

# ¿Cómo construir mejores aguadas para el suministro de agua al ganado?

**CATIE** 

Solutions for environment and development  
Soluciones para el ambiente y desarrollo



# **¿Cómo construir mejores aguadas para el suministro de agua al ganado?**

Edgar Palma  
Jorge Cruz  
Abner Martínez  
Amílcar Aguilar  
Andreas Nieuwenhuyse

CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza) es un centro regional dedicado a la investigación y la enseñanza de posgrado en agricultura, manejo, conservación y uso sostenible de los recursos naturales. Sus miembros son el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), Belice, Bolivia, Colombia, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, República Dominicana, Venezuela, España y el Estado de Acre en Brasil.

El proyecto Desarrollo Participativo de Alternativas de Uso Sostenible de la Tierra en Áreas con Pasturas Degradadas en América Central (CATIE-Noruega/Pasturas Degradadas) fue un proyecto regional del Grupo Ganadería y Medio Ambiente (GAMMA), ejecutado en Nicaragua, Honduras y Guatemala entre 2003 y 2008, con el propósito de fomentar usos más sostenibles de la tierra en áreas con pasturas degradadas en América Central, mediante el uso de métodos participativos en las actividades de investigación y la promoción de los procesos de aprendizaje y experimentación con familias ganaderas.

© Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE, 2011

ISBN 978-9977-57-537-7

631.28

C735 ¿Cómo construir mejores aguadas para el suministro de agua al ganado? /  
Edgar Palma... [et al.]. – 1 ed. – Turrialba, CR : CATIE, 2011  
58 p. : il. – (Serie técnica. Manual técnico / CATIE ; no. 101)

ISBN 978-9977-57-537-7

1. Lagunas artificiales – Almacenamiento de agua – América Central
  2. Agua de lluvia – Almacenamiento de agua – América Central
  3. Alimentación de los animales – Almacenamiento de agua – América Central
- I. Palma, Edgar. II. Cruz, Jorge III. Martínez, Abner IV. Aguilar, Amilcar  
V. Nieuwenhuys, Andreas VI. CATIE VII. Título XI. Serie.

Revisores:

Cristóbal Villanueva

Néstor Castellón

Edición y diagramación: Oficina de Comunicación del CATIE

Diseño gráfico: Enmente

# Índice

<b>Introducción .....</b>	<b>5</b>
---------------------------	----------

## **Parte 1: Diseño y planificación de la construcción de una aguada.... 9**

1. ¿Cuál es la cantidad de agua que se necesita almacenar en la aguada? .....	9
2. ¿Cómo seleccionar un sitio apropiado para la construcción de la aguada? .....	14
3. ¿Cuántas aguadas debe tener la finca? .....	17
4. ¿Cuánto agua se puede perder de la aguada? .....	18
5. ¿Qué dimensiones debe tener la aguada? .....	20
6. ¿Cómo se construirá la aguada: con maquinaria o a mano? .....	22
7. ¿En qué época es más adecuado construir la aguada? .....	24

## **Parte 2: Pasos en la construcción de una aguada..... 26**

Paso 1: Limpiar el lugar donde se va a construir la aguada .....	26
Paso 2: Marcar el área .....	26
Paso 3: La construcción con uso de maquinaria .....	27
Paso 4: Opciones para impermeabilizar mejor la aguada .....	29
Paso 5: La construcción de un vertedero.....	30
Paso 6: La construcción de los bebederos.....	31

## **Parte 3: ¿Cómo mejorar las aguadas existentes?..... 34**

Evitar el acceso directo del ganado .....	34
Proteger mejor la aguada y su zona de recarga .....	34
Opciones para reducir la pérdida de agua .....	35

## **Parte 4: Un estudio de caso. La aguada mejorada en la finca de doña Iris Portillo..... 36**

## **Guía para un evento grupal de capacitación: “Agua para las vacas” ..... 42**



# Introducción

En muchas fincas ganaderas de Centroamérica la falta de agua para el ganado ocasiona pérdidas en la producción, sobre todo en regiones con una marcada época seca o en zonas con pocas fuentes de agua superficiales. La falta de agua también influye en la degradación de pasturas. Cuando hay pocas fuentes naturales en las fincas (o, en algunos casos, ninguna), comúnmente se diseñan potreros con tamaños muy grandes. Además, en la época seca, las fuentes temporales de agua, de las cuales se abastece al ganado, se agotan y es común que las familias se vean obligadas a mantener todos los potreros comunicados (lo que se conoce como “pastoreo a puerta abierta”) para garantizar que el ganado tenga acceso a alguna fuente de agua.

Estas prácticas repercuten directamente en el sobrepastoreo de las partes del potrero cercanas a las fuentes de agua, dificultando la recuperación de la pastura y favoreciendo la invasión de malezas. Por otra parte, en los últimos años en Centroamérica se observa mayor variabilidad climática: la distribución temporal de las lluvias es más irregular y los eventos son más extremos. Se prevé que estos cambios se acentúen en el futuro, enfatizando la necesidad de asegurar la provisión de agua para el ganado.

Una de las soluciones que han usado las familias ganaderas para solventar la falta de agua para su ganado, es la construcción de aguadas. Una aguada es un reservorio de agua construido en la superficie del terreno usando tierra como material dominante, con el fin



La cantidad de fuentes naturales de agua en una región depende en parte del clima, pero en gran medida también de la geología. Por ejemplo, en casi todo el departamento del Petén en Guatemala se encuentra la roca calcárea, en la cual la lluvia infiltra rápidamente y el agua corre por cursos subterráneos, dejando muy poca cantidad en ríos, quebradas u otras fuentes de agua superficiales. En la antigüedad, los mayas que habitaron el Petén canalizaban el agua que llovía sobre sus patios y plazas hacia reservorios artificiales para conservar el agua y utilizarla en las épocas de escasez. También impermeabilizaron depresiones naturales con arcilla y cal para almacenar el agua de la lluvia y utilizarla para riego.

