; esto evitará que la tierra obstruya los orificios y permitirá que el agua gotee. Entierre la mayor parte de la botella debajo de la tierra, dejando el extremo cortado (la base abierta) por encima del suelo. Agregue agua a la base de la botella cada dos o tres días, dependiendo de cuándo se vacía. Este método se adapta bien a plantas pequeñas como las hortalizas.

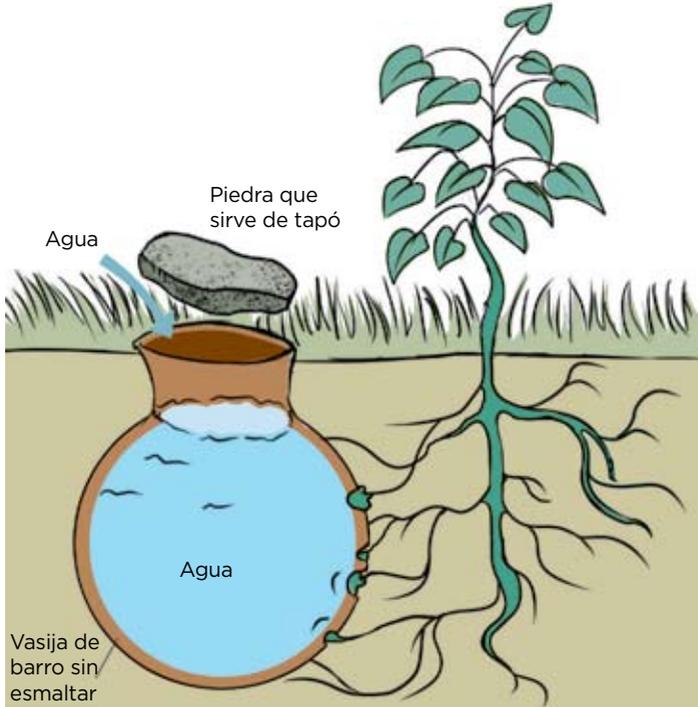
Figura 22: Método de riego con botellas plásticas (una botella)

Método de riego con botellas plásticas (dos botellas): Haga pequeños orificios en la base amplia de una botella de plástico de 2 litros. Cava un hueco pequeño el tamaño de la base amplia de la botella cerca de donde crecerán las raíces de las plantas. Coloque piedras pequeñas en la base del hueco antes de insertar la botella. Entierre la mayor parte de la botella debajo de la tierra, dejando la pequeña boca de la botella cerca del nivel del suelo. Corte la base amplia de otra botella del mismo tamaño cerca de su base. Retire la tapa de la botella, voltee la botella boca abajo y junte las dos bocas pequeñas de botella utilizando una cinta adhesiva fuerte o alambre para que el agua pueda fluir desde la tapa de la botella hacia la botella inferior. Llene la botella superior con agua según sea necesario. Cubra el extremo abierto de la botella superior con una roca o con la base cortada de la botella para evitar la evaporación y mantener fuera a los mosquitos. Este método es apropiado para plantas como árboles frutales jóvenes, que necesitan más agua que las hortalizas, pero requiere acceso a más botellas de plástico recicladas.

Figura 23: Método de riego con botellas plásticas (dos botellas)

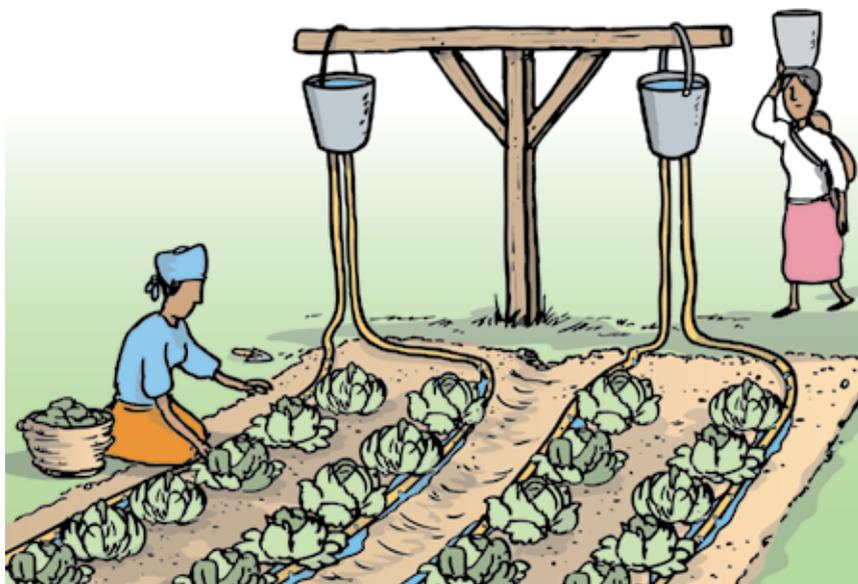
Vasijas de barro: Se pueden utilizar vasijas grandes de barro poroso como regaderas de liberación lenta de agua para plantas que la necesitan. En camas de cultivo, las vasijas pueden enterrarse en el suelo hasta sus bordes o cuellos. Se vierte entonces agua en las vasijas de barro cada 7 a 10 días. Desde allí el suelo se humedece lentamente y el agua es absorbida por las raíces de las plantas. Asegúrese de que la parte superior de las vasijas esté cubierta para mantener fuera los insectos, sobre todo los mosquitos.

Figura 24: Vasija de barro enterrada en el suelo



Riego por goteo utilizando baldes

También se pueden utilizar baldes para aplicar riego a 100–200 plantas por balde. Necesitarás un balde de 20 litros, un filtro pequeño y unos 30 metros de manguera de goteo (una manguera con orificios perforados a distancias regulares a todo su largo). La manguera se conecta a la base del balde y se extiende a lo largo de la hilera del cultivo. El balde debe colocarse al menos 1 metro por encima del suelo de manera que el agua fluye por gravedad hasta las plantas. El pequeño filtro sobre el orificio en la base del balde impide que cualquier sedimento o tierra entre en la manguera. Pueden conectarse mangueras adicionales al balde (u otros baldes) para ampliar el área de riego. Para áreas de cultivo más grandes, es más rentable utilizar un solo barril de 200 litros.

Figura 25: Riego por goteo utilizando baldes

3.4.2 Riego por gravedad

Para complementar el riego proveniente de estanques (véase la *sección* 3.3.6, página 45), los agricultores pueden diseñar métodos de recolección y almacenamiento de aguas de lluvia que surten agua de riego por gravedad. Cuando la fuente de agua está por encima de la zona en la cual se va a aplicar riego, la gravedad hace el trabajo de mover el agua hacia abajo para el cultivo. Los sistemas alimentados por gravedad son más económicos, más confiables y más fáciles de mantener que los métodos de riego que utilizan electrobombas. Las electrobombas son más apropiadas para campos más grandes y requieren acceso a grandes cantidades de agua de riego para ser eficaces, una cantidad que puede no estar disponible en el caso de fincas pequeñas.

Desafío del riego por gravedad: Una presión insuficiente en el agua desde arriba puede hacer que ocasionalmente el flujo de agua sea bajo.

Consejos prácticos para el riego por gravedad

- La fuente de agua siempre debe ser a una altura mayor que el área a la cual se va a aplicar el riego.
- Cuando estanques y grandes barriles son las fuentes del agua, asegúrese de conectar la tubería con una válvula de cierre en la parte inferior de la fuente de agua para que el agricultor puede controlar cuándo se aplica el riego. En los estanques, este punto es el nivel de agua más bajo aceptable para el estanque.

Riego por gravedad proveniente de la captación de agua de lluvia en techo

El agua que cae en un techo que está inclinado y hecho de metal u otro material no permeable puede ser recolectada y almacenada mediante canaletas y barriles de lluvia. Incluso techos pequeños pueden recolectar grandes cantidades de agua. Esta es una manera fácil para recolectar aguas de lluvia para riego si una familia tiene la capacidad económica para invertir en materiales tales como un techo de metal y canaletas que conducen a un conducto de bajada. Un sistema de canaletas en los bordes del techo canalizará las aguas de lluvia hacia barriles de almacenamiento. Los agricultores pueden instalar una canaleta sencilla hecha de bambú, de estar disponible, cortada por la mitad verticalmente y unida con alambre al borde del techo. La canaleta se utiliza para drenar el agua hacia un tanque o barril. Se utiliza una serie de filtros de malla para filtrar los desechos del techo, los mosquitos y otros insectos.

Coloque barriles cerca del conducto de bajada de agua y cubre los barriles de lluvia con tapas herméticas para mantener fuera a los mosquitos. Si se encuentra que hay mosquitos que se están reproduciendo dentro de los barriles, hay que vaciarlos inmediatamente. En tierra relativamente plana, coloque los barriles en una plataforma para mejorar el flujo de agua hacia un huerto o cultivo. La mayoría de las viviendas familiares comienzan con un sistema de pequeños barriles (de 100 a 200 litros). Se pueden comprar barriles y tanques en un sinnúmero de lugares. También funcionan grandes botes de basura de plástico o metal. Entre más duro sea el plástico, más tiempo servirá el barril. Se pueden utilizar múltiples barriles lado a lado para crear sistemas más grandes cuando es demasiado costoso construir un tanque. Siempre que sea posible, recuerde utilizar la gravedad para movilizar el agua a través de un sistema.

