

# Selección de sitios para establecer sistemas de captación de escorrentía



# Selección de sitios para establecer sistemas de captación de escorrentía

MEFCCA  
COSUDE, CATIE

Nicaragua, 2018

# Contenido

<b>Introducción</b>	<b>4</b>
<b>Glosario</b>	<b>6</b>
<b>Ciclo del agua</b>	<b>8</b>
El agua en la cuenca hidrográfica	10
Agua: recurso renovable	11
<b>El cambio climático</b>	<b>12</b>
El cambio climático en Nicaragua	13
<b>Estado de la cosecha de agua en Nicaragua</b>	<b>14</b>
<b>El sistema de captación de escorrentía en finca</b>	<b>15</b>
<b>Área de captación o recarga</b>	<b>15</b>
<b>Reservorio</b>	<b>18</b>
Partes de un reservorio	18
<b>Área de cultivo y abrevadero</b>	<b>21</b>
<b>Pasos para seleccionar el sitio</b>	<b>22</b>
<b>Características claves del sitio</b>	<b>23</b>
<b>Características de la microcuenca</b>	<b>24</b>
<b>Características del área para el sistema de cosecha de agua</b>	<b>25</b>
Pendiente	25
Precipitación	25
Temperatura	25
Riesgos de erosión y sedimentación	25
Tipos de suelo	26
<b>Características del área para el reservorio</b>	<b>27</b>
<b>Características del área de cultivo y del abrevadero</b>	<b>29</b>
Métodos para seleccionar el área del sistema de captación de escorrentía	30

Método 1: Selección del sitio desde la finca	30
Método 2: Selección del sistema con Google Earth Pro	32
Validación en campo	33
<b>Excavación de calicatas para muestreo de suelos</b>	<b>34</b>
<b>¿Cómo se determina el tamaño del reservorio?</b>	<b>35</b>
Obtener datos climáticos	35
Definir en qué se usará el agua captada	35
Establecer el volumen de agua que se necesita almacenar	36
Necesidades de agua para uso agrícola	37
<b>Necesidades de agua para uso en ganadería</b>	<b>39</b>
<b>Pérdidas de agua por infiltración</b>	<b>41</b>
Método 1: excavación de un pozo	41
Método 2: determinar la calidad de la arcilla	42
<b>Pérdida de agua por evaporación</b>	<b>43</b>
Método de campo para determinar el grado de evaporación en la finca	44
<b>Tamaño y formas del reservorio</b>	<b>45</b>
Dimensiones para reservorio semicircular de 3000 m <sup>3</sup>	46
Dimensiones para un reservorio trapezoidal de 1000 m <sup>3</sup>	46
<b>Bibliografía</b>	<b>47</b>

# Introducción

Se calcula que dos tercios del agua de lluvia que cae en los continentes no se aprovechan y se pierden por escorrentía. Los sistemas de cosecha de agua tienen la finalidad de captar y almacenar, en reservorios superficiales, el agua que se escurre por la superficie del suelo después de cada lluvia.

El agua captada se puede utilizar en sistemas de riego para compensar la falta de precipitación durante la temporada lluviosa y evitar el estrés hídrico de los cultivos. En la época de verano el agua se puede usar para establecer pequeñas áreas de cultivos o, en su caso, para abrevar el ganado.

En Nicaragua, los efectos del cambio climático y la variabilidad climática, tienen una atención prioritaria en las políticas y estrategias del Gobierno de Reconciliación y Unidad Nacional, como señala El Plan Nacional de Desarrollo Humano 2012-2016, en el que se destaca la cosecha de agua como medida de adaptación prioritaria.

La variabilidad climática hace que los distintos fenómenos climatológicos golpeen con más fuerza y frecuencia la agricultura, la ganadería y otros medios de vida. La zona más afectada en Nicaragua es el "Corredor Seco", que cubre una buena proporción del territorio nacional. El corredor seco abarca aproximadamente 91 municipios y aglutina más del 60% de la población nacional; compuesta en su gran mayoría por pequeños productores que practican agricultura de subsistencia.

A pesar que los productores ya implementan medidas de adaptación, como por ejemplo ajustes a los calendarios de siembra y uso de variedades resistentes a la sequía, pocos han logrado adoptar alternativas tecnológicas para la época seca y períodos caniculares.

Bajo este escenario los sistemas de captación de escorrentía con sistemas de riego, son una oportunidad para mejorar la resiliencia de las familias y sus sistemas productivos.

En esta primera guía, el Ministerio de Economía Familiar, Comunitaria, Cooperativa y Asociativa (MEFCCA) ofrece una explicación apropiada de los elementos más importantes que se deben conocer y emplear para seleccionar el sitio donde se construirá nuestro sistema de captación de escorrentía. Este paso es muy importante, pues la selección del sitio adecuado incrementa la probabilidad de éxito de la inversión que realizará la familia.

# Glosario

**Acuífero:** formación geológica natural que guarda agua.

**Aridez:** condición climática permanente en la que predomina una muy baja precipitación anual o estacional.

**Área de recarga:** es la parte alta de una cuenca hidrográfica donde una gran parte de las precipitaciones se infiltran en el suelo y la otra parte, se escurre por la superficie y es la que puede ser captada y aprovechada en diversas labores agropecuarias o de uso humano.

**Cambio climático:** según la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, es un cambio de clima atribuido, directa o indirectamente, a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables.

**Corredor seco:** define a un grupo de ecosistemas que se combinan en la ecorregión del bosque tropical seco de Centroamérica en la vertiente pacífica, abarcando gran parte de la región central premontaña de El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Guanacaste en Costa Rica y el Arco Seco de Panamá.

**Cosechar agua:** recolección del agua de lluvia que cae directamente sobre el reservorio y de la que escurre superficialmente hacia esta estructura para su uso posterior en labores agropecuarias y/o domésticas.

**Cuenca hidrográfica:** es la superficie de terreno cuya escorrentía superficial fluye a través de corrientes, ríos y lagos hacia el mar por una desembocadura única, estuario o delta.

**Escorrentía:** en este documento se refiere a la lámina de agua proveniente de la lluvia que se desliza cuesta abajo sobre la superficie del suelo.

**Geomembranas:** son láminas geosintéticas impermeables que estancan los líquidos. Uno de sus principales usos es evitar la pérdida por infiltración en verdederos, balsas, canales, lagos ornamentales, reservorios, etc.

**Manto freático:** capa de agua subterránea libre, estancada o en circulación procedente de la infiltración de agua en terrenos permeables y porosos.

**Medios de vida:** son el sustento de una persona que le permiten asegurar sus necesidades vitales. Incluyen recursos materiales y sociales.

**Mitigación:** medidas estructurales y no estructurales adoptadas o previstas para limitar el impacto adverso de los riesgos.

**Perímetro:** en el documento se refiere al contorno del reservorio.

**Prevención:** actividades y medidas previstas con anticipación para asegurar una respuesta eficaz a una situación potencial de riesgo.

**Reservorio:** depósito o estructura de tierra impermeabilizada que capta agua de lluvia directa y de escorrentía en un lugar determinado.

**Sequía:** rasgo recurrente del clima que se caracteriza por la escasez temporal del agua.

**Sequía hidrológica:** disminución en la alimentación a los sistemas hidrológicos superficiales y subterráneos.

**Sequía agronómica:** para la agricultura de secano es el déficit de humedad de la tierra que sigue a una sequía meteorológica y que produce impactos negativos en la cosecha o en el crecimiento de la vegetación. Para la agricultura de regadío es la escasez de agua que abastece los sistemas de riego debido a la sequía en las aguas superficiales o subterráneas.

**Subcuenca:** es una superficie de terreno cuyas aguas desembocan en un río principal.

**Talud:** en construcción es la diferencia que existe entre el grosor del sector inferior de la pared o muro y el sector superior creando una pendiente.



## Ciclo del agua

Muchas personas piensan que el agua se produce, pero no es así, el agua de hoy es la misma de hace millones de años. Lo que sí cambia es su estado; pasa de líquido a gaseoso cuando se forman las nubes de gaseoso a líquido cuando cae en forma de lluvia. La circulación y conservación de agua en la Tierra se llama ciclo hidrológico o ciclo del agua (Figura 1).

El ciclo hidrológico comienza con la evaporación del agua de los océanos, lagos y ríos por efecto del calentamiento provocado por los rayos del sol. El agua, en forma de vapor, sube a la atmósfera y se condensa formando las nubes, que no son más que gotas minúsculas de agua. Ayudadas por el viento, las nubes se trasladan de un lugar a otro. Cuando encuentran corrientes de aire más frío, esas pequeñas gotas se unen para formar gotas más grandes, que terminan por caer a la tierra en forma de lluvia, nieve o granizo.

Al caer la lluvia, una parte del agua se infiltra al suelo y otra escurre por la superficie para alimentar los ríos, lagos y mares, donde se vuelve a calentar y se evapora, comenzando de nuevo el ciclo hidrológico.