A las aguadas también se les llama lagunas, lagunetas, reservorios, charcas, embalses o atajados. Sin embargo, en este manual se utilizará el término "aguada".

de cosechar agua de la lluvia y almacenarla. Las aguadas se llenan tanto por la lluvia que cae directamente en ellas como por la escorrentía superficial de agua de zonas más altas, mientras que en algunos casos también se abastecen de agua de nacientes naturales. Los diferentes componentes de la aguada se muestran en la siguiente figura:

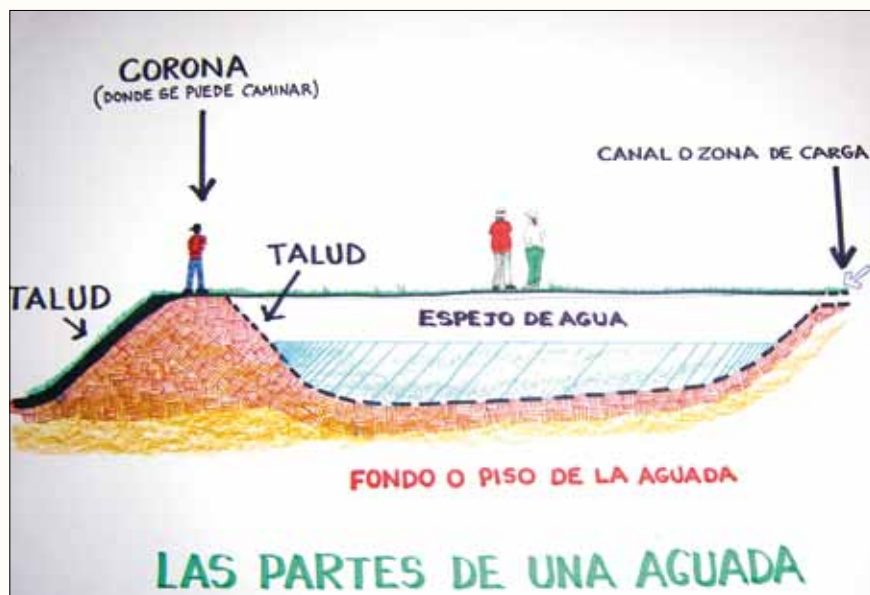


Figura 1. Componentes de la aguada.

Es frecuente encontrar familias productoras que, aunque han construido una o varias aguadas en sus fincas, no han resuelto todos los problemas de agua para su ganado. Entre los problemas más comunes se mencionan los siguientes:

1. Cuando hay errores en el diseño, la aguada no tiene suficiente volumen para suplir de agua al ganado durante toda la época seca o durante sequías excepcionales, obligando a las familias a tomar medidas de emergencia (vender o trasladar animales, acarrear agua, etc.) que reducen la rentabilidad de sus actividades productivas.

2. En muchos casos el ganado tiene acceso directo a la aguada, lo cual puede tener varias consecuencias negativas:

- Durante la época seca, la aguada gradualmente se vacía y los animales que intentan tomar agua se pueden atascar en el lodo que se forma en las orillas, e incluso, si están débiles pueden morir atascados.
- Cuando los animales defecan y orinan dentro de la aguada, se incrementan los problemas con parásitos y diarreas. Adicionalmente, el ganado al entrar en la aguada causa la suspensión de los sedimentos finos que contaminan rápidamente el agua, aumentando la turbidez.
- Debido al pisoteo, el ingreso del ganado provoca daños en los taludes de la aguada, los cuales derivan en el rompimiento del sello impermeabilizante y consecuentemente en fugas de agua. Además, el pisoteo genera un problema de asolvamiento, ya que al ingresar a la aguada, el ganado causa cierto desprendimiento y erosión del suelo en los taludes. Al salir el ganado de la aguada, los materiales se sedimentan en capas en el fondo y los sedimentos más finos se depositan de último. Cuando los animales vuelven a entrar, estos sedimentos finos se suspenden nuevamente y contaminan rápidamente el agua.

3. Una mala selección del sitio y/o una mala construcción de la aguada provocan altas pérdidas por infiltración del agua captada.

4. Aguadas mal ubicadas, en relación al diseño de los potreros, provocan que el ganado pierda mucha energía, ya que deben caminar mucho para tomar agua, y como consecuencia, bajan la productividad. Además, esto puede provocar daños innecesarios a los caminos internos de la finca.



Aunque generalmente el ingreso del ganado en una aguada se considera negativo, en ciertos casos el pisoteo de los animales ayuda en la impermeabilización del fondo de la aguada porque causa la compactación de la arcilla.





Las aguadas mejoradas también permiten algunas otras actividades que mejoran el ingreso familiar como la piscicultura. Además, en fincas alejadas de los centros poblados y en zonas con escasas fuentes naturales de agua, el agua almacenada puede ser usada en los oficios del hogar e inclusive para consumo humano. En el Petén, Guatemala, un estudio de calidad de agua en algunas aguadas mejoradas en 2006 permitió determinar que al menos biológicamente no hay presencia de la bacteria *E. coli*.

Se considera que estos problemas se deben en parte a la falta de conocimientos de las familias ganaderas. Tomando en cuenta además que construir una aguada requiere que las familias realicen una inversión considerable, el proyecto CATIE-Noruega/Pasturas Degradadas trabajó conjuntamente con las familias en opciones para mejorar el diseño, la construcción y el uso de las aguadas. Esta práctica se denominó: “La construcción y uso de aguadas mejoradas” e incluyó los aspectos más importantes para mejorar la construcción de las aguadas:

- Tomar en cuenta la necesidad de agua de la finca en el diseño de la aguada
- Diseñar y construir aguadas con criterios que hagan más eficiente y segura la captación del agua de la lluvia, el almacenamiento y la vida útil de la infraestructura
- Evitar el ingreso directo del ganado a las aguadas mediante una inversión adicional en cercas de protección y en bebederos ubicados en puntos estratégicos en los potreros, con el fin de prevenir la diseminación de enfermedades y parásitos y de mejorar la calidad del agua
- Ubicar mejor las aguadas en relación a los potreros existentes o planificados para el futuro, tomando en cuenta la movilización del agua por gravedad desde las aguadas a los bebederos, logrando un uso mejor del agua en relación al pasto disponible y el desplazamiento del ganado (este tema se trabajó en combinación con el tema de rotación de potreros)

En este manual se describen las experiencias del proyecto sobre el tema y se incluye una guía de un evento de capacitación para promover con familias ganaderas la construcción y el buen uso de las aguadas.