Figura 26: Sistema de captación de agua de lluvia en techo

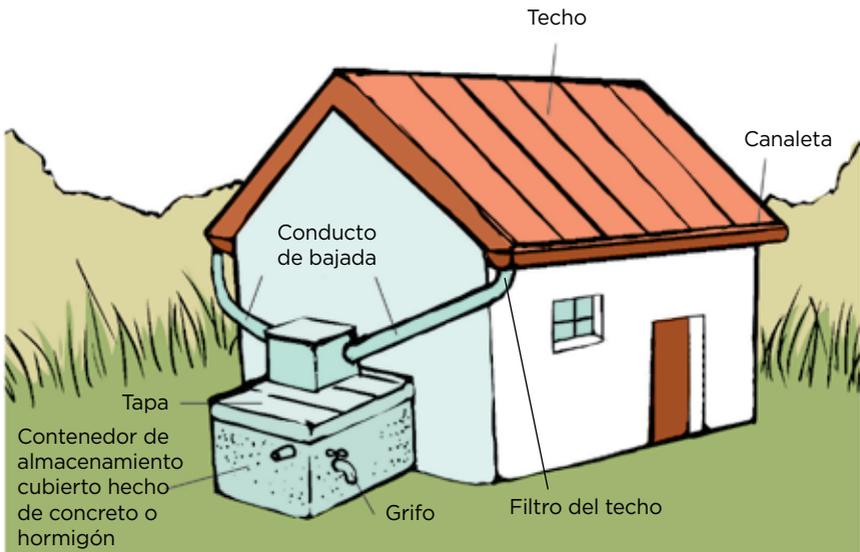
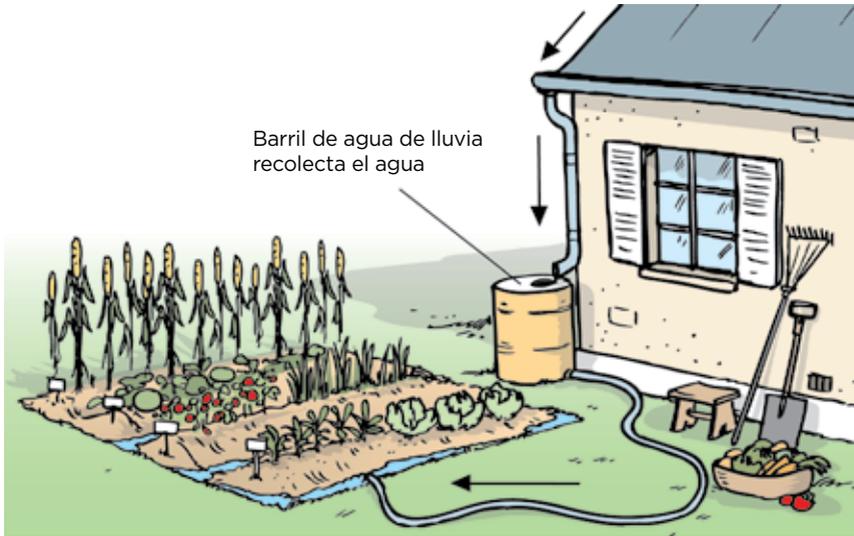


Figura 27: Captación de agua lluvia en barril para riego de huerto familiar



¡ADVERTENCIA!

No utilice un barril o tanque que haya sido utilizado anteriormente para guardar aceite automotriz, pesticidas u otros materiales nocivos.



Hay muchas maneras de construir un sistema de captación de aguas de lluvia provenientes del techo. Los expertos técnicos en su área, por ejemplo ingenieros especializados en manejo de aguas, pueden ser de gran ayuda. Si tiene acceso a la Internet, los sitios web enumerados en la sección de *Recursos* tienen información sobre cómo construir sistemas de captación de agua de lluvia en techo utilizando barriles de agua de lluvia.

Recursos

FAO. 2013. *Captación y almacenamiento de agua de lluvia: Opciones técnicas para la agricultura familiar en América Latina y el Caribe*. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe: Santiago, Chile.

Rees, D. 1998. *Rainwater harvesting: Technical brief*. Practical Action: Rugby, Warwickshire, Reino Unido.

UNEP. Date unknown. 3.4 Rainwater harvesting for agricultural water supply. In *Sourcebook of Alternative Technologies for Freshwater Augmentation in Some Countries of Asia*. United Nations Environment Programme: Rome, Italia.

UNEP. 2008. 1.1 Rainwater harvesting from rooftop catchments. In *Sourcebook of Alternative Technologies for Freshwater Augmentation in Latin America and the Caribbean*. United Nations Environment Programme: Rome, Italia.

UNEP. Date unknown. 2.1.2. Rock and roof catchments. In *Sourcebook of Alternative Technologies for Freshwater Augmentation in Africa*. United Nations Environment Programme: Rome, Italia.

Worm, J. & T. van Hattum. 2006. *Rainwater harvesting for domestic use*. Agrodok 43. Agromisa Foundation and CTA: Wageningen, Holanda.

Ver Sección 3.3.6 para información sobre *Riego por gravedad proveniente de estanques*, Página 49

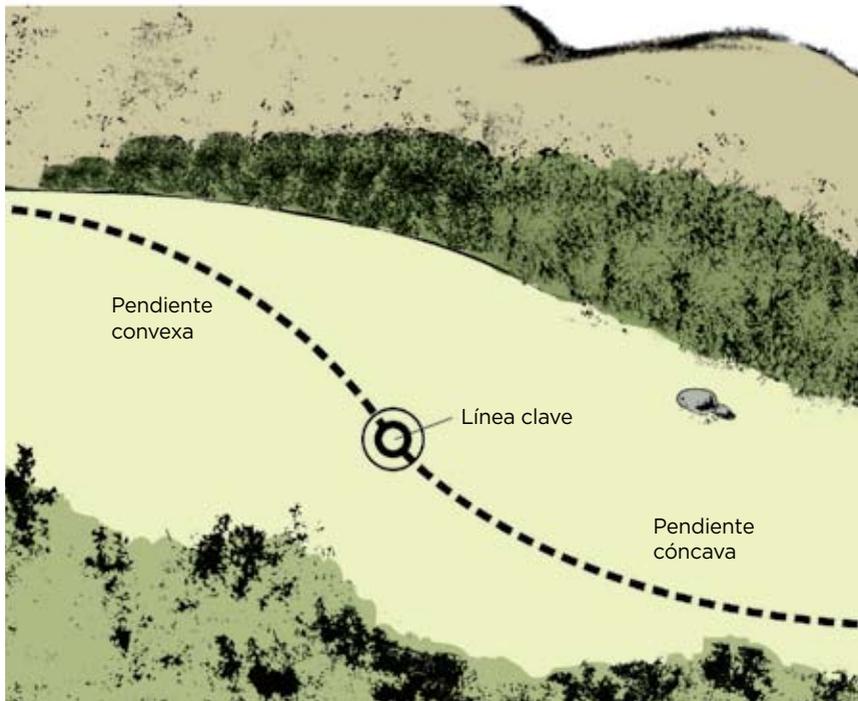
3.4.3 Riego de paisajes con líneas clave

Las micro-cuencas y pendientes a menudo tienen formas únicas que permiten a los agricultores cercanos maximizar la cosecha de aguas de lluvia, sobre todo si son capaces de trabajar juntos.

Al mirar un paisaje con pendiente, desde arriba hacia abajo, a menudo usted observará una curva en forma de S con una pendiente convexa (con curva hacia afuera) en la parte superior y un punto de inflexión en la mitad, donde la curva cambia de convexa a cóncava (con curva hacia adentro) en la base. La serie de puntos de inflexión (los numerosos puntos clave) que corren a través de la pendiente forman una **línea clave** cuando se unen entre sí. La línea clave es donde la escorrentía del agua de lluvia se concentra y alcanza máxima velocidad. Este es el lugar ideal para recolectar agua para riego en parcelas a nivel de finca o en los pastizales ladera abajo debido a que la línea clave es la parte más húmeda de la pendiente.

La línea clave es el lugar ideal para recolectar agua para riego en parcelas a nivel de finca o en los pastizales ladera abajo debido a que la línea clave es la parte más húmeda de la pendiente

Figura 28. Cómo encontrar la línea clave de una pendiente



Si un agricultor o comunidad cava zanjas de contorno o ara hileras profundas en curvas de nivel en líneas paralelas a la línea clave cuesta abajo por la pendiente, el agua penetrará más profundamente por la pendiente para mantener un pastizal más verde o abastecer agua durante más tiempo para un cultivo de estación seca. Juntos, los miembros de una comunidad pueden construir una serie de represas, estanques y zanjas de contorno a lo largo de la línea clave. Si usted está interesado en probar un sistema de línea clave, existen recursos con ejemplos útiles.

Recursos

Feineigle, M. 2013. *Keyline planning and cultivation*. Permaculture Research Institute: New South Wales, Australia.

Additional [keyline information](#)

Para técnicas tradicionales de cosecha de agua, almacenamiento de agua y riego, ver: **Verma, L.R.** 1998. [Indigenous technology knowledge for watershed management in upper north-west Himalayas of India](#). United Nations Food and Agriculture Organization: Rome, Italia.

3.5 COMBINANDO PRÁCTICAS EN SISTEMAS AGRÍCOLAS PARA MANEJAR EL RIESGO

Muchas de las prácticas individuales presentadas en este manual pueden ayudarle a manejar el riesgo del cambio climático mediante la reducción de la vulnerabilidad de una finca frente a cantidades variables de precipitación. Otra manera de manejar el cambio climático es mediante la combinación de prácticas y la diversificación de las actividades que se llevan a cabo en la finca. Cuando una de éstas no tiene éxito, la otra sí puede tenerlo. El agricultor que siembra un solo cultivo y no tiene ni árboles ni ganado está en riesgo si se presenta una época prolongada de lluvias fuertes o de sequía. Pero dicho riesgo puede reducirse si el agricultor cultiva mijo y maní, cría gallinas ponedoras y siembra árboles de mango o de nuez cerca de la vivienda familiar. El ajuste de las épocas de siembra o el cambio de la combinación de cultivos también reduce el riesgo.

Otra manera de manejar el cambio climático es mediante la combinación de prácticas y la diversificación de las actividades que se llevan a cabo en la finca. Cuando una de éstas no tiene éxito, la otra sí puede tenerlo.

Manejo del riesgo de sequía en la cuenca manicera de Senegal

En el corazón de la cuenca manicera de Senegal, hay agricultores que siembran cultivos tanto en áreas de secano como en parcelas de tierras bajas. En los últimos años ellos han experimentado períodos secos más frecuentes. La producción en sus campos de tierras altas de secano ha sufrido, tornándose más incierta, por lo que ahora los agricultores invierten menos tiempo y esfuerzo en estos campos. Los agricultores aún siembran cultivos en estos campos y, en la mayoría de los años, logran cosechar algo, pero ya no sacan préstamos para invertir en el arado de estos campos o para comprar fertilizantes y semillas. En cambio, ellos están invirtiendo más recursos en las tierras bajas, comprando equipo de riego que les permite producir cultivos de mayor valor varias veces al año mediante el uso de las aguas superficiales para riego.