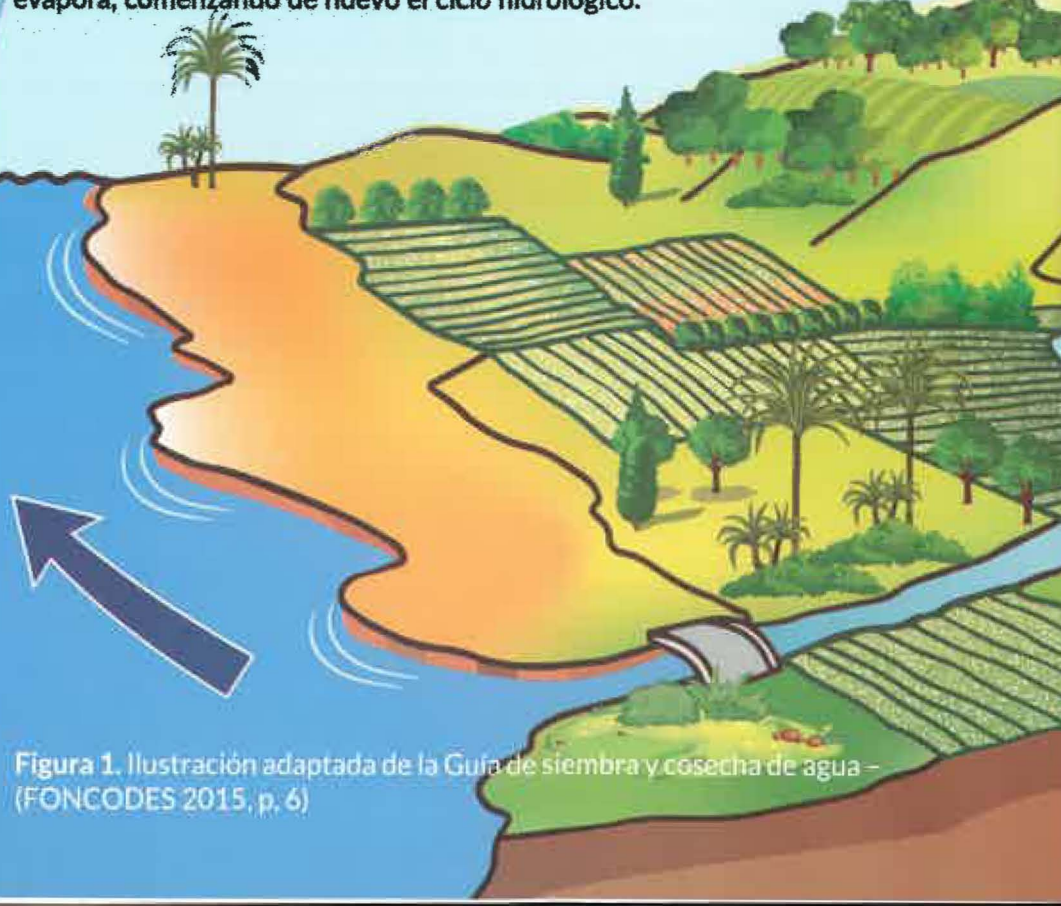


Figura 1. Ilustración adaptada de la Guía de siembra y cosecha de agua – (FONCODES 2015, p. 6)



## El agua en la cuenca hidrográfrica

Una cuenca hidrográfrica es un sistema conformado por suelos, bosques, agua y seres vivos, entre los cuales estamos los seres humanos. Es un territorio geográficamente bien definido, con sus límites superiores en las partes más altas donde se dividen los cerros o montañas. A partir de aquí, drenan pequeñas quebradas y ríos, que van uniéndose poco a poco hasta formar un río más grande, en la parte más baja, donde la cuenca tiene su límite inferior. Este río puede desembocar en un río más grande, un lago o el mar (Figura 2).



Figura 2. Ilustración de una cuenca hidrográfrica. Fuente: CATIE.

El territorio de las cuencas puede dividirse en tres partes. Parte alta, es la cabecera o límite de la cuenca donde predominan montañas y cerros más altos. En estas zonas es fundamental conservar el bosque para asegurar la retención e infiltración de agua de lluvia. El agua infiltrada alimenta los acuíferos subterráneos o en la época seca brota a través de los manantiales.

En la parte media de la cuenca predominan suelos con pendientes menores a las de la parte alta. Los suelos pueden ser utilizados para la agricultura y otras actividades productivas, siempre que se usen buenas prácticas de conservación de suelo y agua. Es necesario proteger las pendientes y riberas de quebradas o ríos para asegurar que el agua no erosione los suelos.

La parte baja es la zona de descarga de la cuenca, con suelos planos o de pendientes menores, favorables para la agricultura intensiva. En esta parte habrá agua disponible, siempre que haya un buen manejo arriba de la cuenca.

## Agua: recurso renovable

El agua es el recurso natural renovable e integrador dentro de las cuencas, que nos proporciona la naturaleza para uso personal, para la agricultura, la ganadería, la industria y muchos otros fines (Figura 3).

El agua se encuentra de forma natural en los tres estados. El sólido en forma de hielo, el líquido como el agua que corre por los ríos y el gaseoso que lo vemos en las nubes.



**Figura 3. Usos posibles del agua.**  
Fuente: CATIE.

Dentro de una cuenca hidrográfica podemos encontrar aguas superficiales y subterráneas. Las superficiales se encuentran sobre el suelo y se observan a simple vista, como en los océanos, mares, lagos, embalses, lagunas y ríos. Estos cuerpos de agua son alimentados por la escorrentía generada de las precipitaciones o por afloramiento de aguas subterráneas.

El agua subterránea es la parte de la precipitación que se filtra a través del suelo hasta llegar al material rocoso. Representa una cantidad importante de la masa de agua presente en el suelo y se aloja en los acuíferos. Las venas de agua o acuíferos circulan hacia partes más bajas de las cuencas y pueden surgir hacia la superficie a través de pequeños manantiales, lagos o lagunas.

## El cambio climático

El cambio climático es una variación en el estado del clima, que persiste durante décadas o periodos más largos. Es atribuido directa o indirectamente a las actividades humanas que alteran la composición de la atmósfera de nuestro planeta, por ejemplo, las emisiones de gases de efecto invernadero. Además, se suma a la variabilidad natural del clima.

Este fenómeno global, puede asociarse con otros factores locales como la deforestación, el deterioro de los suelos, el avance de la frontera agrícola, entre otras actividades humanas que además alteran el balance hídrico.



*La deforestación es una de las causas del cambio climático mundial. Foto: CATIE.*

# El cambio climático en Nicaragua

Los cambios en el clima ocurridos en las últimas décadas y que se proyectan para este siglo son una amenaza creciente.

Según Naciones Unidas (2011), el 69% de la población nicaragüense está expuesta a dos o más riesgos por factores climáticos. Nicaragua es un país con elevada vulnerabilidad a los cambios extremos del clima, lo que se ha evidenciado en los impactos de recientes eventos climáticos, como huracanes y sequías persistentes que han afectado los medios de vida de la población.

El cambio climático ha aumentado la amenaza de la sequía y de otros eventos meteorológicos extremos, que tienen efectos en la producción agrícola y en la seguridad alimentaria de las familias. Las más vulnerables son las familias de pequeños productores que practican una agricultura de subsistencia.

Se estima que el 30.1% del territorio nacional es afectado por la sequía, impactando a los agricultores de subsistencia, que carecen de condiciones mínimas para enfrentar las consecuencias adversas del cambio climático. Este territorio es conocido como el corredor seco de Nicaragua (Bendaña 2012, p. 31).

Ante este panorama, es fundamental que se identifiquen los mecanismos de adaptación existentes: las acciones que los pequeños productores han adoptado en sus sistemas de producción para adaptarse a la variabilidad climática, reducir su vulnerabilidad y desarrollar resiliencia ante los desastres.

La adaptación al cambio climático consiste en crear las capacidades de resistir impactos negativos en poblaciones y ecosistemas terrestres y acuáticos.

También se debe considerar el mejoramiento del ciclo hidrológico en la microcuenca para favorecer la producción de agua, disminuir los procesos de erosión y sedimentación que agotan la riqueza de los suelos, evitar la compactación de las zonas de recarga de los acuíferos y mantener la capacidad de cauce de quebradas, arroyos, ríos, lagunas y lagos.

# Estado de la cosecha de agua en Nicaragua

A través de los años, diferentes acciones públicas y privadas han implementado iniciativas de captación de escorrentía como mecanismo de adaptación de la producción agropecuaria, principalmente en las zonas más secas.

En 2007, varias organizaciones de productores con apoyo del Fondo Común de Productos Básicos trabajaron en la tecnología de cosecha de agua. En 2009, el proyecto "Transformación de la agricultura de secano a agricultura de riego mediante la cosecha de agua en Costa Rica, México y Nicaragua", construyó reservorios en los departamentos Nueva Segovia, Madriz y León. El Instituto de Desarrollo Rural (IDR), con apoyo del Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola, construyó en los departamentos de Estelí y Madriz 1008 pilas, 360 reservorios y 98 estanques de plástico con estructura metálica.

Actualmente, el Proyecto Adaptación de la Agricultura al Cambio Climático a través de la Cosecha de Agua en Nicaragua, que ejecuta el MEFCCA, con apoyo financiero de COSUDE y asistencia técnica del CATIE, construye 1200 re-



servorios en el Corredor Seco nicaragüense. La idea es ofrecer a 1200 familias, la posibilidad de incorporar el riego a sus cultivos y agua para su ganado durante todo el año, como una forma de adaptar los medios de vida de estas familias.

## Sistema de captación de esorrentía en finca

El sistema de captación de esorrentía es una técnica que tiene la finalidad de captar y almacenar, en reservorios superficiales (embalses), el excedente de agua que se produce en la superficie del suelo después de cada lluvia para su posterior utilización. El sistema de captación de esorrentía puede tener muchas variantes, en dependencia de la situación socioeconómica del productor, de las características climáticas y del tipo de suelos que tenga en la finca.

Un sistema de cosecha de esorrentía está compuesto de tres partes principales, que componen un todo, y que deben trabajarse como un todo:

1. La zona o área de recarga del agua de lluvia
2. El reservorio en sí mismo
3. El área de cultivo y/o abrevadero

Los sistemas de captación de esorrentía a pequeña y mediana escala deben establecerse en una porción de terreno dentro de una microcuenca.