# Parte 1: Diseño y planificación de la construcción de una aguada

Una vez que la familia ganadera ha tomado la decisión de construir una o más aguadas en su finca, debe tratar de contestar las siguientes cinco preguntas sobre el diseño de la aguada:

1. ¿Cuál es la cantidad de agua que se necesita almacenar en la aguada?
2. ¿Cómo seleccionar un sitio apropiado para la construcción de la aguada?
3. ¿Cuántas aguadas debe tener la finca?
4. ¿Cuánta agua se puede perder de la aguada?
5. ¿Qué dimensiones debe tener la aguada?

Concluidos estos pasos, la familia puede planificar la construcción de la aguada. Sin embargo, debe contestar dos preguntas adicionales:

6. ¿Cómo se construirá la aguada: con maquinaria o a mano?
7. ¿En qué época es más adecuada construir la aguada?

A continuación se discuten en detalle todas estas interrogantes.

## 1. ¿Cuál es la cantidad de agua que se necesita almacenar en la aguada?

Antes de pensar en dónde y cómo construir una aguada en una finca ganadera, se debe estimar la cantidad de agua que se necesita almacenar en la aguada. Para ello, es necesario conocer la siguiente información:



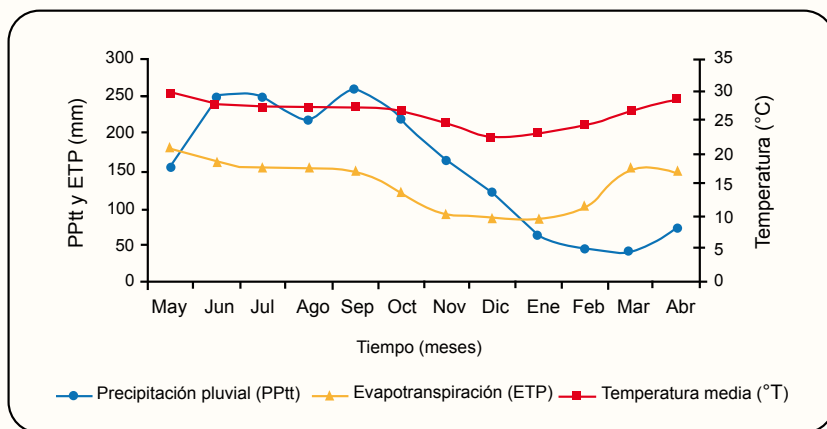
La familia productora debe revisar los aspectos financieros de construir una aguada mejorada. En el ejemplo presentado en este manual (ver página 36) se incluye una estimación de los costos. Sin embargo, estos no se pueden generalizar, pues dependen de las dimensiones de la aguada y de los bebederos. Además, existen grandes diferencias entre países y regiones en tarifas de alquiler de maquinaria y mano de obra, entre otros.



- La duración de la época crítica en la cual hay déficit de agua y durante la cual el ganado depende del agua almacenada en las aguadas.
- El consumo de agua del hato en la finca.

### *Duración de la época crítica*

Para estimar la duración de la época crítica (generalmente la “época seca”) en la zona donde se construirá la aguada, se puede consultar a las personas que han vivido en la zona por mucho tiempo cuándo normalmente inicia la época seca (el “verano”) y cuándo termina. También se debe consultar cuáles años han sido muy secos. Además, se recomienda revisar los datos históricos de las estaciones meteorológicas cercanas. A modo de ejemplo, a continuación se presentan los valores promedio mensual de la precipitación y la evaporación para la estación meteorológica de Flores, Petén. Según esta información, presentada en la Figura 2, se observa que, en promedio, entre enero y mayo la evapotranspiración es mayor que la precipitación.



**Figura 2. Climadiagrama de la estación meteorológica de Flores, Petén del período 1994-2006. Fuente: INSIVUMEH (Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrológica de Guatemala)**

Como consecuencia, en estos cinco meses el crecimiento de la vegetación se reduce y muchas fuentes de agua se secan. Sin embargo, en el campo se ha observado que en las primeras semanas de la época seca, el ganado toma agua remanente en las fuentes de agua naturales (por ejemplo, quebradas). Por lo tanto, se estima que el período crítico durante el cual el ganado necesita tomar agua de la aguadas de cuatro meses (de febrero a mayo).

Aunque esta estimación, con base en datos *promedios*, es correcta, es muy importante conocer también la *variabilidad* en la duración de la época seca. Por ejemplo, si de vez en cuando se presenta un año más seco que lo normal, es vital tener suficiente agua para el ganado en estos años secos. Por esta razón, se deben revisar los datos de la precipitación durante varios años y analizar cómo es la situación durante los años más secos.

Para analizar la duración de la época seca, en el Cuadro 1 se presenta el valor de la precipitación en Flores menos el valor de 85% de la evapotranspiración en tanque. Cuando este valor es negativo, se puede asumir que el mes fue seco.

Según las observaciones de las familias ganaderas en el Petén, Guatemala, en la época de lluvias el ganado bovino no solamente consume agua de las aguadas, sino también se abastece de agua retenida en riachuelos temporales y charcos. Además es importante señalar que en la época de lluvia el pasto tiene un alto contenido de agua, lo que permite que el ganado satisfaga parte de sus necesidades de agua del pasto. Sin embargo, contar con una aguada en la finca en zonas con pocas fuentes de agua garantiza que en la época lluviosa el ganado cuente con suficiente agua de buena calidad y reduce el consumo de fuentes menos deseables como charcos.