Fuente: B.M. Simpson, comunicación personal

Los siguientes tres sistemas agrícolas tienen gran potencial para manejar el riesgo de lluvias inciertas y mejorar la productividad del agua. Cada sistema combina prácticas que mejoren la capacidad de resistencia del sistema agrícola frente al cambio climático mediante el aumento de los beneficios de las prácticas individuales en cuanto a rendimiento, salud del suelo y productividad del agua (rendimiento producido por volumen de agua):

- Agrosilvicultura
- Agricultura de conservación
- Sistemas mixtos de agricultura y ganadería

Los beneficios de estos sistemas no son automáticos. Al igual que las prácticas individuales presentadas en este manual, los sistemas de cultivo deben ser diseñados para las condiciones particulares locales de clima, suelos, localización de la finca en el paisaje, y las limitaciones, necesidades y objetivos de la familia campesina.

3.5.1 Agrosilvicultura

La agrosilvicultura es un sistema de uso de la tierra que es complejo, donde los agricultores siembran árboles junto con cultivos agrícolas, pastizales o ganadería. Hay numerosos sistemas agroforestales y los beneficios pueden ser muchos, desde la diversificación de la producción y los ingresos hasta el mejoramiento de los recursos naturales. Otros beneficios pueden incluir conservación del suelo, reducción de la escorrentía y mayor fertilidad del suelo, mejor captación y conservación del agua, así como mayor variedad en la vegetación.

Las barreras vivas en campos de cultivo (véase la *Sección 3.3.2 Zanjas de contorno con barreras vivas* y la *Sección 3.3.8 Barreras vivas*) son una práctica agroforestal que puede conservar tanto el agua como el suelo. El cultivo en callejones es otra práctica que alterna hileras de cultivos entre hileras de árboles (ver *Manual de Bolsillo 2: Manejo de Cultivos*). Se pueden utilizar los árboles en regiones semiáridas para formar barreras vivas en cultivos en callejones o como cortavientos. Estos árboles brindan sombra parcial a los cultivos cercanos y pueden aumentar la humedad del aire, lo que disminuye la pérdida de agua de los cultivos por medio de la evaporación.

Otro ejemplo de las zonas tropicales subhúmedas de América Central es el sistema agroforestal Quesungual de tala y cobertura para zonas de ladera propensas a la sequía que fue desarrollado por agricultores y expertos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, sus siglas en inglés). Este sistema lleva el nombre de la aldea donde comenzó esta práctica. Es una alternativa a las prácticas tradicionales de tumba y quema. Los agricultores cortan los residuos de cultivos de maíz, frijol o sorgo al igual que las ramas más bajas de árboles dispersos que crecen en el campo de cultivo. El residuo se deja en el campo como rastrojo. Con espeques, los agricultores siembran directamente el cultivo. La seguridad alimentaria, los rendimientos de los cultivos y la productividad del agua aumentan, con un menor costo para el agricultor. Este sistema es una modificación de la agricultura de conservación que incluye árboles dispersos en la parcela agrícola.

Cómo implementar un sistema agroforestal Quesungual de tala y cobertura con árboles dispersos: Aunque este sistema agrícola es una rotación de maíz, sorgo y frijol, usted puede utilizar otras rotaciones de cultivos. En América Central se implementa en terrenos con pendiente hasta los 900 metros de altitud. En vez de hacer quemadas para limpiar el campo, los agricultores dejan, en una parcela de 1 a 3 hectáreas, alrededor de 15 a 20 árboles altos para brindar sombra, permitir el crecimiento de maderas nobles y obtener productos forestales. Frecuentemente se dejan también árboles más pequeños y arbustos. Los agricultores limpian la vegetación con herramientas como machetes y, cada año antes de que comiencen las lluvias, podan los árboles más pequeños y arbustos hasta una altura de 1,5 a 2 metros.

Los agricultores siembran maíz o sorgo al comienzo de la primera estación de lluvias en la capa de rastrojo utilizando espeques. Se pueden recortar los residuos de cosecha antes de sembrar frijol al comienzo de la segunda estación de lluvias, inmediatamente después de la cosecha del cultivo de grano.

Figura 29: Sistema agroforestal Quesungual de tala y cobertura



3.5.2 Agricultura de conservación

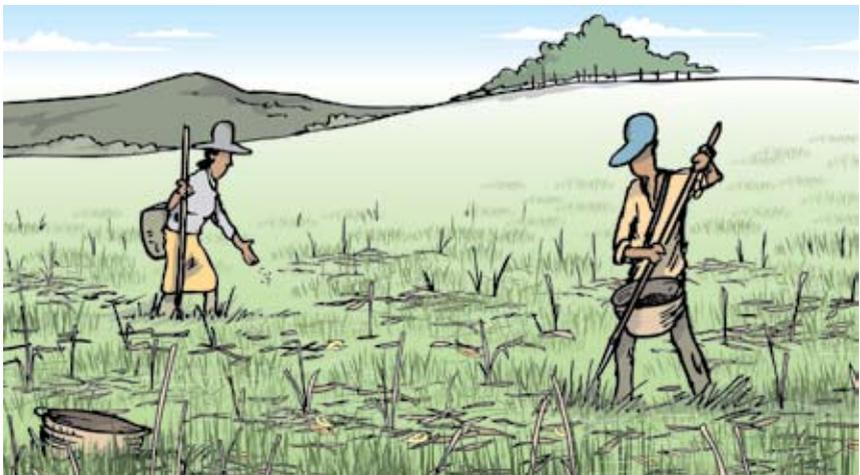
La agricultura de conservación abarca una gama de sistemas agrícolas modificados para las condiciones locales y sigue a tres prácticas básicas:

- Hay poca o ninguna perturbación del suelo debido a la siembra de cultivos o el arado; a menudo es llamado labranza mínima o cero labranza.
- La cobertura del suelo durante todo el año protege al suelo con vegetación, ya sea rastrojo o un cultivo de cobertura.
- Los cultivos son rotados y alternados entre un cultivo de grano como maíz, sorgo o mijo y un cultivo de leguminosas como frijol común (*Phaseolus vulgaris*) o soja (*Glycine max*). Los agricultores a menudo siembran estos cultivos en asociación —en el mismo campo al mismo tiempo.

Los beneficios de la agricultura de conservación se aprecian mejor cuando se aplican las tres anteriores prácticas juntas. Traen estos beneficios:

- Interacciones mejoradas entre suelo, cultivo y agua que aumentan el número de poros del suelo, lo cual permite mejor crecimiento de la raíz y mejor movimiento del agua.
- Aumento de la disponibilidad del agua durante períodos más largos de tiempo.
- Aumento de la materia orgánica del suelo.
- Mayor número de organismos del suelo y aumento de la actividad biológica.
- Mejor ciclo de nutrientes (movimiento entre los nutrientes del suelo utilizados por las plantas y el retorno de nutrientes al suelo cuando el material vegetal se descompone en materia orgánica).
- Fertilidad del suelo mejorada.

Figura 30: Siembra directa en un campo donde se practica la agricultura de conservación



Estos cambios también aumentan la productividad del agua. La infiltración de agua mejora cuando la cobertura vegetal protege el suelo del encostramiento superficial y el suelo ha mejorado la capacidad para retener agua. Los estudios muestran que:

- La agricultura de conservación y la labranza mejorada en un compendio de sistemas agrícolas de África y América Latina mostraron un aumento en el rendimiento de los cultivos de maíz de 20 por ciento a 120 por ciento en un período de cinco años.
- Muchos agricultores también deberán aplicar fertilizantes para garantizar los beneficios de la agricultura de conservación.
- Los agricultores que tratan de que la aplicación de fertilizantes corresponde a las necesidades del suelo y de los cultivos mejoran la capacidad del cultivo para hacer mejor uso del agua y pueden aumentar la eficiencia del uso del agua (más cultivos por gota de lluvia) en un 15 a 25 por ciento.

Advertencia: Puede que la agricultura de conservación no sea apropiada para suelos con drenaje deficiente porque puede aumentar el anegamiento y las plantas pueden sufrir si el suelo permanece húmedo durante demasiado tiempo.

Desafíos de la agricultura de conservación: Puede que los agricultores inicialmente tengan que aplicar herbicidas para controlar las malezas hasta que la capa de residuos se torne más gruesa. Probablemente el mayor desafío de la agricultura de conservación en pequeñas fincas del trópico es la práctica de dejar los residuos de cultivo en el campo para cubrir el suelo durante la estación seca. Tradicionalmente, los agricultores queman estos residuos o los utilizan como combustible o como alimento para animales. Como agente de extensión, si usted conoce de zonas en las que la agricultura de conservación tiene gran potencial para mejorar la capacidad de adaptación, deberá trabajar con los agricultores para encontrar otras fuentes de alimentación para los animales durante la estación seca.

Una opción que usted puede probar con los agricultores que poseen animales es apartar parte (del 20 al 25 por ciento)³ de la tierra ahora utilizada para cultivar granos y sembrar allí forrajes. Los pastizales y los forrajes de leguminosas pueden ser pastoreados, cortados y llevados al ganado en confinamiento o que se encuentre atado. También pueden ser utilizados para hacer heno para la estación seca.

Cuando un agricultor convierte parte de la tierra que ahora utiliza para sembrar cultivos de grano para producir forrajes, esto puede:

- Mejorar los ingresos de la finca provenientes de la ganadería.
- Mejorar la calidad del suelo en las parcelas donde se practica agricultura de conservación al aumentar la cobertura vegetal mediante la siembra de cultivos forrajeros como cultivos de cobertura de leguminosas.
- Mejorar la calidad del suelo mediante la aplicación de estiércol de ganado y mejorar la salud animal al suministrar un alimento de mejor calidad proveniente de los forrajes sembrados.
- Mejorar el rendimiento de grano en la tierra restante debido a los anteriores beneficios.

3. La cantidad de tierra dependerá del número de cabezas de ganado que el agricultor alimenta y el número de miembros de la familia campesina que dependen del grano como alimento. En algunos casos, es mejor comenzar con poca tierra.

Otra opción es introducir forrajes como parte de la rotación de granos-leguminosas en la agricultura de conservación. Esta rotación de tres partes aumentará la diversidad de la finca y reducirá su vulnerabilidad frente al cambio climático. Usted puede apoyar a los agricultores averiguando qué estudios sobre forrajes se han hecho en su área para identificar las especies forrajeras que se ajusten mejor a los sistemas agrícolas locales. Si estos estudios no existen, puede haber información sobre forrajes en zonas cercanas o países con sistemas agrícolas similares. O tal vez usted puede ejercer influencia en la entidad donde trabaja para que ésta cabildee para que se realicen los estudios que se necesitan. Algunas preguntas para explorar son las siguientes:

- ¿Cuáles forrajes (o sistemas de producción de forrajes) se adaptan mejor a los sistemas agrícolas locales?
- ¿Cuáles son los mejores forrajes para la ganadería local?
- ¿Cuánta tierra debe ser puesta en producción de forrajes en forma de pastizales para poder dejar los residuos de cultivos de maíz, sorgo, mijo, arroz de secano, etc., en el campo donde se practica agricultura de conservación?