Los principales objetivos de un sistema de captación de agua de lluvia se pueden resumir en lo siguiente:

- Aumentar la eficiencia del agua de lluvia, aprovechando una parte considerable de la esorrentía en labores agropecuarias y domésticas
- Reducir los riesgos de pérdidas en los cultivos por sequías o por la inestabilidad de la temporada lluviosa
- Incrementar la productividad de los cultivos y animales para asegurar el bienestar socioeconómico de las familias
- Prevenir y revertir la degradación de los suelos ocasionada por la erosión hídrica





# Área de captación o recarga

Es la parte más alta de la finca, la que presenta la topografía más pronunciada (cerros, laderas, pequeñas elevaciones). Cuando esta área cuenta con abundante vegetación, se produce aquí la mayor infiltración de agua de lluvia en el suelo. Es frecuente que en estas áreas se formen vertientes de agua, pequeñas quebradas y canales o líneas de drenaje del agua de escorrentía. Es importante conocer cuánta lluvia cae en la zona de captación y en qué épocas del año ocurre (Figura 4).

Los suelos recomendados para el área de captación deben ser, de preferencia, no aptos para la agricultura, pedregosos o rocosos, cubiertos de pastos o arbustos para que garanticen estabilidad frente a eventuales deslizamientos de tierra. Si no existen esas condiciones en la finca o microcuenca, se recomienda implementar buenas prácticas de conservación de suelo y agua para controlar la velocidad de la escorrentía y los sedimentos. Estas técnicas también se pueden aprovechar para redirigir el agua de escorrentía hacia el reservorio (Figura 5).

Las prácticas más usadas para la conservación del suelo y agua son: rotación de cultivos, cultivo en contorno, terrazas, curvas a nivel, barreras vivas y muertas, acequias de laderas, obras de bioingeniería, estructuras para retención y captación de agua, cortinas rompevientos, manejo de rastros

jos y residuos vegetales, labranza en contorno, labranza mínima y cultivos de cobertura.



Figura 5. Perfil de escorrentía. Fuente CATIE 2015, p. 13.

El área de recarga debe ser mayor al área que se pretende regar para que se pueda captar el agua requerida. El principio básico es que si la lluvia no es suficiente para cubrir la necesidad del cultivo, entonces hay que captar la escorrentía de áreas cercanas para llevarla hacia el área de laboreo.

## Reservorio

También son llamados lagunetas o embalses para referirse a depósitos artificiales de captación de aguas de lluvia de escorrentía en una microcuenca. Esta obra requiere de una importante inversión en trabajo y dinero. El reservorio es una estructura de tierra impermeabilizada con arcilla, cemento, geomembrana o plástico negro de 1 mm de espesor.

Se construye en un sitio estratégico de la finca que permita captar la escorrentía de una pendiente ligera en un reservorio para ser usada en el área de cultivos, a través de sistemas de riego o para los abrevaderos de animales.

### Partes de un reservorio

**Cuerpo de la presa o dique:** es un muro construido generalmente de la tierra que se remueve para formar el embalse o vaso donde se almacena el agua captada. Intercepta y retiene el curso del agua de la escorrentía (Figura 6).

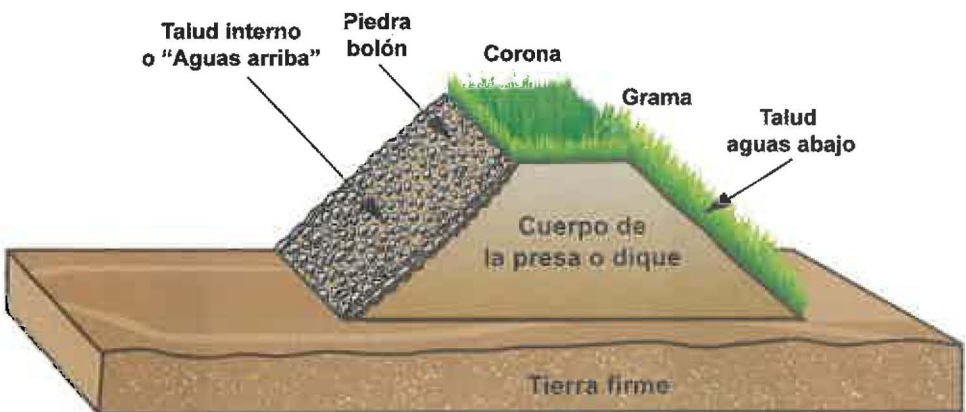
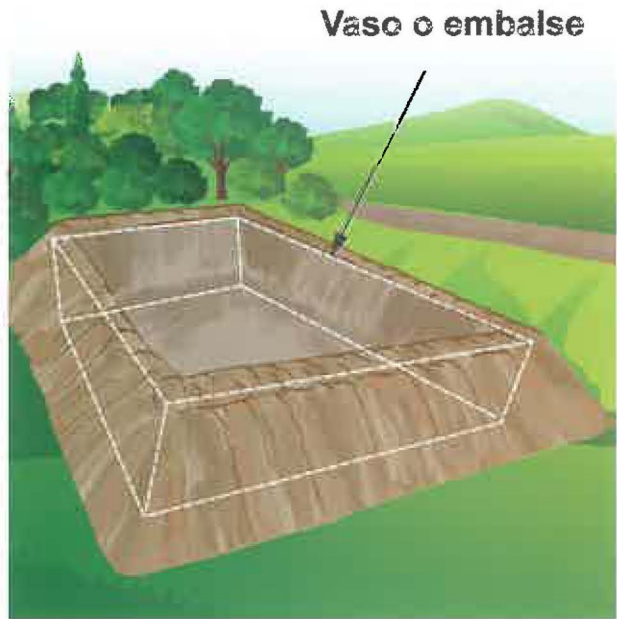


Figura 6. Partes de un dique. Fuente CATIE 2015, p. 4.

**Vaso o embalse:** es el cuerpo del reservorio donde se almacena el agua de lluvia captada directamente y de la escorrentía (Figura 7).

**Corona:** es la parte superior del dique. Se recomienda protegerla con grama, arena o piedrín para evitar que se erosione por la lluvia o se agriete por el sol (Figura 8).

**Talud interno o talud “aguas arriba”:** es la pared interna del dique, la que entra en contacto con el agua almacenada. Se construye con una pendiente del 60% para que resista la presión del agua acumulada. Por cada metro de elevación del dique, se recomiendan 2.5 m de ancho de la base. Por ejemplo, un dique de 2.5 m de alto debería tener la base de 6.75 m de ancho.



**Figura 7.** Vaso o embalse. Fuente CATIE, 2015 p, 25.



**Figura 8.** Corona del reservorio. Fuente CATIE 2015, p, 44.

**Talud externo o talud “aguas abajo”:** es la pared exterior del dique que junto al talud interno se encargan de contener y soportar la presión del agua acumulada en el embalse o vaso. Este talud se refuerza y protege de la erosión sembrando grama o zacate, preferiblemente Vetiver o Taiwán, reconocidos por producir raíces profundas que amarran el suelo.

**Vertedero:** es un canal de concreto o de tierra (también llamado aliviadero), que se construye en uno de los lados superiores del embalse para facilitar la salida del exceso de agua y evitar que el reservorio se rebalse y se destruya. Se recomienda construir el vertedero con material de concreto para evitar que se erosione por efecto de la fuerza del agua.

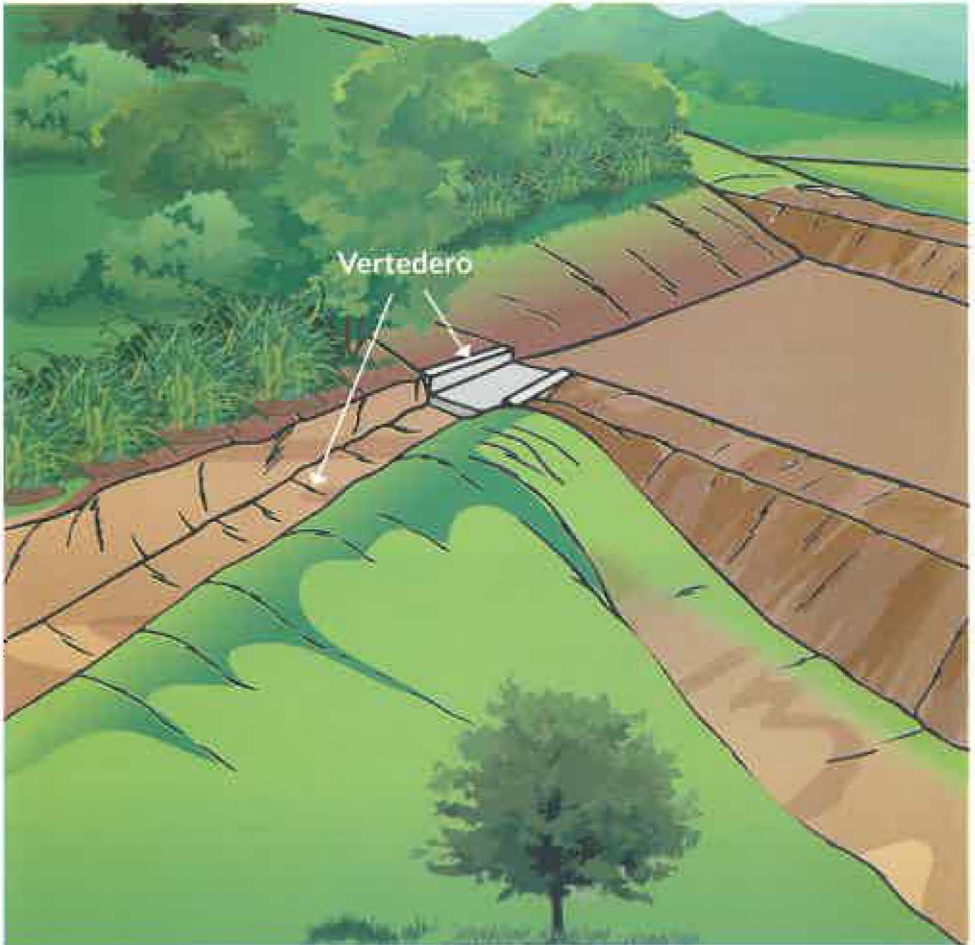


Figura 9. Vertedero. Fuente CATIE 2015, p, 51.