**Cuadro 1. Valor de la precipitación menos 85% de la evapotranspiración en tanque en Flores, Petén durante el período de 1990-2006.**

	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
1990-1991	7	26	109	28	176	20	-20	-87	-162	-124	-113	-59
1991-1992	-67	75	140	64	73	132	29	-53	-145	-125	-136	-59
1992-1993	-35	58	274	199	14	24	-28	-94	-140	-50	-160	-77
1993-1994	-28	17	83	191	76	-24	14	-83	-135	-102	-128	-34
1994-1995	14	32	57	-1	-6	-71	-19	-101	-162	-8	-184	58
1995-1996	63	34	152	200	-30	28	-66	-103	-121	-18	-112	49
1996-1997	186	36	-84	83	149	14	5	-15	-144	-79	-80	46
1997-1998	128	-9	94	-48	132	-35	-25	-102	-160	-154	15	-38
1998-1999	-35	61	20	127	131	13	-69	-51	-153	-111	-149	60
1999-2000	226	26	70	138	124	Sin datos	-68	-102	-136	-178	24	44
2000-2001	260	65	273	276	-27	120	-64	-70	Sin datos			
2001-2002	Sin datos											
2002-2003	6	144	175	115	40	20	-56	-102	-106	-178	-59	224
2003-2004	54	128	93	179	354	Sin datos	-8	-8	-93	-150	99	120
2004-2005	149	52	108	86	82	-3	-43	-108	-87	-96	-90	106
2005-2006	56	177	198	12	22	52	-91	-71	-113	-114	368	323

Fuente: INSIVUMEH (Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrológica de Guatemala). En rojo se indican meses claramente secos durante los cuales probablemente muchas de las fuentes naturales de agua se secaron, mientras en verde se indican meses durante los cuales la precipitación fue claramente mayor que la evaporación y por lo tanto las fuentes de agua naturales (y también aguadas) se reabastecieron.

En el cuadro se observa que la duración del período con escasez de agua para el ganado varía considerablemente. Por ejemplo, entre 2005 y 2006 fue de cuatro meses, entre 2003 y 2004 solamente dos meses, mientras entre 1990 y 1991 y 1991 y 1992 duró seis meses y se puede estimar que entre 1997 y 1998 hubo un período con problemas de agua para el ganado de más que seis meses. Por estas razones, se estima que una aguada en el Petén debe contener suficiente agua para al menos cinco o seis meses.

## Consumo de los animales

Para estimar la cantidad de agua que consume todo el ganado de una finca durante la época seca, es necesario conocer cuánto consume cada animal. Esta cantidad varía según el tamaño del animal, el tipo de ganado (ganado de leche o de carne), si las vacas están lactando o no y la cantidad de leche producida, la cantidad y calidad de materia seca consumida, la temperatura del lugar, la distancia que tiene que caminar el ganado cada día y la cantidad de horas que el ganado está expuesto a pleno sol.

Sin embargo, en las condiciones de finca, las familias productoras y los y las técnicas agropecuarias necesitan una forma práctica para estimar las necesidades de agua del ganado.

En el trópico centroamericano, en sistemas ganaderas de doble propósito o de carne, la producción de leche por vaca y por día rara vez excede los 7 litros. Por otra parte, en el Petén se midió<sup>1</sup> durante los meses secos de marzo y abril (cuando el forraje es escaso y contiene poca humedad) el consumo de agua de un hato de doble propósito de 30 animales, compuesto por vacas, novillas y terneros con un peso promedio de 318 kilogramos de peso vivo. El consumo promedio fue de 30 litros por animal por día, valor que es similar al estimado por algunos productores ganaderos del lugar cuando tuvieron que transportar agua para abastecer al ganado. Asimismo, la literatura científica reporta que el consumo de agua en bovinos es de 8% a 12% de su peso corporal por día cuando la temperatura promedio del aire es de unos 25 °C.

Con base en la información mencionada, se podría estimar el requerimiento de agua del ganado por día, usando un valor del 10% del peso vivo. Por ejemplo, en

<sup>1</sup> Abner Martínez (2007). Caracterización de Estructuras de Captación y Aprovechamiento de Agua de Lluvia "Aguadas" para Consumo Animal en la Zona de Vida Bosque muy Húmedo Subtropical Cálido. Tesis, Universidad de San Carlos, Guatemala.

El comité de nutrición animal (Committee on Animal Nutrition) de la National Research Council (NRC) de los Estados Unidos publica en su página Web (<http://www.dels.nas.edu/banr/reports.php>) información científica sobre los requerimientos de nutrientes y agua del ganado bovino. Si se desea conocer más detalles sobre este tema, se recomienda visitar este sitio.



el Cuadro 2 se muestra la estimación para una época seca de cinco meses del consumo de un hato de 20 vacas, un toro, 10 novillas y 15 terneras.

**Cuadro 2. Estimación del consumo del hato en la época seca (en litros).**

Tipo de animal	Peso vivo en Kg	Consumo de agua por día	Número de animales	Consumo por mes	Consumo durante cinco meses
Vacas	400	40	20	$40 \times 20 \times 30 = 24.000$	120.000
Toros	520	52	1	$52 \times 1 \times 30 = 1.560$	7.800
Novillas	300	30	10	$30 \times 10 \times 30 = 9.000$	45.000
Terneros	120	12	15	$12 \times 15 \times 30 = 5.400$	27.000
<i>Consumo total: 199.800 litros</i>					

En total, el hato consumiría durante los cinco meses, en los cuales se presume que no haya agua en las fuentes naturales de la finca, aproximadamente 200.000 litros de agua, es decir, 200 metros cúbicos. Esta es la cantidad de agua que la familia ganadera debe tener disponible para cuidar su ganado durante la época seca.

Normalmente se hacen los cálculos asumiendo que el hato de la finca es estable. Sin embargo, cuando una familia ganadera está expandiendo gradualmente su hato, es recomendable considerar este aumento para no tener que enfrentarse a un faltante de agua en unos pocos años.

## 2. ¿Cómo seleccionar un sitio apropiado para la construcción de la aguada?

La selección del sitio donde se construye la aguada determina en gran medida su éxito. Es importante que la familia conozca los criterios técnicos y dedique suficiente tiempo a la revisión de la finca, con el fin de tomar una decisión correcta. A continuación se discuten los criterios de selección.