3.5.3 Sistemas mixtos de agricultura y ganadería

Los agricultores que crían ganado pueden aumentar su capacidad de adaptación de diversas maneras:

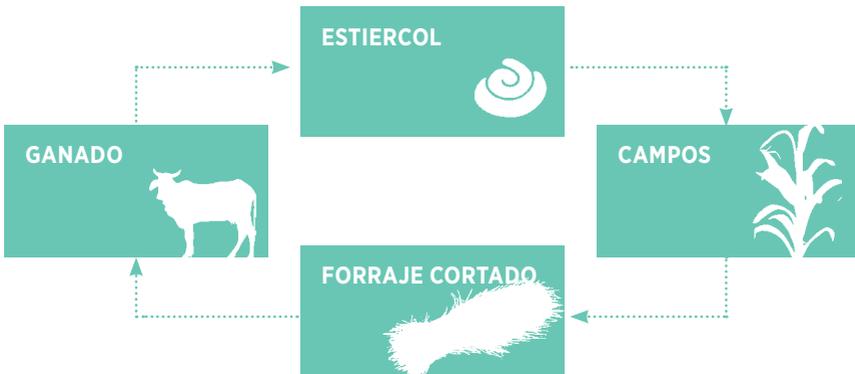
- Cuando la rotación de cultivos incluye forrajes, se hace más diversa. Esto reduce algo del riesgo de exposición frente al tiempo variable y los cambios en precios de mercado para los cultivos de granos.
- Cuando el ganado es parte del sistema agrícola, recicla nutrientes para la fertilidad del suelo por medio de su estiércol. También es fuente de proteína para las familias campesinas. En fincas pequeñas, la leche y los huevos pueden usarse todos los días, por lo que se evita la necesidad de almacenamiento en frío, lo que requiera de electricidad.

Los productos pecuarios aportan un tercio de la proteína en la dieta humana y utilizan casi un tercio del agua utilizada para la agricultura en todo el mundo. Con la creciente demanda de proteínas de origen animal y la creciente competencia por agua, la productividad del agua en el caso de la ganadería será clave para la adaptación al cambio climático. Con el apoyo de agentes de extensión y proyectos de desarrollo, los agricultores tendrán que producir los mismos beneficios con un número menor de animales y tendrán que usar menos agua por animal. Esto puede hacerse al aumentar la productividad de cada animal mediante una mejor alimentación, proporcionando suficiente agua para el ganado durante la estación seca y mejorando la salud animal.

Los animales crecen más rápido y producen más leche cuando los agricultores proporcionan abrevaderos cerca de las áreas de pastoreo o senderos utilizados por el ganado durante la estación seca.

Durante las largas estaciones secas, los animales a menudo deben recorrer un largo camino para tener acceso al agua. Esto consume energía, reduciendo su ganancia de peso y producción de leche. Si los agricultores pueden proporcionar esta pequeña cantidad de agua estableciendo suficientes abrevaderos y haciendo una buena distribución de los mismos en áreas donde pastorean los animales, la productividad del agua aumentaría. Esto también disminuye la degradación tanto del suelo como de pastizales en áreas con poca disponibilidad de agua.

Figura 31: Diversificación con cultivos y ganado para el reciclaje de nutrientes



Fuente: Herrero et al 2010

PARTE 4

Movilizando la acción y la planificación a nivel de la comunidad para adaptar al cambio climático

Algunas de las prácticas que se presentan en este manual se adoptan mejor cuando es a través de la acción comunitaria, especialmente aquellas prácticas que requieren de mano de obra o que involucran propiedad que pertenece a la comunidad o grandes áreas:

- Excavación de zanjas de contorno a lo largo del paisaje.
- Excavación de estanques.
- Excavación de huecos Zai.
- Creación de sistemas de línea clave para la cosecha de agua.
- Establecimiento y mantenimiento de zonas de amortiguamiento alrededor de fuentes de agua.
- Desarrollo y manejo de sistemas de riego que sirven a más de una finca.

Existen muchas prácticas y cambios que las familias campesinas pueden implementar para adaptarse al cambio climático. Pero la adaptación no tendrá éxito a menos que los agricultores y las comunidades tomen acciones que sean de importancia para ellos y para sus situaciones. Como agentes de extensión, será necesario que usted y sus colegas apoyen y orienten este proceso de movilización comunitaria.

No hay una sola manera de orientar un proceso de planificación y acción a nivel de la comunidad. Usted tendrá que modificar y adaptar estas recomendaciones según las condiciones locales. Este proceso tiene cuatro etapas:

1. Tenga en cuenta dónde y cómo la comunidad es vulnerable frente a los riesgos del cambio climático (evaluaciones participativas) y evalúe la capacidad de la comunidad para adaptarse a los riesgos.
2. Apoye a la comunidad para desarrollar un plan de acción para responder a estos riesgos.
3. Apoye a la comunidad para poner en práctica su plan.
4. Ayude a la comunidad para hacer seguimiento y evaluar su plan de acción y aprender del mismo.

El objetivo de la planificación y acción a nivel de la comunidad es el fortalecimiento de la capacidad local para lo siguiente:

- Conocer y evaluar sus riesgos frente al cambio climático, sus activos y su capacidad de adaptación.
- Planificar y prepararse para responder a los efectos locales del cambio climático.
- Reducir los efectos del cambio climático sobre los miembros más vulnerables de la comunidad.
- Desarrollar una estrategia de adaptación para reducir la vulnerabilidad frente a los efectos progresivos del cambio climático mediante la combinación de conocimientos autóctonos y conocimientos expertos (o científicos).
- Responder a y recuperarse de eventos extremos relacionados con el clima (inundaciones, sequías, tormentas extremas).
- Colaborar y negociar con el gobierno local para esfuerzos coordinados de adaptación y apoyo.

4.1 Evaluaciones participativas

En esta etapa, los diferentes grupos de la comunidad evalúan la vulnerabilidad y capacidad de su respectivo grupo. Estos grupos pueden incluir un grupo de criadores de animales (ovejas o ganado), un grupo de productores de cultivos, un grupo de mujeres u hogares cuya cabeza es una mujer, un grupo de jóvenes o un grupo de aldeanos de edad avanzada. La información recopilada en estas autoevaluaciones puede combinarse con la información que usted y la comunidad han recopilado sobre el impacto del cambio climático en la *Parte 2*.

Use su sentido común cuando comparte la información obtenida de los pequeños grupos con toda la comunidad. Si lo hace de manera cuidadosa, entonces ayudará a asegurarse de que las perspectivas de los diferentes grupos sean compartidas de manera neutral y constructiva. De esta manera la comunidad puede desarrollar un plan de acción que es a la vez estratégica e incluyente. Una forma de evaluar la vulnerabilidad y capacidad es utilizando las seis categorías de activos que son comunes en los marcos de medios de vida rurales —activos humanos, sociales, políticos, económicos, naturales y físicos. Usted puede solicitar a cada grupo que indique una vulnerabilidad importante de la comunidad y una capacidad de la comunidad en relación con dicha vulnerabilidad.

Una forma de evaluar la vulnerabilidad y capacidad es utilizando las categorías de activos que son comunes en los marcos de medios de vida rurales —activos humanos, sociales, políticos, económicos, naturales y físicos..

Cuadro 3. Evaluación por parte de la comunidad de la vulnerabilidad y capacidad de adaptación utilizando seis categorías de activos

GRUPO: Familias campesinas que producen cultivos de grano		
ACTIVOS	Ejemplos de VULNERABILIDAD	CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN
Activos naturales	Anteriormente se presentaba una sequía cada 9 a 10 años, pero ahora se presenta cada 3 años.	Hay variedades de maduración temprana y variedades tolerantes de la sequía de dos cultivos de grano disponibles para todo el mundo.
Activos humanos	Los hogares en los cuales una mujer es cabeza de hogar usan solamente variedades de cultivos tradicionales.	La comunidad tiene conocimiento de nuevas variedades y puede organizarse para comprar semilla mejorada a granel para todo el mundo.
Activos sociales	Existe tensión entre agricultores respecto al acceso a manantiales para fines de riego.	Un comité actualmente inoperante sobre recursos hídricos puede volverse a formar y desarrollar un sistema rotativo para el uso razonable del agua y aplicación de tarifas justas. El grupo de jóvenes puede coordinar y hacer seguimiento al sistema.
Activos financieros	Los bancos de ahorro y préstamo no prestan a comunidades rurales para fines de riego.	La comunidad puede implementar grupos comunitarios de ahorro y préstamo con capacitación de una ONG local.
Activos físicos	La comunidad no tiene silos o contenedores de almacenamiento para granos o alimentos para animales. La comunidad no tiene dónde almacenar agua para el ganado en años secos. El manantial que abastece un reservorio siempre se acaba secándose.	El segundo piso del colegio puede ser utilizado para almacenamiento temporal usando materiales locales para la construcción de contenedores de almacenamiento. Ver a continuación.
Activos políticos	La comunidad votó por el partido político que perdió en las últimas elecciones. Como resultado, la comunidad solicita el apoyo gubernamental para construir los sistemas de agua y hacer las mejoras a la infraestructura vial que hasta ahora han sido ignoradas.	La comunidad río arriba permitirá el acceso a una cantera para sacar material para hacer tanques de agua de concreto para los animales y colocará cercas alrededor de un área deforestada para permitir la regeneración natural del agua que abastece el reservorio y mejorar la recarga de aguas subterráneas. A cambio, las dos comunidades formaran cuadrillas de trabajo para la reparación semi-anual de caminos entre las dos comunidades.

Adaptado de Ashby, J. & D. Pachico. 2012. *Climate change: From concepts to action: A guide for development practitioners*. Catholic Relief Services: Baltimore, Maryland, Estados Unidos.