# Área de cultivo y abrevadero

El área de cultivo es, generalmente, de gran extensión para aprovechar productivamente el agua que se “cosecha” en la parte alta y media de la microcuenca.

Esta área se caracteriza por tener menos pendiente y mejores suelos, lo que la convierte en apta para desarrollar la agricultura y la ganadería. Se recomienda que la textura del suelo varíe entre franco arenoso y franco arcilloso, porque estas texturas proporcionan una mayor retención de agua para las plantas.

Los suelos con textura arenosa (más del 85% de arena) no son aptos como área de cultivo ni de captación, debido a su elevada permeabilidad y a su baja capacidad de retención de agua y nutrientes.

Cuanto mayor la profundidad del suelo, mayor la disponibilidad de agua y nutrientes para las plantas. La situación ideal para un perfil de suelo

como área de cultivo es que su profundidad alcance, por lo menos, la profundidad que potencialmente pueden alcanzar las raíces de los cultivos seleccionados.

El abrevadero es una construcción más o menos pequeña, según la cantidad de cabezas de ganado mayor o menor que haya en la finca. Se construye en una parte baja pero cercana al reservorio, para reducir al mínimo posible la inversión en tuberías y otros accesorios (Figura 10).

Al ubicarse el área de cultivo y el abrevadero en la parte baja de la finca, se garantiza que el agua captada en el reservorio llegue por gravedad, abaratando enormemente los costos de producción con riego.



**Figura 10. Abrevadero. Fuente CATIE 2105, p. 8.**

## Pasos para seleccionar el sitio

Antes de tomar la decisión de construir un reservorio de cosecha de agua, estas son algunas de las más importantes preguntas que se debe hacer un productor, y cuyas respuestas, debe buscarlas con un técnico o especialista de esta tecnología.



1. ¿Puede la captación de escorrentía ayudar a transformar la finca?

2. ¿Qué características debe tener el sitio para construir el reservorio?

3. ¿Qué cantidad de agua necesito almacenar para transformar mi finca?

4. ¿Qué cultivos y cuánta área puedo regar con el agua captada?

5. ¿De qué tamaño debo construir el reservorio?

6. ¿Cuánto cuesta construir el reservorio?

7. ¿En qué fecha debo construir el reservorio?

8. ¿Qué debo hacer para evitar que el agua del reservorio no se infiltre?

9. ¿Qué debo hacer para reducir la pérdida de agua por evaporación?

**Figura 11.** Registro de información.  
Fuente CATIE 2015, p, 14.



*Panorámica de un sitio de captación de escorrentía en Comalapa, Nicaragua. Foto: CATIE.*

## Características claves del sitio

Cuando exploramos la finca para buscar el mejor sitio para instalar un sistema de cosecha de agua, es importante asegurar que esta secuencia lógica (área de recarga, sitio del reservorio y área de cultivo) ocurra en el sentido de la pendiente. Debemos asegurarnos que el área de recarga esté en la parte más elevada, el reservorio en la parte intermedia y, el área de siembra, en la parte más baja del terreno. Así se garantiza que el agua de escorrentía vaya al embalse y de allí pase, siempre por gravedad, al área de cultivo.

El área donde se establecerá un sistema de captación de escorrentía debe ser un lugar con excelente recarga hídrica. Si no es posible realizar estudios hidrológicos, la valoración debe basarse en la topografía del sitio. El suelo debe contener al menos un 20% de arcilla, lo que se puede verificar mediante calicatas y granulometría o mediante pruebas manuales de textura y plasticidad.

En las páginas siguientes encontrará la información que necesita para seleccionar el sitio apropiado para construir el reservorio.



## Características de la microcuenca

La microcuenca debe pertenecer al tipo captación. El objetivo es intervenir en una zona donde comienza un drenaje natural, cauce o depresión de agua. Se toman en cuenta quebradas y se descartan microcuencas de ríos o esteros.

Se deben seleccionar microcuencas donde se desarrolla la agricultura de secano o también zonas sin uso agrícola pero que cumplen con los requisitos para la producción agrícola.



# Características del sistema de captación de escorrentía

## Pendiente

Para el área de recarga se recomiendan pendientes mínimas del 2%, con el fin de facilitar la escorrentía hacia el reservorio. Los límites máximos de la pendiente estarán determinados por el potencial riesgo de los deslaves o correntadas sobre la estructura de almacenamiento. Es necesario tener en cuenta que, a mayores porcentajes de pendiente, mayor la inversión, porque mayores serán las obras de conservación de suelos y agua que deban construirse.

## Precipitación

En el Corredor Seco de Nicaragua, el promedio anual de precipitaciones es muy variable. En la zona norte es de 800 mm, mientras que en los departamentos de Carazo, Rivas, Managua y León, el promedio llega a 1600 mm anuales. Este nivel de precipitaciones, sumada a la irregularidad de las lluvias, la elevada evaporación por las altas temperaturas y la infiltración natural, vuelven urgente la captación del agua de escorrentía para labores agrícolas y pecuarias de estas zonas.

## Temperatura

La temperatura promedio en el Corredor Seco de Nicaragua varía entre 17 y 27 °C. Entre las 10 a.m. y las 4 p.m. la temperatura puede alcanzar, en promedio, valores superiores a los 30 °C. Esta y otras variables, influyen en los niveles de evaporación de los cuerpos de agua mal protegidos.

## Riesgos de erosión y sedimentación

Las buenas prácticas de conservación de agua y suelo reducen los riesgos de erosión y sedimentación.

La desviación de esorrentías hacia los reservorios en el Corredor Seco debe manejarse simultáneamente con técnicas de conservación de suelos, un mejor uso del agua de lluvia, el incremento de la fertilidad en las áreas de cultivo. Por ejemplo, en zonas del Corredor Seco de Nicaragua donde caen de 800 a 1400 mm/año, las zanjas de infiltración espaciadas a 12 m en dirección de la pendiente, pueden infiltrar unos siete mil metros cúbicos anuales de agua por hectárea en terreno deforestado y con sobre pastoreo (Bendaña 2012).

El volumen de agua infiltrada y la cantidad de suelo que deja de erosionarse pueden aumentar o disminuir considerablemente, en dependencia de los tipos de suelo y del estado de conservación del área.

## Tipos de suelo

En la mayor parte de las zonas secas del país, los suelos se caracterizan por ser superficiales, con afloramientos rocosos, pedregosos, muy permeables, es decir de drenaje excesivo (Figura 12). En general, los suelos tienen poca o moderada profundidad, con una reducida superficie laborable. Además, los depósitos de agua subterránea son muy pobres y muy profundos (Bendaña 2012 p, 24).

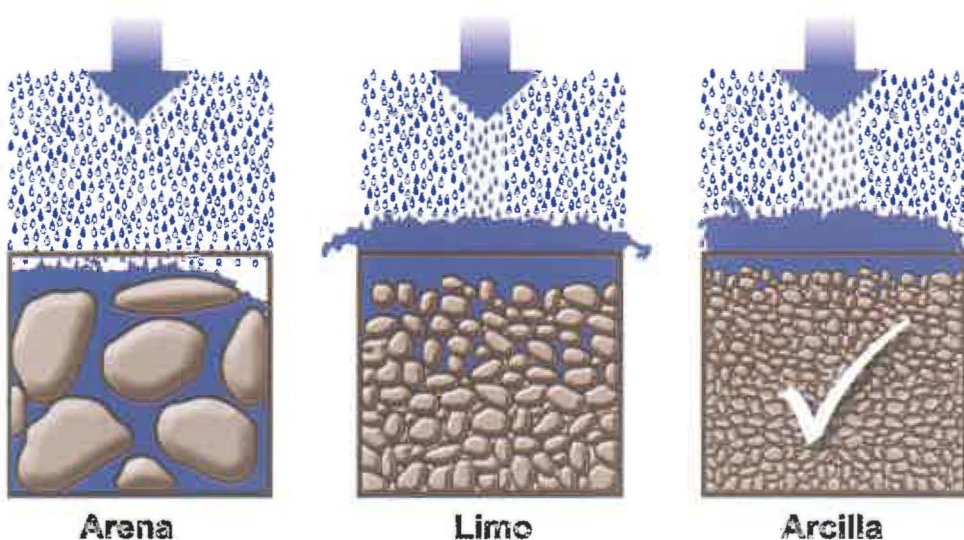


Figura 12. Tipos de suelo. Fuente CATIE 2015, p, 11.

Este panorama complica la selección del sistema de cosecha de agua, especialmente para encontrar el área de construcción del reservorio, debido a que es más económico construirlo en sitios donde son abundantes los materiales arcillosos con más alta impermeabilidad. Según el tipo de suelo, la velocidad de infiltración cambia radicalmente. Diversos estudios de infiltración citados por G. Bendaña 2012, en suelo arenoso este valor es de 0.100 m/hora, en suelo franco de 0.040 m/hora y en suelos arcillosos de solo 0.012 m/hora.

## Características del área para el reservorio

Cuando se trata de seleccionar el terreno donde se construirá el reservorio, se debe tomar en cuenta lo siguiente:

- El sitio seleccionado para el reservorio debe ocupar la parte media de la microcuenca o del sistema de captación de escorrentía en la finca. En otras palabras, el reservorio debe ubicarse entre el área de recarga y el área de cultivo.