1. Se debe buscar lugares húmedos, ya que esta característica hace probable que las pérdidas de agua por infiltración sean pequeñas. Para identificar estos lugares, los productores han identificado una serie de criterios que

vale la pena rescatar. Por ejemplo, ellos buscan lugares como los siguientes:

- Lugares donde comúnmente se encharca o estanca parte del agua de la lluvia.
- Sitios donde brota agua en la época de lluvias, lo cual se observa mejor cuando se hace un hoyo en el suelo (por ejemplo, para sembrar un poste de cerca).
- Zonas donde se observan plantas que crecen en lugares húmedos como la zarza (*Mimosa pigra*), juncáceas, ciperáceas (como las “navajuelas” - *Scleria sp.*), lirios u otros.
- Lugares donde crecen árboles que se desarrollan en tierras húmedas como el matiliguato o roble sabanero (*Tabebuia pentaphylla* o *T. rosea*), palo de tinto (*Haematoxylon campechianum*), caoba (*Swietenia macrophylla*), pucté (*Bucida buceras*), julube (*Bravaisia sp.*) u otros.
- Sitios donde el pasto se mantiene verde por varias semanas después de haber terminado las lluvias.

2. Los lugares húmedos seleccionados deben tener suelos con un alto contenido de arcilla (según los productores, la tierra es “pesada”, “barrialosa”, “chaguitosa” o “sonsocuitoza”). Además, la profundidad del suelo debe ser de al menos 60 cm para poder formar un lecho impermeable para la aguada y con ello garantizar que el agua no se filtre hacia el subsuelo. Esta condición permite excavar suficiente material para construir los bordes (taludes o paredes). Se deben evitar lugares donde existan rocas cerca de la superficie, ya que es difícil construir una aguada en estos lugares y además existe un alto riesgo que se presenten fugas importantes del agua almacenada.

3. En terrenos con pendientes, se recomienda buscar lugares que faciliten la captación y conservación de agua, por ejemplo, sitios donde pasan corrientes superficiales







*Una aguada construida dentro de un arroyo, lo cual aumenta el riesgo de desbordamiento.*

En caso de que la zona de captación no concentre el agua de lluvia, se puede construir un canal o zanja que recoja mejor el agua de la escorrentía en las partes altas alrededor de la aguada. Este canal debe tener una compuerta que permita controlar la entrada del agua y desviarla hacia un desagüe cuando la aguada se encuentre llena. Se recomienda mantener este canal cubierto de pasto para evitar problemas de erosión (que puedan derivar en la formación de una cárcava).

de agua (“arroyitos”) cuando llueve, lo cual garantiza que la aguada se llene rápidamente. Sin embargo, el volumen de agua que transportan estas corrientes no debe representar una amenaza de desbordamiento que destruya la aguada. Por esta razón, hay que tener cuidado de que los arroyitos no transporten agua desde una distancia larga (más que 100 metros), ya que esto aumenta el riesgo de que se transporten grandes volúmenes de agua durante las lluvias fuertes. Por otra parte, preferiblemente se deben buscar lugares donde se requiera menor esfuerzo de trabajo. Por ejemplo, se pueden aprovechar depresiones naturales (“partes bajas”) del terreno donde la necesidad de construcción de taludes altas es menor. Sin embargo, siempre se recomienda que las pendientes sean menores al 40% para evitar la erosión hídrica y el arrastre de sedimentos hacia la aguada.

4. Preferiblemente, la zona de recarga de la aguada (es decir, donde se capta el agua) debe tener una cobertura de bosques, guamil o matorrales para evitar que el agua se contamine con sedimentos, pesticidas o fertilizantes de las zonas de cultivo. De no ser posible, se recomienda buscar zonas de recarga cubiertas con pastos. Hay que recordar que los sedimentos reducen la vida útil de la aguada y aumentan los costos de su mantenimiento por la necesidad de limpiarla con mayor frecuencia. Si no existe una cobertura adecuada, lo mejor es promover la regeneración natural de la zona de recarga, lo cual significa cercar la zona y abandonar las actividades agropecuarias.

5. Es importante que el lugar donde se construya la aguada permita mover con mangueras el agua almacenada hacia los bebederos (o abrevaderos), con el fin de que el ganado tome agua sin ingresar a la aguada. Para garantizar que el agua se mueva por gravedad hacia el bebedero, se recomienda que la altura de la entrada del agua del bebedero esté al menos un metro más bajo que el nivel que tendrá el fondo de la aguada.

6. Para evitar que los animales caminen demasiado, la aguada debe ser construida en un lugar donde el ganado tenga acceso a los bebederos desde varios potreros.

7. Si existe un pozo para consumo humano cerca del lugar donde se piensa construir una aguada (a una distancia menor que 100 metros), se recomienda que el sitio de la aguada sea más alto que el pozo para no correr el riesgo de que se reduzca el caudal de agua del pozo.

### 3. ¿Cuántas aguadas debe tener la finca?

Aunque puede ser más fácil y más barato construir solamente una aguada para proveer de agua al ganado durante todo un año, la familia ganadera debe reflexionar sobre las consecuencias de utilizar este sistema.

En primer lugar, se debe tomar en cuenta que el ganado toma agua de tres a cinco veces al día y que idealmente debe tener acceso al agua durante todo este tiempo. En segundo lugar, aunque algunos estudios han encontrado que en terreno plano el ganado puede caminar diariamente hasta un 1 kilómetro para tomar agua sin perder peso (por la utilización de mucha energía), otros estudios indican que para evitar un fuerte sobreuso de las pasturas cerca de una fuente de agua y una subutilización de las pasturas más lejanas, la distancia a caminar a una fuente no debe ser más que unos 500 metros. Considerando además, que aún en época seca se recomienda mantener una rotación de potreros para reducir la degradación de la cobertura forrajera, esto indica que en una finca donde las fuentes de agua son escasas, lo ideal es que cada una de estas fuentes pueda ser utilizada desde varios potreros.

En la práctica significa que las fincas ganaderas mayores a 15 o 20 manzanas deben tener más que una fuente permanente de agua. Aunque mucho depende de la

Cuando la aguada se llena por la captación directa del agua de lluvia, el criterio 4 no es relevante. Es más importante tomar en cuenta los siguientes dos objetivos:

1. Compactar bien los taludes internos para que las aguas escurran rápidamente hacia la aguada y protegerlos mediante la siembra de una vegetación rastrera que consume poco agua para la evapotranspiración, como la grama (*Paspalum sp.*) o maní forrajero (*Arachis pintoi*)
2. Profundizar al máximo la aguada para aumentar la eficiencia en el almacenamiento del agua



topografía del terreno y los accesos a los potreros, se puede considerar que en fincas de hasta 100 manzanas, debe existir una fuente de agua cada 20 manzanas. En fincas más grandes, probablemente aumentará el número de manzanas por cada fuente de agua adicional (debido al incremento del tamaño del hato y potreros); sin embargo, siempre se debe tomar en cuenta que la distancia máxima a la fuente de agua recomendable es menor a 500 metros.