4.2 Desarrollo de un plan de acción comunitario

En esta etapa la comunidad discutirá y acordará un plan de acción realista. Como agente de campo, usted y sus colegas facilitarán las discusiones para llegar a un acuerdo colectivo sobre la vulnerabilidad más importante frente al cambio climático y las soluciones para la adaptación en las cuales trabajará la comunidad. Véase también la sección de *Recursos* para herramientas y técnicas para la planificación participativa. Las siguientes preguntas ayudarán a la comunidad en el proceso de priorización:

Preguntas para ayudar en el proceso de priorización de las vulnerabilidades más importantes de la comunidad frente al cambio climático

- ¿Esta vulnerabilidad (este impacto del cambio climático) se presentará o no a menudo?
- ¿Se afectarán muchos o pocos hogares?
- Desde el momento en que surge por primera vez, ¿se desarrolla muy rápidamente (sin tiempo para hacer preparativos) o lentamente (con tiempo suficiente para hacer preparativos)?
- ¿Duran mucho o poco tiempo los efectos de este impacto del cambio climático?
- ¿El daño causado es muy costoso o poco costoso?
- ¿Es muy probable o poco probable que ocurra?

Fuente: Ashby & Pachico, 2012.

El plan de acción está basado en los siguientes factores::

- Información obtenida de las evaluaciones de los impactos del cambio climático y las vulnerabilidades locales.
- Priorización por parte de la comunidad de una vulnerabilidad sobre la cual se debe actuar (tres como máximo).
- Evaluación de vulnerabilidad y capacidad de adaptación para cada vulnerabilidad considerada prioridad.
- Información sobre soluciones técnicas potenciales o adaptaciones que combinan conocimientos autóctonos y aportes de expertos.

Algunos de los elementos del plan de acción serían los siguientes:

- Una organización local que coordina las actividades del plan de acción y hace seguimiento de los avances del plan basándose en procedimientos de seguimiento y evaluación.
- Un mapa de las áreas que son vulnerables frente a desastres naturales y zonas seguras que sirven de refugio para la población y el ganado.
- Planes de uso de la tierra para fincas y micro-cuencas.
- Soluciones técnicas para la adaptación.
- Un plan para probar soluciones técnicas a nivel local.
- Un plan financiero.
- Un plan de asistencia técnica.

- Un plan de ahorro y préstamos a nivel local para que las soluciones se pueden adoptar.
- Preparación para desastres y planes de respuesta a emergencias.
- Un acuerdo de distribución de beneficios, por ejemplo, sobre quién va a utilizar el agua del estanque.
- Mantenimiento de las estructuras comunitarias.

4.3 Implementación de planes de acción

La implementación requiere recursos de tanto la comunidad como de fuentes externas, y capacitación para fortalecer la capacidad local para que pueda continuar adaptándose a los cambios progresivos en el tiempo y los recursos hídricos. Se necesita un plan para prepararse para una crisis y desarrollar activos para recuperarse de los eventos extremos de impacto como temperaturas más altas, precipitación variable y vientos fuertes. Esto incluirá la recolección y almacenamiento de agua, así como el almacenamiento de suministros producidos con agua —alimentos para humanos y animales al igual que combustible.

Para apoyar la capacidad de adaptación, el plan de acción deberá considerar actividades orientadas hacia:

- Capacitación en cómo continuar las evaluaciones de la vulnerabilidad frente al cambio climático, exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación dentro de la comunidad.
- Pruebas y experimentación con las prácticas de manejo del agua para cultivos, árboles y ganado.
- Desarrollo de experiencia y confianza en la combinación de conocimientos autóctonos y externos sobre prácticas para la adaptación. Por ejemplo, los agentes de extensión pueden promover el riego por goteo, pero si la línea de goteo es demasiado costosa, los agricultores tendrán que diseñar o probar métodos alternativos de riego por goteo utilizando materiales locales.

4.4 Seguimiento, evaluación y aprendizaje

En esta etapa, usted apoyará a la comunidad para hacer seguimiento de los avances en su plan de acción. Es posible que necesiten hacer ajustes al plan y que tendrán que evaluar las vulnerabilidades y la capacidad de adaptación para ver si éstas han cambiado. El seguimiento, monitoreo y evaluación (M&E) participativa con la comunidad reforzarán la capacidad de adaptación de la comunidad y ayudará a todos los involucrados en el plan a utilizar la información de seguimiento para realizar ajustes.

La adaptación depende de grupos de personas trabajando juntos.

El MyE participativos apoyarán el aprendizaje de la comunidad y ayudarán a la comunidad a darse cuenta de que ellos son responsables de continuar el proceso de adaptación por ellos mismos, haciendo uso de recursos internos y buscando recursos externos para obtener información, soporte técnico y apoyo financiero para asegurarse de que se adapten exitosamente al cambio continuo.

Recursos

Dorward, P., D. Shepherd & M. Galpin. 2007. [*Participatory farm management methods for analysis, decision making and communication*](#). Food and Agriculture Organization (FAO): Roma, Italia.

Emergency Capacity Building (ECB) Project. 2007. [*Impact measurement and accountability in emergencies: The good enough guide*](#). Oxfam: Oxford, Reino Unido.

United Nations Development Programme. 2010. *Introduction to climate change adaptation: A UNDP toolkit for practitioners*. UNDP Bureau for Development Policy: New York, New York, Estados Unidos.

United Nations Framework Convention on Climate Change. 2010. [*Handbook on vulnerability and adaptation assessment*](#). Consultative Group of Experts on National Communication from Parties Not Included in Annex I to the Convention (CGE).

Vincent, K., Wnjajiru, L. Aubry, A., Mershon, A., Nyandiga, C. Cull, T. & Banda, K. 2010. [*Gender, climate change and community-based adaptation: A guidebook for designing and implementing gender-sensitive community-based adaptation programmes and projects*](#). United Nations Development Programme: New York, New York, Estados Unidos.

GLOSARIO

- Acuífero** Capa subterránea de roca que contiene agua y que es permeable, con orificios para retener el agua y por medio de los cuales el agua puede pasar. Los acuíferos sirven como reservorios de agua subterránea, siendo el nombre que se da al agua que se encuentra en un acuífero. La parte superior del nivel de agua en un acuífero se llama la capa freática. Un acuífero se llena de agua de lluvia o nieve derretida que drena hacia el suelo. En algunas zonas, el agua pasa a través del suelo por encima del acuífero; en otros, entra a través de las juntas/uniones y/o grietas en las rocas.
- Adaptación** Medidas tomadas para reducir la vulnerabilidad frente a los impactos esperados del cambio climático, tales como el uso de rastrojo para captar una mayor cantidad de agua y evitar la pérdida de agua en las pendientes, o la siembra de una variedad de cultivo que sea más tolerante a la sequía que la variedad que se siembra actualmente.
- Agregados de suelo** Terrones de partículas de suelo que se mantienen unidos por arcilla, materia orgánica como raíces y compuestos orgánicos a partir de bacterias y hongos. Algunas de las partículas de suelo que forman un agregado se encuentran estrechamente unidas; otras no. Esto crea espacios vacíos de diferentes tamaños en el suelo. Estos vacíos o poros, dentro y entre los agregados de suelo, son esenciales para el almacenamiento de aire y agua, microbios, nutrientes y materia orgánica. Los suelos con muchos agregados son más estables y menos susceptibles a la erosión.
- Agricultura de conservación** Sistema agrícola que combina la labranza mínima o arado, la cobertura del suelo con vegetación durante todo el año y la rotación de cultivos de granos y leguminosas u otros cultivos de diversas familias.
- Agricultura de contorno** (zanjas de ladera, trincheras) Método utilizado en terrenos con pendiente para sembrar y manejar los cultivos ubicados a través de la pendiente o para cavar zanjas de ladera o trincheras a través de la pendiente para captar y almacenar agua de lluvia. También ayuda a controlar la erosión del suelo.
- Agricultura de secano** Sistemas agrícolas que dependen total o principalmente del agua de lluvia como fuente de agua.
- Agrosilvicultura** Sistema de uso de la tierra en el cual los agricultores cultivan árboles o plantas perennes leñosas (matorrales, arbustos, árboles maderables) junto con cultivos agrícolas, pastos o ganado.
- Agua azul** Agua no salada o fresca que, tras su escorrentía, forma las aguas superficiales de lagos, ríos, embalses y pozos al igual que el agua subterránea o agua almacenada en los acuíferos subterráneos.
- Agua subterránea** Nombre que se da al agua que se encuentra en un acuífero. Ver también Acuífero.
- Agua verde** Agua de lluvia y agua que se almacena en el suelo como humedad del suelo.
- Anegamiento** Cuando el suelo está saturado con agua y se puede empantanar.
- Árbol joven** Árbol joven con un tronco/fuste delgado.
- Barrera de piedra** Muro de piedras, a menudo construido a lo largo del contorno para captar la escorrentía y la capa arable para fines agrícolas.

- Barrera muerta** Barrera elaborada con residuos de cultivo o piedras para atrapar la capa arable y el agua de lluvia dentro de un área o parcela. Las barreras muertas a menudo se construyen a través del contorno para atrapar las aguas de escorrentía para la agricultura. Ayudan a controlar la erosión del suelo.
- Barreras vivas** Barreras de vegetación, a menudo construidas a través del contorno para retrasar o prevenir la escorrentía y la erosión.
- Berma** Un terraplén, cresta o montículo de tierra que se encuentra elevado y que atraviesa una pendiente o bordea un río, arroyo o canal. Ayuda a controlar la erosión y la pérdida de suelo.
- Biomasa** Todo el material producido por una planta (tallo, hojas, raíces, granos, frutos).
- Calentamiento global** Aumento gradual en la temperatura global de la atmósfera terrestre debido al efecto invernadero causado por aumentos en el dióxido de carbono y otros gases.
- Cambio climático** Cambio a largo plazo en el clima de la tierra, especialmente debido a un aumento de la temperatura media de la tierra, que en el último siglo ha aumentado 0,74 °C en todo el mundo.
- Capa freática** La parte superior del nivel de agua en un acuífero. Ver también Acuífero.
- Capacidad de adaptación** Capacidad de un sistema para ajustarse al cambio climático y/o cambios adversos al sistema, moderar los daños potenciales, aprovechar las oportunidades o hacer frente a las consecuencias del cambio climático. La capacidad de implementar medidas de adaptación puede incluir el desarrollo de activos agrícolas tales como dinero en efectivo, ganadería o incluso el apoyo de la comunidad, por ejemplo, para almacenar grano para épocas en que los cultivos se echan a perder por diferentes causas como el clima, enfermedades, plagas o eventos causados por el hombre.
- Ciclo de nutrientes** Los nutrientes del suelo provienen de la descomposición de tanto rocas portadoras de minerales como de materia orgánica, la cual proviene a su vez de la descomposición de plantas y animales. Los nutrientes que las plantas obtienen de la tierra se almacenan en todos los tejidos de la planta, tales como hojas, tallos y granos. Cuando estos tejidos caen al suelo empiezan a descomponerse y, junto con la descomposición de insectos y animales muertos al igual que las heces de animales, finalmente son reincorporados al suelo por la lluvia y las lombrices de tierra. Allí, la materia orgánica se descompone aún más y se transforma lentamente para convertirse en nutrientes que se ponen a disposición de plantas en crecimiento (y el ciclo continúa).
- Compostaje** Material orgánico descompuesto utilizado como fertilizante que puede incluir hojas descompuestas y otros residuos de cultivos, paja, estiércol de ganado, hojas de leguminosas y desperdicios alimenticios. También llamado abono orgánico.
- Cortaviento / cortina rompevientos** Hilera de árboles o arbustos que ofrece protección contra el viento o rompe su fuerza al ser sembrado a lo largo de su trayectoria.
- Cubierta / follaje del cultivo** Capa superior de un bosque (hojas y ramas) o la parte aérea de un cultivo.
- Cubierta vegetal / rastrojo** Cubierta de plantas en crecimiento o material vegetal muerto (residuos de cosecha) como cobertura en la superficie del suelo durante todo el año.
- Cuenca hidrográfica** (también llamada cuenca) Una cresta de tierra o área alta de colinas y montañas, donde la lluvia que cae y el agua que se acumula drenan hacia los mismos ríos y lagos en sus partes más bajas.