*Cauce natural de escorrentía en una finca del Corredor Seco de Nicaragua. Foto: CATIE.*

- Para captar una parte del agua que escurre por la pendiente de la microcuenca, el mejor sitio suele ser aquel donde se juntan las líneas o canales de drenaje.
- La pendiente máxima del terreno en el sitio seleccionado no debe ser superior al 8%. Pendientes mayores a este porcentaje pueden volver inestable el reservorio cuando caen lluvias intensas y prolongadas.
- El sitio debe construirse en suelos arcillosos. El agricultor llama a estos suelos: tierra pesada, barrialosa, chagüitosa, sonsocuitoza. Un muy buen lugar es aquel donde se encharca el agua de lluvia, siempre que cumpla con las otras condiciones aquí descritas. Si el terreno es muy arenoso, no debe utilizarse, porque habrá exceso de infiltración e inestabilidad en el reservorio.
- Si en la finca no hay terrenos arcillosos, la obra se debe impermeabilizar con una gruesa capa de barro arcilloso (20 a 30 cm), cemento, geomembrana o plástico negro de 1000 micrones o 1mm de grosor.
- El terreno seleccionado debe tener una capa de suelo con una profundidad mínima de 60 cm para poder formar los taludes con el suelo removido.
- Un reservorio generalmente se forma levantando un dique o construyendo una presa en una hondonada o vertiente. El dique retiene el escurrimiento del agua y la almacena.
- Se puede construir con maquinaria, a mano o con tracción animal para excavar, mover la tierra y conformar los taludes. Si se construye con tractor o retroexcavadora, el sitio debe tener vías de acceso para la maquinaria.
- Quebradas y zonas expuestas a deslizamientos no son apropiadas para construir reservorios y deben evitarse.
- Asegurarse que el punto donde se construirá el muro del reservorio no esté situado sobre una quebrada, arroyo o corriente natural.
- El reservorio debe estar bordeado de árboles, para que su sombra ayude a reducir la evaporación. Los reservorios que reciben radiación solar directa e intensa en la tarde se calientan más y sufren de mayor evaporación.

## Características del área de cultivo y del abrevadero

El terreno de cultivo debe ser uniforme para que sea más fácil establecer los surcos e instalar el sistema de riego. Prefiera terrenos con hasta 5% de pendiente y evite los que tienen pendientes más acentuadas.

Con relación a suelos, seleccione los que tengan las siguientes propiedades:

**Textura:** variando entre franco arenoso y franco arcilloso. Este tipo de suelo retiene más agua en beneficio de las plantas.

**Profundidad:** por lo menos 60 centímetros. Los suelos menos profundos, no son los mejores para desarrollar exitosamente la actividad agrícola. Áreas rocosas o fácilmente inundables deben ser excluidas para actividades agrícolas.



# Métodos para seleccionar el área del sistema de captación de escorrentía

El Proyecto Adaptación de la Agricultura al Cambio Climático a través de la Cosecha de Agua en Nicaragua aplica dos métodos para seleccionar el área que ocupará el sistema de captación de escorrentía en determinada finca:

1. Selección del sitio desde la finca.
2. Selección digital del sistema usando el programa Google Earth Pro.

En la práctica, la conjugación de ambos métodos de selección del sitio ofrece los mejores resultados. De hecho, el modelo Google Earth Pro exige un reconocimiento físico del terreno para confirmar o ajustar los datos que han sido procesados por este programa informático.

## Método 1: selección del sitio desde la finca

Es la forma tradicional y más usada. El técnico o especialista, acompañado del dueño de la finca, recorren el terreno para determinar cuál es el mejor sitio donde convergen los tres componentes del sistema de cosecha de agua: área de recarga, área para establecer el reservorio y área de cultivo o abrevadero.

Se sugiere que la propiedad sea recorrida completamente, observando principalmente las líneas naturales de drenaje del área de captación, la pendiente del terreno, el tipo de suelo para el reservorio y para el área de cultivo.

Es importante que esta secuencia (área de recarga, sitio del reservorio y área de cultivo) ocurra en el sentido de la pendiente, fijando el área de recarga en la parte más elevada, el reservorio en la parte intermedia; y, el área de siembra, en la parte más baja del terreno. Solo de esta forma, se garantiza que el agua de escorrentía baje al embalse y de allí pase, siempre por gravedad, hacia al área de cultivo.



*Línea de drenaje natural en la finca del productor Efraín López, en Las Cruces, Mozonte, Nueva Segovia. Foto: CATIE.*

Siempre se debe consultar con el propietario de la finca los espacios del terreno dónde se localiza la mayor escorrentía y cuál es el punto de la parcela donde convergen estos “canales” naturales y se encharca la mayor cantidad de agua de lluvia. Muchas veces, estos espacios encharcados suelen ser propicios para construir reservorios, porque están formados por suelos pesados, arcillosos, que solo permiten muy bajos niveles de infiltración de agua.

Lo ideal es recorrer las líneas naturales de drenaje de las aguas de lluvia para determinar el punto donde estas se juntan ya que ese podría ser el punto correcto para construir el reservorio.

Se recomienda hacer un muestreo del suelo en este lugar de convergencia del drenaje. La forma más precisa y barata es abriendo una calicata hasta llegar a la capa impermeable. Luego se abren otras dos calicatas en ambos lados de la primera, separadas unos 20 metros entre cada una.

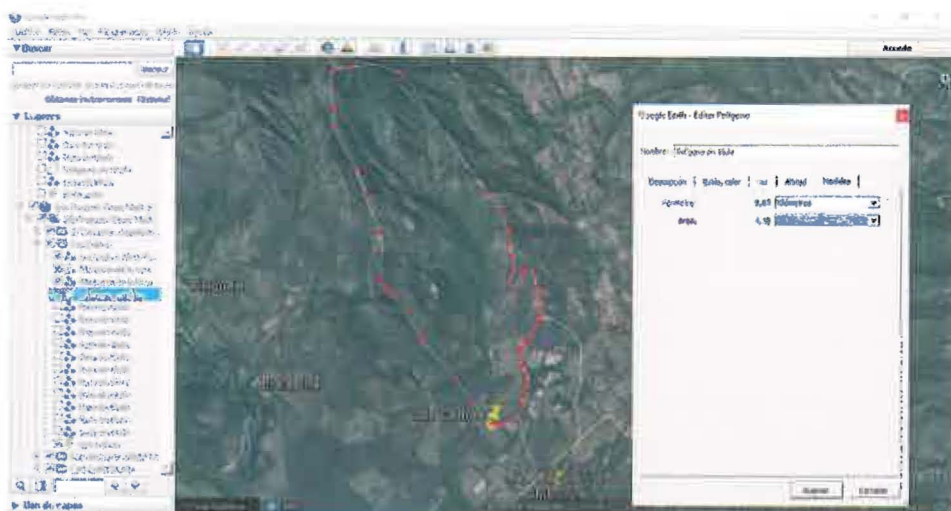


Este muestreo permite saber la profundidad del suelo, la presencia de arcilla en caso que la hubiera, arena o rocas y otras características que permitirán saber, a ciencia cierta, si ese es el mejor lugar para construir el reservorio. Si al abrir la calicata se determina que el suelo tiene una alta composición de arcilla y que la maquinaria puede excavar por lo menos un metro de profundidad, entonces el sitio es el correcto.

## Método 2: selección del sitio con Google Earth

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) han sido ampliamente usados en la selección de los mejores sitios para la cosecha de agua en todo el mundo. El Proyecto Adaptación de la Agricultura al Cambio Climático a través de la Cosecha de Agua en Nicaragua utiliza los SIG junto con la herramienta Google Earth, creada en 2005 bajo el nombre de EarthViewer 3D, para hacer una selección completa del sitio.

Google Earth Pro es un programa informático de acceso libre, que permite visualizar una cartografía múltiple, superponiendo imágenes satelitales, fotografías aéreas, información geográfica proveniente de modelos de datos SIG de todo el mundo y modelos creados por computadora.



Captura de pantalla de selección de sitio con Google Earth Pro, elaborado por el Proyecto Adaptación de la Agricultura al Cambio Climático a través de la Cosecha de Agua en Nicaragua. Foto: CATIE.

Con el archivo *Keyhole Markup Language Program* del Proyecto de Adaptación de la Agricultura al Cambio Climático a través de la Cosecha de Agua en Nicaragua instalado en la herramienta Google Earth Pro, se identifican los territorios más amenazados biofísica y climáticamente dentro del Corredor Seco de Nicaragua. Las capas SIG, utilizadas hasta ahora, fueron oficialmente generadas por INETER en el año 2012.

A esta información SIG de capas del Corredor Seco de Nicaragua, se agrega una capa de la distribución administrativa del país, con el fin de seleccionar los municipios, comunidades y protagonistas o beneficiarios del proyecto. Con esta información, Google Earth Pro permite elaborar un mapeo de

1. Los sistemas de drenaje superficial/ perfiles topográficos
2. Potenciales embalses en los territorios priorizados
3. Los polígonos de áreas de recarga hídrica
4. El perímetro de las obras de cosecha de agua
5. El perímetro de los taludes propuestos y el perímetro de acceso
6. La ubicación de bancos de materiales de arcilla
7. Fuentes posibles de agua para las obras grises y la compactación

Con esta información, se realiza la caracterización hídrica, el balance hídrico en el área de recarga y la selección de uno o más sitios que tengan el mayor potencial para cosechar agua. Además, permite aplicar criterios técnicos para el diseño de la obra, precisar el volumen de agua que se puede captar, definir el diseño y el presupuesto final.