Tener varias fuentes de agua para el ganado en una finca no necesariamente significa que todas deban ser aguadas. Donde las condiciones y las pendientes del terreno lo permitan, una opción puede ser construir una sola aguada en la finca y trasladar el agua con mangueras a bebederos ubicados estratégicamente en los diferentes potreros. Se conocen casos en donde el agua es trasladada a más de 800 metros.

## 4. ¿Cuánto agua se puede perder de la aguada?

Antes de poder definir las dimensiones de la aguada, se deben estimar las pérdidas del agua almacenada en una aguada. Las pérdidas del agua son varias, las cuales se citan a continuación:

1. Pérdidas por evaporación
2. Pérdidas por infiltración en el fondo de la aguada y través de los taludes
3. Pérdidas en la tubería y/o mangueras

Las pérdidas por evaporación no se pueden evitar, aunque existen opciones para reducirlas. El estudio en Petén, Guatemala, estimó, con base en mediciones del nivel de aguadas, la evaporación en aguadas con y sin cobertura (sombra) de árboles. Con estos datos y con los de temperatura del aire y la velocidad del viento, se puede estimar que en la época seca de cinco meses la evaporación es aproximadamente la siguiente (Cuadro 3):

**Cuadro 3. Evaporación en época seca.**

Mes	Evaporación en milímetros por día	
	Aguadas sin sombra	Aguadas con sombra de árboles
Enero	3,4 (estimación)	2,2 (estimación)
Febrero	4,4 (estimación)	2,9 (estimación)
Marzo	6,2 (medición)	3,6 (medición)
Abril	6,8 (medición)	4,1 (medición)
Mayo	7,5 (medición)	4,9 (medición)
<i>Promedio</i>	5,7	3,5

Fuente: Martínez (2007)



En conclusión, las aguadas que se encuentran a pleno sol y sin protección, pierden cinco meses (150 días) aproximadamente 85 cm de columna de agua (150 días \* 0,57 cm por día), lo que significa que las aguadas que tienen una profundidad menor a 85 cm pueden secarse fácilmente.

Por otra parte, la proyección de la sombra de los árboles alrededor de las aguadas puede reducir las pérdidas por evaporación hasta en un 40%. Sin embargo, muchos productores y productoras ganaderos mencionan que una desventaja que tienen varias especies arbóreas (sobre todo plantas caducifolias) es que botan muchas hojas y cuando éstas caen en la aguada se pudren dentro de ella, causando un mal olor y/o un sabor desagradable del agua, la presencia de algas, y por lo tanto el rechazo por parte del ganado. Además, especies que se mantienen con hojas verdes durante gran parte de la época seca requieren mucha agua y como consecuencia aumentan la pérdida del agua de la aguada. Estos factores limitan el uso de árboles para proteger la aguada del impacto directo del sol, sin embargo, las siguientes recomendaciones ayudan a reducir los efectos negativos:

- Sembrar los árboles en las orillas oeste y sur de la aguada, ya que en Centroamérica en la época seca el viento dominante sopla del noreste
- Sembrar los árboles fuera de los taludes o bordes de la aguada para reducir el consumo de agua por parte de los árboles; esto además reduce la caída directa de hojarasca y el peligro de que el crecimiento de las raíces produzca alguna ruptura de los taludes
- Buscar árboles que produzcan poca hojarasca (por ejemplo, palmas) y/o cuya hojarasca no afecte tanto la calidad del agua porque la hojarasca cae por debajo del árbol por su peso y/o por los bajos contenidos de componentes como polifenoles, siendo importante considerar







no solamente la hojarasca de hojas, sino también de frutos y flores

- Limpiar la aguada en la época de máxima caída de la hojarasca

La cantidad de pérdidas por infiltración y/o fugas en una aguada bien construida debe ser prácticamente nula. De hecho, este fue el resultado encontrado en el estudio de Martínez (2007) en el Petén, realizado en aguadas con fondos de arcilla compactada. Sin embargo, cuando existen desperfectos en las mangueras o tuberías o cuando el fondo de la aguada es permeable (arenosa), las pérdidas son difíciles de estimar, pero pueden llegar a ser muy importantes hasta el punto que las aguadas prácticamente no acumulen agua.

Si el terreno es plano y la aguada se llena solamente con agua de lluvia, la única opción es construir la aguada con una gran superficie para captar la mayor cantidad de agua posible durante los aguaceros. En este caso, las pérdidas por evaporación se pueden reducir promoviendo el crecimiento de árboles alrededor de la aguada o eventualmente el uso de algún material (por ejemplo, hojas de palmas) para tapar la aguada durante la época seca.

## 5. ¿Qué dimensiones debe tener la aguada?

Para definir las medidas de la aguada, se deben tomar en cuenta los cálculos realizados sobre el volumen del agua que necesita el hato, conocer el terreno disponible y estimar las pérdidas de agua que se pueden presentar.

Hay que recordar que en una aguada mejorada el ganado no tiene acceso directo a la aguada. Esto permite construir una aguada con bastante profundidad (porque no hay peligro que el ganado quede atascado en la aguada), lo cual reduce la superficie y por ende las pérdidas por evaporación. Por lo tanto, primero deben estimarse la profundidad del suelo y la topografía del sitio, que en conjunto definen la altura de los taludes o bordes de la aguada.

Para conocer mejor el tipo de suelo del lugar, se recomienda realizar una calicata (hoyo) para observar el perfil del suelo y la profundidad efectiva de este. Esta información se puede usar como se muestra en el ejemplo a continuación:

- En la calicata se estima que el suelo se pueda excavar hasta una profundidad de 90 cm (sin afectar el sello de arcilla que impermeabiliza la aguada).
- De la forma del terreno se deduce que la represa o los bordes se puede levantar hasta una altura de 150 cm.
- Se sabe que el espejo de agua debe permanecer al menos 20 cm por debajo de la altura máxima de la represa para evitar su rompimiento (el rebalse del agua puede causar la erosión del talud).