- Cultivo de cobertura** Un cultivo, a menudo una leguminosa, sembrado para evitar la erosión del suelo, captar agua de lluvia, mejorar la fertilidad del suelo y controlar malezas.
- Depresión natural** Tal como se utiliza en esta guía, una depresión natural es una zona poco profunda, hueca o depresión rodeada de tierras más altas, a menudo cavada a mano para recolectar el agua durante la estación lluviosa. A diferencia de los estanques que contienen agua durante todo el año, las depresiones generalmente retienen agua durante una parte del año. (En otros documentos, a menudo se utiliza la palabra “cuenca” para referirse a una amplia zona geográfica, una cuenca de drenaje fluvial o un área drenada por un río.)
- Desagüe** Apertura que permite el fluir del agua. En los muros de contención, es una parte ligeramente más baja del muro, por donde puede vaciarse el agua en exceso sin dañar el muro. También llamado drenaje de agua.
- Diámetro** Línea recta que pasa a través del centro de un círculo.
- Dique** Terraplén o pared largo para almacenar, infiltrar y controlar la erosión causada por el agua.
- Efecto invernadero** Cuando la atmósfera terrestre atrapa la radiación de la luz solar debido a un aumento de ciertos gases, y la temperatura de la atmósfera se eleva por encima de lo normal.
- Erosión** Remoción de la capa arable y fértil del suelo por lluvia, viento, pastoreo excesivo/ sobrepastoreo, o tala de bosques a un ritmo más rápido que los procesos de regeneración del suelo.
- Escoorrentía** Precipitación que se mueve a lo largo de la superficie del suelo y no se infiltra, no se evapora, ni se transpira para convertirse en agua subterránea.
- Especies pioneras** Plantas resistentes y/o adaptables que son las primeras en colonizar un ecosistema dañado o degradado, que ha sido, por ejemplo, sometido a quemas, ha sido inundado o se encuentra altamente erosionado.
- Estrés hídrico** Cuando la demanda o necesidad de agua es mayor que el agua disponible en el suelo, por un espacio de tiempo que no se alcanza la marchitez permanente de la planta.
- Estructura del suelo** La disposición de las partes sólidas del suelo y el espacio poroso ubicado entre éstas. La estructura del suelo depende de cómo se aglutinan o se unen los gránulos individuales de suelo y forman agregados, y por ende, la disposición de los poros del suelo entre ellos. Ver también Agregados del suelo.
- Evaporación** Cuando un líquido, por ejemplo el agua, se convierte en vapor por efecto de un incremento de la temperatura.
- Exposición** La exposición al cambio climático está relacionada en gran parte con la ubicación geográfica. En regiones semiáridas, las comunidades tierra adentro pueden estar expuestas a la sequía y las comunidades costeras están más expuestas a ciclones o huracanes.
- Fertilizante inorgánico** Un abono comercial para plantas elaborado a partir de materiales sintéticos formados a través de procesos químicos.
- Fertilizantes orgánicos** Elaborados de materia animal o vegetal como compostaje, hojas, residuos de cultivo en descomposición, abono verde (leguminosas) rico en nitrógeno, también estiércol de animales y compostaje de lombrices entre otras fuentes.
- Floculación** Cuando las partículas de arcilla se aglutinan. Tendencia a formar grumos/terrones de suelo o masas pegajosas en contacto con el agua.

Forrajes Piensos o alimentos para alimentar el ganado.

Fotosíntesis Proceso utilizado por las plantas y otros organismos para convertir la energía luminosa, normalmente proveniente del sol, en energía química que puede ser liberada para formar azúcares y promover el crecimiento y la producción de las plantas.

Gases de efecto invernadero La atmósfera terrestre tiene un número de gases que atrapan el calor emitido por la tierra. Estos gases incluyen el vapor de agua que se produce naturalmente en la atmósfera; el dióxido de carbono que se produce cuando las personas y los animales respiran, cuando se utilizan combustibles fósiles (carbón, petróleo, gas) y cuando se talan los bosques; el gas metano que se produce cuando el ganado digiere su alimento y en la producción de arroz en los campos; el óxido nitroso que se produce cuando las plantas se descomponen o se desintegran; y el ozono que se produce naturalmente.

Hoyos Zai Hoyos pequeños que son cavados durante la estación seca para concentrar agua de lluvia y nutrientes y donde las plantas crecerán. Se llenan con compostaje, estiércol, paja u hojas de plantas para mejorar la fertilidad y estructura del suelo.

Labranza Arado o perturbación de la superficie del suelo antes de la siembra.

Leguminosa Planta en que la semilla crece en una vaina, por ejemplo arveja o frijol. Las leguminosas tienen la capacidad de 'fijar' nitrógeno o tomar nitrógeno de la atmósfera y convertirlo en una forma que las plantas pueden usar con la ayuda de una bacteria llamada rhizobio. (El nitrógeno es esencial para el crecimiento de las plantas.)

Línea clave El conjunto de puntos de inflexión entre una curva convexa y una cóncava de una pendiente y los puntos que la atraviesan para formar una línea clave donde la escorrentía de agua de lluvia se concentra y alcanza su velocidad máxima. Este es un lugar ideal para recolectar agua para riego.

Lomo Terraplén o cresta de tierra colocado a través de una pendiente o bordeando un campo de cultivo, similar a un camellón.

Macrofauna Organismos presentes en el suelo que miden al menos 1 mm de longitud.

Materia orgánica Materia vegetal o animal descompuesta (cualquier materia que contiene compuestos de carbono). La materia orgánica contiene nutrientes que actúan como un fertilizante natural del suelo, ayudan a retener el agua del suelo y mejoran el drenaje cuando el suelo está saturado.

Media lunas Grandes depresiones semicirculares en el suelo para concentrar agua de lluvia y nutrientes donde las plantas crecen. Se utilizan con mayor frecuencia en las zonas semiáridas y donde los suelos se encuentran encostrados, compactados o son infértiles. A menudo se usan las media lunas para sembrar cultivos arbóreos.

Mitigación La mitigación al cambio climático hace referencia a los esfuerzos tendientes a reducir o prevenir la emisión de gases de efecto invernadero mediante el uso eficiente de la energía y la reforestación para aumentar las poblaciones de árboles que utilizan dióxido de carbono, reduciendo así los gases de efecto invernadero y almacenando (secuestrando) carbono en el material vegetal.

- Pendiente** Superficie que está en declive o inclinada y que no está nivelada, con un lado más alto que el otro. Se puede representar en grados o como porcentaje. El porcentaje de pendiente se calcula dividiendo el cambio vertical (diferencia de altura) por el cambio horizontal (distancia recorrida) y multiplicado por 100. $(\text{Altura} \div \text{Recorrido}) \times 100 = \% \text{ Pendiente}$.
- Porosidad/poros del suelo** Espacios que se encuentran en el suelo de muchos tamaños diferentes y que son esenciales para el almacenamiento de aire y agua, microbios, nutrientes y materia orgánica. Ver también Agregados del suelo.
- Productividad del agua** La cantidad de rendimiento o biomasa total de un cultivo producido por volumen o unidad de agua utilizada.
- Rastrojo** Una cubierta protectora del suelo conformada por residuos de cultivo esparcidos o dejados en la superficie del suelo para reducir la evaporación, mantener una temperatura del suelo que sea uniforme, evitar la erosión, controlar las malezas, enriquecer el suelo e incrementar la infiltración del agua.
- Sedimentos** Materiales como partículas de tierra y piedras pequeñas que se depositan en el fondo del agua en un río o arroyo.
- Sensibilidad** Grado en que un sistema o comunidad resulta afectada por diferentes tipos de estrés relacionados con el clima.
- Siembra al voleo** (semillas) Dispersión de semillas en un área grande, ya sea manualmente o utilizando equipo.
- Terraza en banqueta** Área plana o escalón que se acondiciona en el lado de una pendiente para el establecimiento de uno o varios cultivos.
- Textura del suelo** Las proporciones de partículas de diferentes tamaños en el suelo y las cantidades de arena, limo y arcilla. La textura influye en la cantidad de agua y aire que es retenida por el suelo, la velocidad a la cual el agua puede entrar y moverse a través del suelo y la facilidad con que el suelo puede trabajarse.
- Topografía** Diferentes elevaciones de la tierra, desde valles hasta montañas; también desde la parte baja hasta la parte alta y sus diferentes cambios de altura.
- Transpiración** La evaporación del agua de las hojas de la planta mientras sus estomas están abiertas para el paso de dióxido de carbono y oxígeno durante el proceso de fotosíntesis (producción y crecimiento de la planta).
- Vulnerabilidad** Grado en que un sistema es susceptible frente a los efectos adversos del cambio climático o es incapaz de afrontar dichos efectos. La vulnerabilidad depende del tipo, la magnitud y la rapidez no solo de cambio climático, sino también de la variación climática a que un sistema está expuesto, su sensibilidad y su capacidad de adaptación.
- Zanja de desvío** Excavaciones pequeñas para desviar el flujo de agua lejos de las pendientes o lomos hacia un área donde el agua puede ser descargado de forma segura a través de un desagüe/drenaje seguro o hacia una cuenca de sedimentación.
- Zona de amortiguamiento** En el manejo de aguas, las zonas de amortiguamiento son franjas de tierra con vegetación situadas entre tierras agrícolas y un cuerpo de agua como un río, estanque, arroyo o manantial, para proteger la fuente de agua y los terraplenes alrededor del cuerpo de agua.