## Validación en campo

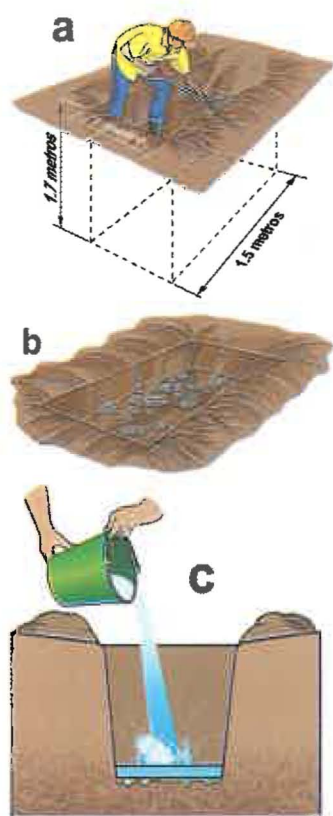
Para validar la información generada con Google Earth Pro, se hace un recorrido completo por toda la microcuenca. Al terreno se lleva un set de cartografía (planos) generado mediante este software con las capas utilizadas más la información detallada de la microcuenca.

Con esta información, se recorre todo el terreno desde el área de recarga hasta el área de cultivo, se dialoga con los actores locales para validar los datos proporcionados por el software y se hacen todos los ajustes pertinentes.

El paso final antes de tomar la decisión final, es la excavación de calicatas con el propósito de comprobar si el tipo de suelo requerido para las áreas del reservorio y del cultivo son las apropiadas.

## Excavación de calicatas para muestreo de suelos

Una calicata es un hoyo con medidas aproximadas de 1 m ancho x 1.5 m de largo x 1.7 m de profundidad. Se excava para realizar un muestreo del suelo en tres puntos claves del terreno que ha sido seleccionado para el reservorio (Figura 13 a).



El muestreo de suelos nos permite conocer, entre otras cosas, la profundidad del suelo en el sitio escogido y sus componentes principales: arcilla, limo, arena, grava, rocas (Figura 13 b). Suelos con porcentajes de arcilla inferiores al 20% no se recomiendan para la construcción de reservorios de bajo presupuesto. Sus altos niveles de infiltración de agua, obligan a impermeabilizar el piso y los taludes con geomembrana, cemento o con una gruesa capa de lodo arcilloso.

Lo deseable es que durante la excavación de la calicata se localice una capa de arcilla de muy buena calidad. En ese caso, se debe separar cuidadosamente este material al momento de la excavación. Por el contrario, si al excavar la calicata se localiza roca superficial, se recomienda descartar el sitio, porque el costo de la construcción del reservorio se eleva considerablemente.

**Figura 13.** Prueba de suelo en calicatas.  
Fuente: Fuente CATIE 2015, p, 12.

Cuando se llega al fondo de la calicata, se debe realizar una comprobación del nivel de impermeabilidad del suelo (Figura 13 c).

# ¿Cómo se determina el tamaño del reservorio?

Los detalles técnicos y agronómicos para determinar el tamaño adecuado de un reservorio se muestran en la guía 2: “Diseño del Sistema de Captación de Escorrentía” de esta caja de herramientas.

## Obtener datos climáticos

Para seleccionar y diseñar un sistema de captación de escorrentía efectivo, los siguientes datos climáticos de la zona o territorio son claves: intensidad de la precipitación durante los últimos 20 años en la zona o microcuenca de intervención, niveles de evaporación y de evapotranspiración. Generalmente, estos datos se obtienen del servicio de meteorología de INETER.

Debido a la influencia del cambio climático durante el presente siglo, esta información suele no ser tan precisa o, en el mejor de los casos, puede estar incompleta. Para hacer ajustes, se recomienda entrevistar a los actores más experimentados del territorio, revisar diagnósticos comunitarios y municipales, planes de gestión de riesgo y otros instrumentos que permitan aclarar dudas o completar información sobre temperatura, comportamiento de las lluvias, recurrencia de sequías, inundaciones y otros datos agroclimáticos.

## Definir en qué se usará el agua captada

Antes de construir un reservorio, se debe tomar la decisión del uso que se dará al agua de escorrentía. Con la decisión tomada, se evaluarán las características técnicas, agronómicas, de diseño y construcción para cada componente del sistema. Los sistemas de cosecha de agua desarrollados con fines agrícolas, pecuarios, o ambos, tienen sus propias particularidades de tamaño, volumen de escorrentía, cantidad de agua captada, formas de aprovechamiento del agua. La consideración más importante es el tamaño del sistema, porque este, a su vez, determina el tamaño que deberán tener el área de recarga, el reservorio y el área agrícola o el abrevadero.

## Establecer volumen de agua que necesita almacenar

Independientemente del uso que dará al sistema de captación de esorrentía, va a necesitar los siguientes datos:

1. Cantidad y distribución de la lluvia que cae en el año
2. Capacidad de almacenamiento (infiltración) de agua en el perfil del suelo seleccionado
3. Necesidades hídricas del cultivo a explotar y/o cantidad de animales para abrevar
4. Recursos con que cuenta el productor para establecer un sistema de captación de esorrentía

Parte de esta información es manejada por el INETER; lo que falte deberá conseguirse a través de consultas con pobladores locales, especialmente con los productores más experimentados. Un ejercicio sencillo es anotar la fecha en que comienza y finaliza la época seca (verano) en su territorio y calcular el número de días que dura este periodo. Agregue el número de días que dura la canícula o veranillo en su territorio. La suma de estos dos datos va a dar como resultado la cantidad de días sin lluvias en su territorio (DV).

$$Vr + Ve = DV$$

Donde:

Vr = número de días transcurridos entre FIV y FFV

FIV = fecha de inicio del verano

FFV = fecha de finalización del verano

Ve = días de veranillo o canícula registrados

DV = días de verano

Tanto para la actividad agrícola como ganadera, será de mucho valor anotar las fechas aproximadas en que se secan las quebradas, riachuelos, ríos y ojos de agua en su territorio. En el corredor seco de Nicaragua, este fenómeno sucede a los pocos días o pocas semanas de finalizado el invierno, lo que significa que, a partir de ese momento, el productor se queda sin el recurso agua para irrigar el cultivo o abrevar el ganado.

Esta cantidad aproximada de días en que todavía hay agua en las fuentes naturales (DAR), se resta del total de días de verano (DV). Así, el productor tendrá en sus manos información muy aproximada de la cantidad de días (DSA) en los que deberá garantizar agua para cubrir las necesidades de sus cultivos o de su ganado.

$$DV - DAR = DSA$$

Donde:

DV = Días de Verano

DAR = Días de Agua Remanente

DSA = Días totales Sin Agua en el Año

## Necesidades de agua para uso agrícola

El área de captación de escorrentía siempre será mayor que el área de cultivo. En los casos donde el déficit hídrico es bajo, la relación área de captación y cultivo es baja, pero será elevada esa relación donde el déficit hídrico es alto, por lo que requerirá un área de captación mucho mayor.

La relación captación-cultivo significa que, si la lluvia no es suficiente para garantizar agua durante todo el ciclo del cultivo, se debe cosechar en un reservorio la escorrentía superficial de áreas vecinas no cultivadas para conducirla al área de cultivo e irrigarlo (Figura 14).

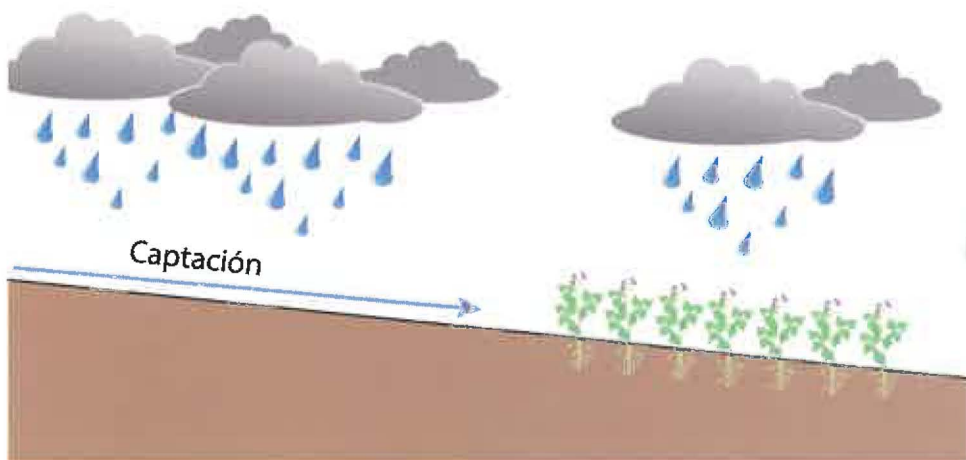


Figura 14. Relación área de captación - cultivo. Adaptado de FAO 2013.

Por eso, antes de construir un reservorio es muy importante saber cuál es el área de siembra, cuáles los cultivos y las variedades que se establecerán, ya que cada uno tiene sus propias exigencias de agua. Las cantidad de agua también varía si se cultiva a campo abierto o en invernaderos.

Para implementar el riego en verano, hay que determinar la cantidad de metros cúbicos de agua que necesita el cultivo. La ayuda del técnico es necesaria para estimar la cantidad de agua para hacer riego complementario en los días claves de germinación, floración, fructificación y llenado del grano o maduración. Es aconsejable utilizar variedades tolerantes a sequía y/o variedades de ciclo corto para evitar problemas de estrés hídrico.

En zonas con más escasez de agua, la densidad de plantas por manzana debe ser más baja que la ideal. Más plantas provocan más evapotranspiración (agua que "suda" el follaje), por lo que demandan mayor consumo para recuperar el agua perdida. Por ejemplo, si en frijol siembra 80 libras de semilla por manzana, lo mejor será reducir a 60 libras. Si en maíz siembra 45 libras por manzana, puede bajar a 40 libras.