Entonces, la profundidad de la aguada deber ser de  $(90 + 150) - 20 = 220$  cm. Sin embargo, como la evaporación estimada es de 85 cm (página 19) y se recomienda que los últimos 20 cm del agua que queda en la aguada al secarse no pueda ser tomada por el ganado (porque contiene muchos sedimentos), la profundidad efectiva (es decir, que puede ser tomada por los animales) es de  $220 - 85 - 20 = 115$  cm.

La superficie de la aguada se calcula de la siguiente manera: 200 metros cúbicos (la cantidad de agua necesaria para que el ganado tome durante la época





Si en una finca el hato utiliza tres aguadas para permitir la rotación de potreros, el diámetro de cada aguada debe ser de 8,6 metros, lo cual resulta de los siguientes cálculos:

- $200 \text{ metros cúbicos} \div 3 = 67 \text{ metros cúbicos en cada aguada}$
- $67 \div 1,15 = 58 \text{ metros cuadrados (la superficie de cada aguada)}$
- $2 * \sqrt{(58 \div 3,14)} = 8,6 \text{ metros de diámetro}$

En estos cálculos se asume que no haya pérdidas por infiltraciones o fugas. Si estas se presentan, la superficie de la aguada debe ser mayor.

crítica, ver página 14) se divide entre 1,15 metros (la profundidad efectiva de la aguada) y se obtiene el área de 174 metros cuadrados, la cual es la medida que debe tener la aguada para almacenar el volumen requerido.

Visto desde arriba, muchas de las aguadas que son abastecidas por la precipitación tienen una forma redonda (circular o semicircular). En este caso, se puede utilizar la fórmula de un círculo para calcular el diámetro que debe tener la aguada ( $\text{Diámetro} = 2 * \sqrt{(174 \div 3,14)} = 14,9$  metros)

Sin embargo, este cálculo no es completamente correcto, ya que los taludes no son rectos, sino cóncavos. Entonces, la forma tridimensional no es cilíndrica, sino semiesférica. Esto significa que el diámetro tiene que ser mayor, aunque el cálculo exacto depende de la homogeneidad del fondo de la aguada y del desnivel de los taludes. Si es posible construir una aguada con un fondo homogéneo, lo ideal sería aumentar el diámetro calculado al menos 4 metros para lograr que la aguada almacene el volumen de agua requerido. Es decir, se debería construir una aguada con un diámetro de 19 a 20 metros.

A cada una de estas pequeñas aguadas, hay que aumentarle el diámetro unos 4 metros (por las mismas razones expuestas anteriormente).

## 6. ¿Cómo se construirá la aguada: con maquinaria o a mano?

Los tractores de oruga (“buldoser”) por su potencia son las máquinas más utilizadas para construir aguadas. Tienen gran peso para lograr una buena compactación y están disponibles en muchas zonas. También se utilizan las retroexcavadoras con orugas o con llantas, conocidas como “mano de mica” o “palas mecánicas”, que son más fáciles de maniobrar para cortar, excavar y colocar la tierra justo donde se necesita, además, en caso necesario, separaran

mejor el suelo que se extrae. Con ambos tipos de máquina, la compactación de los bordes y el fondo o lecho de la aguada se realiza con las orugas o con las llantas.

Algunas de las ventajas de construir aguadas con maquinaria incluyen la velocidad con que remueven la tierra y la colocan en el lugar de destino y la capacidad de compactar y remover objetos grandes como piedras o troncos de árboles que a veces dificultan las labores. La principal desventaja se refleja en el costo que implica contratar este tipo de máquinas, especialmente en casos donde la maquinaria tiene que ser transportada con camiones especiales hacia la finca y donde tienen que recorrer una gran distancia entre el lugar donde se descarga el camión y donde se construye la aguada, pues generalmente todos estos gastos deben ser asumidos por la familia productora. Tomando en cuenta lo anterior, la mejor forma para reducir los costos de maquinaria es organizar a las familias para que entre varias contraten la construcción de las aguadas en una comunidad. Esto permite compartir los altos costos del traslado de la maquinaria y negociar un precio por hora más bajo.

Otra opción puede ser que las familias productoras estén atentas a la presencia de maquinaria en la zona, la cual es traída por personas privadas o por municipalidades para sus propias construcciones. Una vez que la maquinaria se encuentre cerca, es probable que se logre negociar un precio atractivo para que al finalizar la obra contratada (o durante un fin de semana), trabajen unas horas en la hechura de una aguada.

Construir una aguada a mano puede ser la opción preferida por las familias cuando no se cuentan con los recursos para pagar el alquiler de la maquinaria o cuando los lugares son muy lejanos o de muy difícil acceso para una máquina. Muchas veces, esta opción es útil cuando la aguada se ubica en un terreno inclinado donde con la construcción de un solo talud o represa,

Aunque existen ciertas variaciones entre los países de la región (por diferencias en el costo de la mano de obra, combustible, repuestos, impuestos, etc.), los precios de alquiler de tractores de oruga y retroexcavadoras se pueden estimar entre US\$50 y US\$120 por hora según el tamaño de la máquina.

Generalmente, ni las familias ni el personal técnico tienen mucha experiencia con el trabajo de maquinaria pesada. Para evitar que se incurra en costos innecesarios o estimar mejor los recursos necesarios, se puede tomar en cuenta que generalmente la tarifa es fijada por hora trabajada, es decir, no se paga el tiempo del almuerzo, tiempo para mantenimiento, reparaciones, etc. Por lo tanto, se recomienda siempre estar presente y anotar el tiempo trabajado. Normalmente sí se paga el tiempo de rodamiento desde el lugar de descarga del camión al lugar de trabajo. Además, se debe vigilar que el operario trabaja según la capacidad de la máquina y no trate de trabajar lento o con poca fuerza, por ejemplo, que un tractor corte y empuja todo el tiempo pequeñas “paladas” de tierra.







se logra la acumulación de un volumen importante de agua. Construir a mano tiene la ventaja de que se puede construir la aguada por etapas, en la medida en que se dispone de los recursos económicos y la mano de obra necesarios. Las desventajas que presenta son la alta demanda de mano de obra y la dificultad de compactar bien la tierra en el fondo y los taludes de la aguada.