REFERENCES

- Amado**, T., S.B. Fernández & J. Mielniczuk. 1998. Nitrogen availability as affected by ten years of cover crop and tillage systems in southern Brazil. *Journal of Soil and Water Conservation* 53(3): 268-271.
- Anderson**, S., S. Gündel, B. Pound & B. Triomphe. 2001. *Cover crops in smallholder agriculture: Lessons from Latin America*. ITDG Publishing: London, UK.
- Ashby**, J. 2005. *Local Agricultural Research Committees in Agriculture investment sourcebook*. Agriculture and rural development. World Bank: Washington, D.C., USA, pp. 83-87.
- Ashby**, J.A., A.R. Braun, T. Gracia, M.P. Guerrero, L.A. Hernandez, C.A. Quiros & J.I. Roa. 2001. *Investing in farmers as researchers: Experience with Local Agricultural Research Committees in Latin America*. CIAT Publication No. 318. CIAT: Cali, Colombia.
- Ashby**, J. & D. Pachico. 2012. *Climate change: From concepts to action; A guide for development practitioners*. Catholic Relief Services: Baltimore, Maryland, USA.
- Avis**, R. 2012. *Swales: The permaculture element that really holds water*. The Permaculture Research Institute: New South Wales, Australia.
- Barron**, J. 2012. *Soil as a water resource: Some thoughts on managing soils for productive landscapes meeting development challenges*. *Agro Environ* 2012, Wageningen.
- Blanco-Canqui**, H., M. Mikha, J. Benjamin, L. Stone, A. Schlegel, D. Lyon, M. Vigil & P. Stahlman. 2009. Regional study of no-till impacts on near-surface aggregate properties that influence soil erodibility. *Soil Science Society of America Journal* 73(4): 1361.
- Bot**, A. & J. Benites. 2005. *The importance of soil organic matter: Key to drought-resistant soil and sustained food and production*. FAO Soils Bulletin 80. Land and Plant Nutrition Management Service, United Nations Food and Agriculture Organization: Rome, Italy.
- Brenner**, A.J. 1996. Microclimate modifications in agroforestry. In: Ong, C.K. & Huxley, P.A. (eds.). *Tree-crop interactions: A physiological approach*. CAB International: Wallingford, UK.
- Buckles**, D., B. Triomphe & G. Sain. 1998. *Cover crops in hillside agriculture: Farmer innovation with Mucuna*. International Development Research Centre (IDRC): Ottawa, Canada & International Maize and Wheat Improvement Center (CIMMYT): Mexico.
- Burnett**, G. 2008. *Permaculture: A beginner's guide*. Land and Liberty Press: Essex, UK.
- Burpee**, G. & K. Wilson. 2004. *The resilient family farm: Supporting agricultural development and rural economic growth*. ITDG Publishing: Warwickshire, UK.
- Castro**, A., M. Rivera, O. Ferreira, J. Pavón, E. García, E. Amézquita, M. Ayarza, E. Barrios, M. Rondón, N. Pauli, M.E. Baltodano, B. Mendoza, L. Wélchez & I. Rao. 2009. *Quesungual slash and mulch agroforestry system (QSMAS): Improving crop water productivity, food security and resource quality in the sub-humid tropics*. CPWF Project Report. International Center for Tropical Agriculture (CIAT): Cali, Colombia.
- Catholic Relief Services**. 2014. *Introduction to the five skills for rural development: Guide to the multiple skills approach*. Catholic Relief Services: Baltimore, Maryland, USA.
- Catholic Relief Services**. 2014. *Natural resource management: Basic concepts and strategies*. CRS: Baltimore, Maryland, USA.
- Chakroff**, M. 1978. *Freshwater fish pond culture and management*. US Peace Corps and Volunteers in Technical Assistance: Washington, DC.
- Corbeels**, M., R.K. Sakyi, R.F. Kühne & A. Whitbread. 2014. *Meta-analysis of crop responses to conservation agriculture in sub-Saharan Africa*. CCAFS Report No. 12. CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS): Copenhagen, Denmark.
- Crozier**, C. 1986. *Soil conservation techniques of hillside farms*. Peace Corps: Washington, DC, USA.
- Derpsch**, R., Friedrich, T., Kassam, A. & Li, H. 2010. Current status of adoption of no-till farming in the world and some of its main benefits. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering* 3(1): 1-25.
- Deschmaecker**, K., T. Armede & A. Haleslassie. 2010. Improving water productivity in mixed crop-livestock farming systems of sub-Saharan Africa. *Agricultural Water Management* 97 (5): 579-586.
- Dorward**, P., D. Shepherd & M. Galpin. 2007. *Participatory farm management methods for analysis, decision making and communication*. United Nations Food and Agriculture Organization (FAO): Rome, Italy.
- Dummett**, C., C. Hagens & D. Morel. 2013. *Guidance on participatory assessments*. Catholic Relief Services: Baltimore, MD.
- Eitzinger**, A., P. Läderach, S. Carmona, C. Navarro & L. Collet. 2013. *Prediction of the impact of climate change on coffee and mango growing areas in Haiti*. Full Technical Report. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT): Cali, Colombia.
- Emergency Capacity Building (ECB) Project**. 2007. *Impact measurement and accountability in emergencies: The good enough guide*. Oxfam: Oxford, UK.

- Falkenmark, M. & J. Rockstrom.** 2005. *Rain: The neglected resource. Swedish Water House Policy Brief No. 2*. SIWI: Stockholm, Sweden.
- Falkenmark, M. & J. Rockstrom.** 2006. The new blue and green water paradigm: Breaking new ground for water resource planning and management. *Journal of Water Resource Planning and Management* 132(3), 129-132.
- FAO.** 1981. *Better freshwater fish farming in Zambia*. Fisheries and Aquaculture Department, FAO: Rome, Italy.
- FAO.** 1988. *Watershed management field manual: Slope treatment measures and practices*. Forestry Department, FAO: Rome, Italy.
- FAO.** 2000. *Manual on integrated soil management and conservation practices. FAO Land and Water Bulletin 8*. FAO: Rome, Italy.
- FAO.** 2001. *Conservation agriculture: Case studies in Latin America and Africa. FAO Soils Bulletin 78*. Natural Resources Management and Environment Department, FAO: Rome, Italy.
- FAO.** 2005. *The importance of soil organic matter: Key to drought-resistant soil and sustained food production. FAO Soils Bulletin 80*. FAO: Rome, Italy.
- FAO.** 2007. *Handbook on small-scale freshwater fish farming. FAO Training Series No. 24*. FAO: Rome, Italy.
- FAO.** 2011. *Social analysis for agriculture and rural investment projects*. FAO: Rome, Italy.
- FAO.** 2011. *The state of the world's water resources for food and agriculture: Managing systems at risk*. FAO: Rome, Italy.
- FAO.** 2012. *"Participatory rural appraisal (PRA) tool box"*. FAO: Rome, Italy.
- FAO.** 2013. *Captación y almacenamiento de agua de lluvia: Opciones técnicas para la agricultura familiar en América Latina y el Caribe*. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe: Santiago, Chile.
- FAO.** 2013. *Climate-smart agriculture sourcebook: Module 3. Water management*. FAO: Rome, Italy.
- FAO.** 2014. *The state of food and agriculture 2014: Innovation in family farming*. FAO: Rome, Italy.
- Feineigle, M.** 2013. *Before permaculture: Keyline planning and cultivation*. Permaculture Research Institute: New South Wales, Australia.
- Feldstein, H.S. & J. Jiggins.** 1994. *Tools for the field: Methodologies handbook for gender analysis in agriculture*. Kumarian Press: West Hartford, Connecticut, USA.
- Freudenberger, K.S.** 2011. *Rapid Rural Appraisal and Participatory Rural Appraisal*. Catholic Relief Services: Baltimore, MD.
- Fujisaka, S., F. Holmann, M. Peters, A. Schmidt, D. White, C. Burgos, J.C. Ordoñez, M. Mena, M.I. Posas, H. Cruz, C. Davis & B. Hincapié.** 2005. Estrategias para minimizar la escasez de forrajes en zonas con sequías prolongadas en Honduras y Nicaragua. *Pasturas Tropicales* 27(2): 73-92.
- Hatfield, J.L., T.J. Sauer & J.H. Prueger.** 2001. Managing soils to achieve greater water use efficiency: a review. *Agronomy Journal* 93(2): 271-280.
- Hatibu, N., M.D.B. Young, J.W. Gowing, H.F. Mahoo & O.B. Mzirai.** 2003. Developing improved dryland cropping systems for maize in semi-arid Tanzania. Part 1: Experimental evidence of the benefits of rainwater harvesting. *Journal of Experimental Agriculture* 3(3): 279-292.
- Herrero, M., P.K. Thornton, A.M. Notenbaert, S. Wood, S. Msangi, H.A. Freeman, D. Bossio, J. Dixon, M. Peters, J. Van de Steeg, J. Lynam, P. Parthasarathy Rao, S. Macmillan, B. Gerard, J. McDermott, C. Seré, & M. Rosegrant.** 2010. Smart investments in sustainable food production: Revisiting mixed crop-livestock systems. *Science* 327: 822-825.
- Hobbs, P.R.** 2007. Conservation agriculture: What is it and why is it important for future sustainable food production? *Journal of Agricultural Science* 145: 127-137.
- Inter-governmental Panel on Climate Change.** 2007. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability: Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. (Parry, M.L., O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, eds.). Cambridge University Press: Cambridge, UK.
- International Institute of Rural Reconstruction.** 2002. *Managing dryland resources: A manual for Eastern and Southern Africa*. International Institute of Rural Reconstruction: Nairobi, Kenya.
- International Water Management Institute.** 2007. In Molden, D., ed. *Water for food, water for life: A comprehensive assessment of water management in agriculture*. Earthscan and International Water Management Institute: London, England, UK and Colombo, Sri Lanka.
- Joyce, B., W. Wallender, J. Mitchell, L. Huyck, S. Temple, P. Brostrom & T. Hsiao.** 2002. Infiltration and soil water storage under winter cover cropping in California's Sacramento Valley. *Transactions of American Society of Agricultural and Biological Engineers* 45: 315-326.
- Keller, A. & D. Seckler.** 2005. Limits to the productivity of water in crop production. California water plan update. *Crop Water Use* 4: 177-197.
- Klocke, N., R. Currie & R. Aiken.** 2009. Soil water evaporation and crop residues. *Transactions of American Society of Agricultural and Biological Engineers* 52(1):103-110.
- Läderach, P., J. Hagggar, C. Lau, A. Eitzinger, O. Ovalle, M. Baca, A. Jarvis & M. Lundy.** 2010. *Mesoamerican coffee: Building a climate change adaptation strategy. CIAT Policy Brief No. 2*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT): Cali, Colombia.
- Lancaster, B.** 2009. *Rainwater harvesting for drylands, Volume 1: Guiding principles to welcome rain into your life and landscape*. Rainsource Press: Tucson, Arizona, USA.
- Lancaster, B.** 2010. *Rainwater harvesting for drylands and beyond, Volume 2: Water harvesting earthworks*. Rainsource Press: Tucson, Arizona, USA.