La cobertura del suelo con rastrojos reduce la evaporación de agua, ya que el suelo recibe menos calor solar y menos viento. El método de riego por goteo es el recomendado para utilizarse con reservorios, porque permite controlar dónde y cuánta agua se aplica a cada planta.

**Cuadro 1. Necesidad de riego según densidad/ha.**

Fuente: Vaquero 2007, p, 15.

Cultivo	Densidad de plantas por ha (D)	Litros de agua por día (D x 1.5 lt/día/planta)
Tomate	20,000	30,000
Chile	20,000	30,000
Papa	25,000	37,500
Brócoli	25,000	37,500
Repollo	30,000	45,000
Pepino	20,000	30,000
Melón	8,500	12,750
Sandía	3,400	5,100

# Necesidades de agua para uso en ganadería

El tamaño del reservorio deberá estar en relación directa con la cantidad de ganado vacuno, equino, caprino, cerdos, aves y otros animales domésticos que se tenga en la finca.

Como regla general, la FAO (2013 p, 27) establece que la necesidad óptima de agua de los animales domésticos equivale al 10% de su peso.

Una operación matemática simple nos ayuda a sacar el promedio de consumo diario de agua por animal. Primero, se establece el peso del animal; se saca el 10% de ese peso y el resultado se multiplica por el total de días sin lluvias en todo el año.

Ejemplo: una vaca de 300 kilos de peso, estaría consumiendo 30 litros diarios de agua. Si asumimos que en el Corredor Seco, el número de días de verano es de 180 (seis meses), el animal necesitará 5400 litros de agua, o lo que es lo mismo 5.4 m<sup>3</sup> para cubrir sus necesidades durante todo ese período de tiempo.



*En verano, la falta de agua es crítica en el Corredor Seco. Pueblo Nuevo, Nicaragua.  
Foto: CATIE.*



**Cuadro 2.** Valores promedio de consumo diario de animales domésticos

Espece animal	Consumo promedio diario de agua por animal
Bovinos	30 litros
Equinos	25 litros
Caprinos	6 litros
Cerdos de 100 kilogramos de peso	10 litros
Gallinas (10)	1.5 litros
Chompipes o pavos (10)	3 litros

Fuente: Captación y almacenamiento de agua de lluvia. FAO 2013, p. 28.

**Cuadro 3.** ¿Cuánta agua necesita un hato de 10 bovinos?

Descripción	Cantidad de agua requerida
Consumo promedio de un bovino por día	30 litros
Total de animales	10 bovinos
Consumo del total de 10 bovinos por día	300 litros
Consumo mensual de 10 bovinos	9,000 litros
Consumo estimado durante seis meses	54,000 litros de período seco (180 días)
Consumo en metros cúbicos	54 m <sup>3</sup>

Fuente: Captación y almacenamiento de agua de lluvia. Adaptado de FAO 2013.

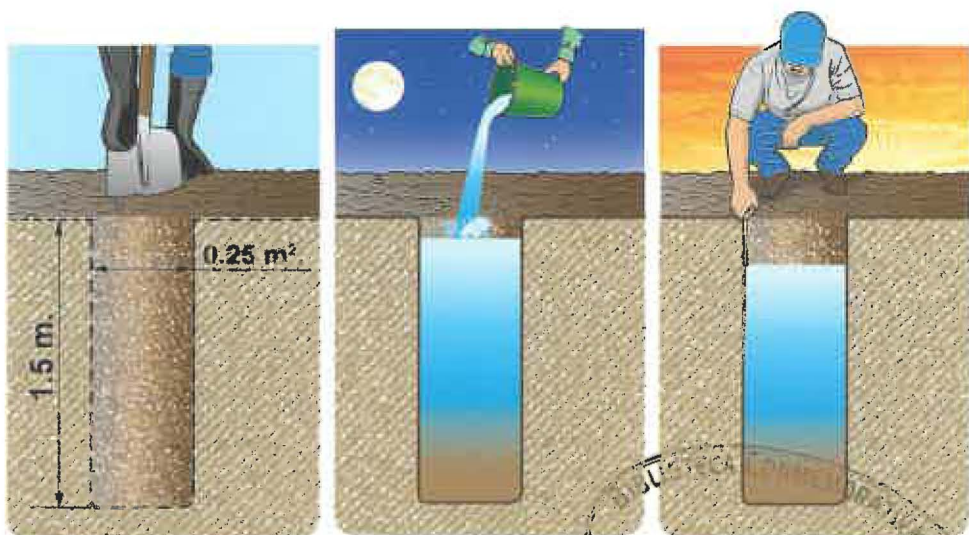
# Pérdidas de agua por infiltración

Cuando el vaso del reservorio ha sido correctamente compactado e impermeabilizado con plástico negro, geomembrana o con una gruesa capa (20 a 30 cm) de barro arcilloso, las probabilidades de pérdidas por infiltración se reducen a casi cero. Un rango tolerable de infiltración no debe ser mayor a 2 mm por día. Si la compactación e impermeabilización es deficiente, el riesgo de infiltración aumenta. Cuando el reservorio se construye sobre terrenos porosos (arenosos, franco arenosos) el problema de infiltración se agrava, pudiendo vaciarse en pocas horas.

Para determinar la permeabilidad del suelo elegido para construir el reservorio, le recomendamos los siguientes dos métodos de medición.

## Método 1: excavación de un pozo

Excave un pozo de 1,5 m de profundidad x 0,25 m<sup>2</sup> de boca. Llénelo con agua al anochecer. Al siguiente día, al amanecer, mida con una cinta métrica el espacio vacío dejado por el agua infiltrada. Un suelo con impermeabilidad apta para reservorio conservará toda o casi toda el agua (Figura 15).



Paso 1. Excavar el pozo Paso 2. Llenar con agua Paso 3. Medir las pérdidas

Figura 15. Prueba de infiltración. Fuente CATIE 2015, p. 20.



## Método 2: determinar la calidad de la arcilla

**Paso 1.** Tome un puñado de suelo húmedo.

**Paso 2.** Haga una pequeña bola de barro.

**Paso 3.** Póngala a secar al sol durante unos 30 minutos.

**Paso 4.** Si la bola de barro no se cuartea, el suelo es lo suficientemente impermeable como para construir un reservorio.

**Paso 5.** En caso contrario, si la arcilla se cuartea, el suelo no es el apropiado, por lo que deberá buscar arcilla para impermeabilizar las paredes internas de la obra.

La mejor arcilla para impermeabilizar el vaso de un reservorio es la bentonita sódica, perteneciente al grupo de las arcillas más plásticas, pues tienen una mayor capacidad de intercambio catiónico y una gran capacidad de absorción del agua.

Cuando este tipo de arcilla se mezcla con cualquier tipo de suelo, este gana gran plasticidad y capacidad autosellante, pues al humedecerse la arcilla ocupa los espacios vacíos que se encuentran entre los granos de arena.

La plasticidad de la arcilla es fundamental ante posibles agrietamientos.

**Figura 16.** Pruebas con arcilla. Fuente CATIE 2015, p. 20.

## Pérdida de agua por evaporación

Siempre habrá pérdidas de agua por evaporación en un reservorio, debido al elevado costo que significa cubrir la superficie de agua para evitar la acción del sol y del viento. Sin embargo, el volumen de pérdidas se puede reducir considerablemente con la instalación de una sombra protectora de árboles en los lados este y oeste de la obra.

Un reservorio sin sombra puede perder alrededor de medio centímetro diario de agua, en un ambiente climático promedio de 25°C.

La sombra ayuda a reducir hasta el 40% las pérdidas por evaporación. Es decir, en vez de 0.5 cm un reservorio protegido solo perdería 0.2 cm diarios.

Se recomienda sembrar variedades nativas de árboles, de preferencia las de rápido crecimiento que desarrollen una raíz principal profunda (pivotante), para que no ponga en riesgo la obra. Como los árboles dejan caer muchas hojas, se aconseja limpiar con frecuencia el espejo de agua para evitar que se pudran y afecten su calidad.

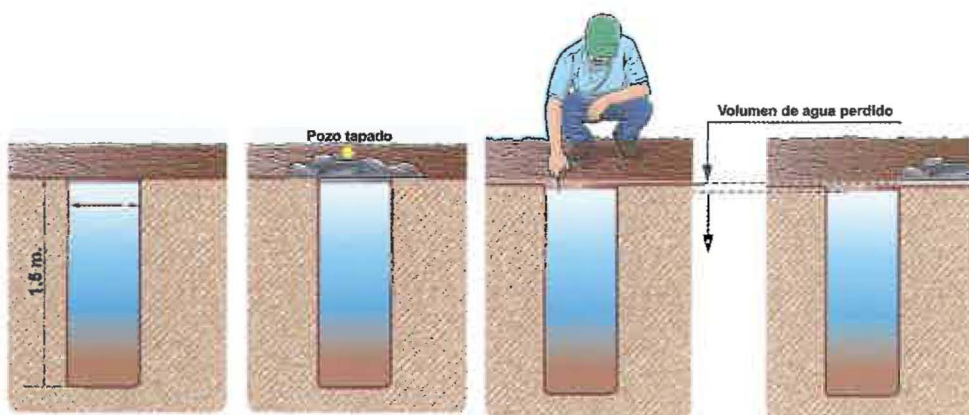


*La sombra de árboles ayuda a reducir la evaporación del agua en el reservorio. Foto: CATIE.*

## Método de campo para determinar el grado de evaporación en la finca

1. Construya dos pozos iguales de 1.5 m de profundidad x 1 m<sup>2</sup> de boca. Esta profundidad simula a la de un reservorio. Asegúrese que ninguno de los pozos reciba sombra.
2. Llene ambos pozos con agua hasta el mismo nivel. Luego tape solo uno de los pozos utilizando ramas, tablas, etc.
3. Veinticuatro horas después destape el pozo cerrado y mida el volumen de agua perdido. El agua perdida reflejará el nivel de infiltración del suelo.
4. Luego mida el volumen de agua que ha perdido el pozo destapado.

La diferencia de volumen de agua perdido entre el pozo tapado y el abierto nos dará el grado de evaporación en su zona, pero también reflejará el nivel de permeabilidad del suelo seleccionado (Figura 17).



**Figura 17.** Método comparativo de campo para medir la evaporación.  
Fuente CATIE 2015, p, 22.

# Tamaño y formas del reservorio

Antes de comenzar con el diseño del reservorio, se debe calcular su tamaño con base al volumen de agua necesario para realizar las labores previstas. Para ello recomendamos establecer una relación entre:

1. Volumen de agua que necesita para regar el cultivo o abreviar el ganado.
2. La capacidad que hay en la zona de recarga para captar agua de lluvia en las líneas de drenaje que se comunican con el reservorio.
3. La estimación de las pérdidas de agua por la evaporación.
4. La estimación de pérdidas de agua por infiltración, en particular en aquellos casos donde no se colocó geomembrana, plástico negro o cemento para impermeabilizar el vaso del reservorio.

Con estos datos a mano, se define la forma del reservorio: rectangular o semi-circular. La experiencia en América Latina sugiere la forma semicircular, porque ha demostrado ser más práctica durante la construcción.

En reservorios con capacidad media de 3000 metros<sup>3</sup>, el movimiento de tierra reduce hasta 15 horas de trabajo de la maquinaria si se compara con el mismo trabajo en reservorios rectangulares (s.f. EMBRAPA).



*La construcción de reservorios circulares es menos caro, debido a las facilidades que ofrece para el movimiento de la maquinaria. Foto: CATIE.*

## Dimensiones: reservorio semicircular de 3000 m<sup>3</sup>

Medidas sugeridas:

- Profundidad de la excavación o altura de la pared: 1.75 m
- Diferencia entre el vertedero y el espejo de agua: 0.3 m
- Área del semicírculo: 1,714 m<sup>2</sup>. Radio: 36 m

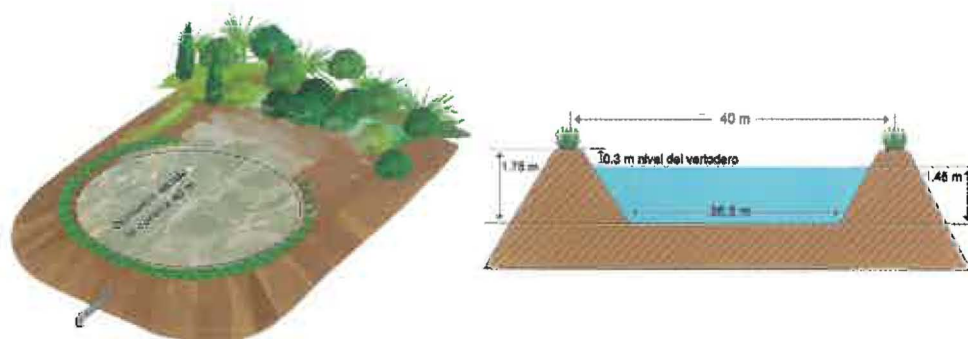


Figura 18. Dimensiones de reservorio semicircular. Fuente: CATIE.

## Dimensiones: reservorio trapezoidal de 1000 m<sup>3</sup>

Medidas sugeridas:

- Profundidad de la excavación: 1.5 m
- Ancho en el fondo o piso: 17.5 m
- Ancho desde el centro de la corona: 20 m
- Largo en el fondo: 27.5 m. Largo en la corona: 30 m

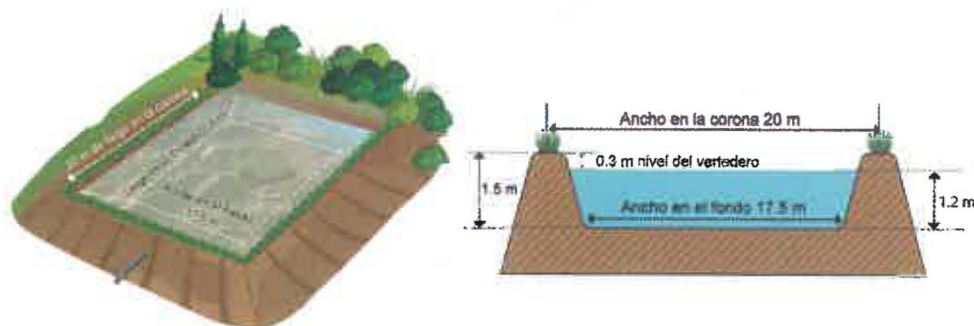


Figura 19. Dimensiones de reservorio trapezoidal. Fuente: CATIE.

## Bibliografía

Acción contra el Hambre (2010). Impacto de la sequía en el corredor seco de Nicaragua. Informe de seguimiento. Nicaragua.

Alianza por la Resiliencia (2013). ¿Cómo circula el agua en la Cuenca? Cartilla para diplomado comunitario en cuencas hidrográficas, Cruz Roja Nicaragüense. Nicaragua.

Bendaña G. (2012). Agua, agricultura y seguridad alimentaria en las zonas secas de Nicaragua. Nicaragua. Recuperado de: [https://coin.fao.org/coin-static/cms/media/13/13437461885650/agua\\_agricultura\\_y\\_san\\_en\\_las\\_zonas\\_secas\\_-\\_guillermo\\_bendaa\\_garca.pdf](https://coin.fao.org/coin-static/cms/media/13/13437461885650/agua_agricultura_y_san_en_las_zonas_secas_-_guillermo_bendaa_garca.pdf)

Biocarbo (2016). Bentonita como impermeabilizante. Santiago de Chile.

COPECO, COSUDE, PNUD (2013). Manual de obras de mitigación.

COSUDE (2016). Guía Para uso Familiar: Protección de Cuencas, Aguas-COSUDE.

FAO, Acción Contra el Hambre (2012). Estudio de caracterización del Corredor Seco Centroamericano. Managua, Nicaragua. Recuperado de: [https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/tomo\\_i\\_corredor\\_seco.pdf](https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/tomo_i_corredor_seco.pdf)

Fondo de Cooperación Técnica, IICA. Tecnologías de cosecha, almacenamiento y uso del agua para la agricultura familiar del Chaco de Argentina, Bolivia y Paraguay.

FONCODES (2015). Manual técnico: siembra y cosecha de agua. Perú.

Gobierno de Nicaragua (2010). Estrategia Nacional Ambiental y del Cambio Climático Plan de Acción 2010-2015. Managua, Abril 2010.

IPCC (2014). Cambio climático 2014: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo principal de redacción, R.K. Pachauri y L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Ginebra, Suiza).

Conant J. y Fadem P. (2011). Guía comunitaria para la salud ambiental. Hesperian, Beckerley, California, ver. Español Junio 2011. Recuperado de: <https://ongcaps.files.wordpress.com/2012/04/guc3ada-comunitaria-para-la-salud-ambiental.pdf>.



MEFCCA (2014). Proyecto de adaptación de la agricultura al cambio climático a través de la cosecha de agua en Nicaragua - MEFCCA-COSUDE. Recuperado de: <http://sipac.economiafamiliar.gob.ni/>.

MEFFCA, COSUDE (2015). Guía de selección de sitio y construcción de reservorios. Nicaragua.

Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (2008). Segunda Comunicación Nacional Ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Managua, Nicaragua. Recuperado de: [http://www.bvsde.org.ni/Web\\_textos/GOLFONSECA/0166/07%20Segunda%20Comunicacion%20Nacional%20de%20CC.pdf](http://www.bvsde.org.ni/Web_textos/GOLFONSECA/0166/07%20Segunda%20Comunicacion%20Nacional%20de%20CC.pdf)

Ministerio del Ambiente y Agua, Bolivia. Sistemas de captación de escorrentía.

Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente (MVOT-MA) (2011). Manual de Diseño y Construcción de Pequeñas Presas. Volumen 1: Diseño Hidrológico / Hidráulico. Montevideo, Uruguay.

Orozco, P.P. et.al. (2008). La cogestión de cuencas abastecedoras de agua para consumo humano. Turrialba, Serie técnica. Boletín técnico / CATIE; No.28).

Pettengell, C. (2010). Adaptación al Cambio Climático. Informe de Investigación de Oxfam, Reino Unido.

PNUD (2013). Guía de diseño de sistema de cosecha de agua lluvia para consumo humano. Honduras. Recuperado de: [https://acchonduras.files.wordpress.com/2014/07/guc3ada-de-disec3b1o-de-sistema-de-cosecha-de-agua-lluvia-para-consumo-humano\\_ed\\_cr.pdf](https://acchonduras.files.wordpress.com/2014/07/guc3ada-de-disec3b1o-de-sistema-de-cosecha-de-agua-lluvia-para-consumo-humano_ed_cr.pdf)

Ramírez D.; Ordaz J.L.; Mora J.; Acosta A.; Serna B. (2010). Nicaragua, efectos del cambio climático sobre la agricultura. CEPAL. Nicaragua.

Souza S. A., Rocha Porto E. Pinheiro F. (2010). Embalse para riego de salvación, Brasil. EMBRAPA-CPATSA. Recuperado de: <https://www.embrapa.br/web/mobile/publicacoes/-/publicacao/161353/embalse-para-riego-de-salvacion-brasil>

USAID (2005). Proyecto de desviación, almacenamiento y uso de aguas lluvias en El Salvador. El Salvador. Recuperado de: [http://pdf.usaid.gov/pdf\\_docs/Pdaci603.pdf](http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/Pdaci603.pdf)