- Lawton**, G. No date. *From desert to oasis* (video).
- Lawton**, G. 2010. [Geoff Lawton's list of pioneer plant species used on the greening the desert site](#).
- Lobo**, C. Date unknown. *Songaon decides to change*. Watershed Organisation Trust: Ahmednagar, Maharashtra, India.
- Lu**, Y., K. Watkins, J. Teasdale & A. Abdul-Baki. 2000. Cover crops in sustainable food production. *Food Reviews International* 16: 121-157.
- Manning**, J. & C. Fenster. 1983. What is conservation tillage? *Journal of Soil and Water Conservation* 38(3): 140-143.
- MARN** (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, El Salvador). 2000. *Primera comunicación nacional sobre cambio climático: República de El Salvador*. MARN: San Salvador, El Salvador.
- Mendoza**, R.B. & D.K. Cassel. 2002. *Hedgerows and their effects on crop productivity and soil loss induced by water and tillage erosion on small run-off plots in the El Pitul watershed, Nicaragua*. USAID-CRISP, Technical Bulletin No. SM CRSP2002-01, Texas A&M University, College Station, Texas, USA.
- Mills**, A.J. & M.V. Fey, M. 2004. Frequent fires intensify soil crusting: Physicochemical feedback in the pedoderm of long-term burn experiments in South Africa. *Geoderma* 121(1-2): 45-64.
- Mitchell**, J., P. Singh, W. Wallender, D. Munk, W. Horwath, P. Hogan, R. Roy, B. Hanson & J. Wroble. 2012. No-tillage and high-residue practices reduce soil water evaporation. *California Agriculture* 66(2): 55-61.
- Mollison**, B., & R.M. Slay. 1991. *Introduction to permaculture*. Tagari Publications: Tyalgum, Australia.
- Motis**, T. & C. D'Aiuto. 2013. *Zai pit system. ECHO Technical Note #78*. Educational Concerns for Hunger Organization: North Fort Myers, Florida, USA.
- Pimental**, D., C. Harvey, P. Resosudarmo, K. Sinclair, D. Kurz, M. McNair, S. Crist, L. Shpritz, L. Fitton, R. Saffouri & R. Blair. 1995. Environmental and economic costs of soil erosion and conservation benefits. *Science* 267(5201): 1117-1123.
- Rees**, D. 1998. *Rainwater harvesting: Technical brief*. Practical Action: Rugby, Warwickshire, UK.
- Rockström**, J., J. Barron & P. Fox. 2003. Water productivity in rain-fed agriculture: Challenges and opportunities for smallholder farmers in drought-prone tropical agroecosystems. In Kijne, J.W. et al., eds. *Water productivity in agriculture: Limits and opportunities for improvement*. CAB International: Wallingford, UK, in association with the International Water Management Institute (IWMI), Sri Lanka, 2004, pp. 354.
- Rockström**, J., N. Hatibu, T.Y. Oweis, S. Wani, J. Barron, A. Bruggeman, J. Farahani, L. Karlberg & Z. Qiang. 2007. Managing water in rainfed agriculture. In: Molden, D. (ed.). *Water for food, water for life: A comprehensive assessment of water management in agriculture*. Earthscan and International Water Management Institute (IWMI): London and Colombo.
- Rockström**, J., P. Kaumbutho, J. Mwalley, A. W. Nzabi, M. Temesgen, L. Mawenya, J. Barron, J. Mutua, and S. Damgaard-Larsen. 2009. Conservation farming strategies in East and Southern Africa: Yields and rain water productivity from on-farm action research. *Soil and Tillage Research* 103 (1): 23-32.
- Schiere**, H.B., R.L. Baumhardt, H. Van Keulen, A.M. Whitbread, A.S. Bruinsma, A.V. Goodchild, P. Gregorini, M.A. Slingerland & B. Hartwell. 2006. Mixed crop-livestock systems in semiarid regions. In: Peterson, G.A., Unger, P.W. & Payne, W.A., eds. *Dryland agriculture. American Society of Agronomy Monograph Series No. 23*. Madison, Wisconsin, USA, pp. 227-291.
- Schmidt**, A., A. Eitzinger, K. Sonder & G. Sain. 2012. *Tortillas on the roaster: Central American maize-bean systems in a changing climate*. Technical report by CIAT, CRS, CIMMYT. Catholic Relief Services: Baltimore, MD, USA.
- Steduto**, P. & R. Albrizio. 2005. Resource use efficiency of field-grown sunflower, sorghum, wheat and chickpea: II. Water use efficiency and comparison with radiation use efficiency. *Agricultural and Forest Meteorology* 130(3): 269-281.
- Steduto**, P., T.C. Hsiao & E. Fereres. 2007. On the conservative behavior of biomass water productivity. *Irrigation Science* 25(3): 189-207.
- Suarez de Castro**, F. 1980. *Conservación de suelos. Serie Libros y Materiales Educativos No. 37*. IICA (Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas): San Jose, Costa Rica.
- Tanner**, C.B. & T.R. Sinclair. 1983. Efficient water use in crop production: Research or re-search? In H.M. Taylor et al., eds. *Limitations to efficient water use in crop production*. American Society of Agronomy: Madison, WI, USA.
- Thierfelder**, C. & P.C. Wall. 2011. Reducing the risk of crop failure for smallholder farmers in Africa through the adoption of conservation agriculture. In: Bationo, A., B. Waswa, J.M. Okeyo, F. Maina & J. Maguta Kihara, eds. *Innovations as key to the green revolution in Africa: Exploring the scientific facts*. Springer: Netherlands, pp. 1269-1277.
- Thurou**, T.L. & J.E. Smith. 1998. *Evaluación de métodos de conservación de suelos y agua aplicados a las tierras de ladera cultivadas en el sur de Honduras*. Programa de Investigación Colaborativo de Manejo de Suelo de la Universidad de Texas A&M. Boletín Técnico No. 98-2. United States Agency for International Development and Texas A&M University: Washington, D.C. and College Station, Texas, USA.
- United Nations Development Programme**. 2007. *Human development report 2007/2008. Fighting climate change: Human solidarity in a divided world*. UNDP: New York.
- United Nations Development Programme**. 2010. *A toolkit for designing climate change adaptation initiatives*. UNDP Bureau of Development Policy: New York, New York, USA.
- United Nations Environment Programme**. Date unknown. 2.1.2. Rock and roof catchments. In *Sourcebook of alternative technologies for freshwater augmentation in Africa*. UNEP: Rome, Italy.
- United Nations Environment Programme**. Date unknown. 3.4 Rainwater harvesting for agricultural water supply. In *Sourcebook of alternative technologies for freshwater augmentation in some countries of Asia*. UNEP: Rome, Italy.

- United Nations Environment Programme.** 2008. 1.1 Rainwater harvesting from rooftop catchments. In [Sourcebook of Alternative technologies for freshwater augmentation in Latin America and the Caribbean](#). UNEP: Rome, Italy.
- United Nations Framework Convention on Climate Change.** 2010. [Handbook on vulnerability and adaptation assessment. Consultative Group of Experts on National Communication from Parties Not Included in Annex I to the Convention \(CGE\)](#). United Nations: New York, New York, USA.
- UN-Water.** 2010. [Climate change adaptation: The pivotal role of water](#). UN Water Policy Brief. United Nations: New York, New York, USA.
- Van Eer,** A., T. van Schiel & A. Hilbrands. 2004. [Small-scale freshwater fish farming](#). Agromisa Foundation: Wageningen, the Netherlands.
- Vanlauwe,** B., J. Wendt, K.E. Giller, M. Corbeels, B. Gerard & C. Nolte. 2014. A fourth principle is required to define conservation agriculture in sub-Saharan Africa: The appropriate use of fertilizer to enhance crop productivity. *Field Crops Research* 155: 10-13.
- Verma,** L.R. 1998. [Indigenous technology knowledge for watershed management in upper north-west Himalayas of India](#). FAO: Rome, Italy.
- Vincent,** K., L. Wnjajiru, A. Aubry, A. Mershon, C. Nyandiga, T. Cull & K. Banda. 2010. [Gender, climate change and community-based adaptation: A guidebook for designing and implementing gender-sensitive community-based adaptation programmes and projects](#). UNDP: New York, New York, USA.
- Wani,** S.P., P. Singh, K. Boomiraj & K.L. Sahrawat. 2009. Climate change and sustainable rain-fed agriculture: challenges and opportunities. *Agricultural Situation in India* 66 (5): 221-239.
- Welchez,** L.A. 1999. Mejoramiento en relación al uso de tecnologías de producción en laderas del sur de Lempira, Honduras, C.A. *Revista Laderas Centroamericana* 5:11-16.
- Welchez,** L.A. & I. Cherrett. 2002. The Quesungual system in Honduras: An alternative to slash and burn. *LEISA* 18 (3).
- Wilson,** T. 2007. Perceptions, practices, principles and policies in provision of livestock water in Africa. *Agricultural Water Management* 90(1-2): 1-12.
- Worm,** J. & T. van Hattum. 2006. [Rainwater harvesting for domestic use](#). *Agrodok* 43. Agromisa Foundation and CTA: Wageningen, The Netherlands.
- Zougmore,** R., A. Jalloh & A. Tioro. 2014. [Climate-smart soil water and nutrient management options in semiarid West Africa: A review of evidence and analysis of stone bunds and zaï techniques](#). *Agriculture & Food Security* 2014, 3:16.