## 7. ¿En qué época es más adecuado construir la aguada?

Responder esta pregunta es difícil, pues depende mucho del terreno y del clima de la zona y en todo momento existen algunos riesgos. Sin embargo, como regla general se puede decir que es recomendable cuando el suelo del terreno donde se realizará la construcción es ligeramente húmedo. Esta condición facilita la excavación (a mano o con maquinaria), la compactación y la eventual corrección de problemas de infiltración con arcilla (ver página 28). El terreno al ser poco húmedo facilita la movilización de la maquinaria usada en la construcción. A continuación se discuten algunas situaciones comunes en las zonas donde trabajó el proyecto CATIE-Noruega/ Pasturas Degradadas.

La construcción de la aguada y de las piletas durante la época seca facilita el traslado de la maquinaria pesada (en caso de usarla) y de los materiales requeridos para la construcción. Además, evita que la maquinaria dañe los potreros o cultivos. Por esta razón, muchos productores prefieren construir una aguada cuando faltan uno o dos meses para que inicien las lluvias. Sin embargo, existe el riesgo de que la tierra esté muy seca, lo cual dificulta la compactación del fondo y de los bordes y el rendimiento de la maquinaria no es el adecuado.

Otras experiencias sugieren la construcción de las aguadas al inicio de la temporada de las lluvias (después de algunos aguaceros) cuando la tierra está más suave.

Sin embargo, esta opción es de mayor riesgo que la anterior, sobre todo cuando las primeras lluvias son muy intensas y saturan rápidamente el suelo, pues definitivamente la maquinaria no puede trabajar bien cuando el suelo está saturado con agua.

Una opción alternativa para mejorar el rendimiento de la maquinaria o de los trabajadores, es construir aguadas al final de la época lluviosa cuando la tierra aún está suave. Sin embargo, en este caso se debe revisar muy bien (con un barreno o mediante la hechura de un hoyo) que el suelo no tenga un exceso de humedad en las capas inferiores que pueda provocar que la maquinaria patine o que dificulte el uso de herramientas manuales, reduciendo la eficiencia del trabajo y aumentando los costos.

Finalmente, otro buen momento para construir las aguadas podría ser en semanas relativamente secas durante la época lluviosa. En muchas zonas de Centroamérica estas se presentan entre julio y agosto, un período que es conocido como “canícula”. Al igual que en los otros momentos citados, también en este período se corre el riesgo de que el terreno este muy húmedo y dificulte el uso de maquinaria o la excavación manual, razón por la cual se debe revisar el grado de humedad del terreno antes de iniciar los trabajos.



# Parte 2: Pasos en la construcción de una aguada



Una vez que se han finalizado todos los preparativos discutidos en las páginas anteriores, se puede continuar con la construcción de la aguada, cuyos pasos se describen a continuación. Es importante tener presente que en la construcción de la aguada hay muchos aspectos relacionados con la ingeniería y que el propósito de este manual no es explicar todos esos detalles. Por lo tanto, puede ser necesario que la familia busque el asesoramiento de un especialista en el tema.

## **Paso 1: Limpiar el lugar donde se va a construir la aguada**

Primero, se debe limpiar la vegetación existente en el área donde se va a construir la aguada. El sitio debe estar prácticamente sin vegetación, porque cuando los restos de la vegetación se acumulan en los bordes o el fondo de la aguada, la compactación del material es menor y su descomposición afecta la calidad del agua durante varios meses.

## **Paso 2: Marcar el área**

Segundo, se debe marcar los límites de la aguada a construirse. Para esto, se necesitan estacas (varas, estacones) de distintos tamaños, reglas de madera, hilo o cuerda de carpintería, nivel de albañil (de “burbuja”) o mangueras transparentes para nivelar, mazos y cal agrícola para marcar. Las actividades a realizar son las siguientes:

- Trazar los límites de la aguada en el terreno y marcarlos con cal
- Colocar una estaca en el punto más bajo del terreno para marcar la altura máxima que se estima que puede tener el borde de la aguada en este punto
- Trazar con hilo o cuerda y varias estacas una línea, partiendo del punto más bajo, con el fin de marcar la altura de la presa en los bordes de la aguada, los cuales se deben construir con la tierra excavada para poder almacenar la cantidad de agua requerida

### Paso 3: La construcción con uso de maquinaria

Cuando llega la maquinaria, el productor debe explicar los planes para la construcción de la aguada al operador de la maquinaria y con base en la experiencia de ambos, se ajustan las decisiones finales.

Hay que recordar que la compactación y el tipo de suelo que se debe dejar o colocar en el fondo (“lecho”) de la aguada determinan en gran medida la impermeabilidad de la misma. Se asume también que en el sitio se ha excavado un hoyo para conocer el suelo (ver página 21). Con base en



*Una aguada recién construida con mala colocación de la tierra excavada (no se formaron taludes).*





¿Cómo se construye una aguada de forma manual?

Para construir una aguada manualmente primero se deben realizar los pasos 1 y 2 presentados anteriormente. Luego, se debe excavar el área que será el fondo de la aguada y colocar toda la tierra que se extrae al lado del área excavada donde se formará la presa o “muro” frontal (ver foto página 25). Se debe tener el cuidado de dejar suficiente arcilla en el fondo del área excavada para impermeabilizarla.

Para concluir, se debe tratar de compactar los bordes (sobre todo el lado que servirá como presa) con los pies, con animales o con implementos manuales como “pizones”.

los horizontes (“capas”) del suelo observados, se puede decidir cuál tiene la textura más arcillosa y por lo tanto contiene el mejor material para ser colocado en el fondo de la aguada para impermeabilizarlo, pues funciona como “sellador”.

Si este material se encuentra en las capas más profundas, la maquinaria debe remover las capas superficiales y usarlo para los bordes. En el caso que este material no se encuentre en las capas más profundas del suelo, la máquina debe hacer lo siguiente:

1. Remover la capa más arcillosa por separado y depositar temporalmente fuera de la zona de trabajo
2. Excavar la aguada hasta la profundidad deseada
3. Regresar parte de la tierra que se apartó hacia el fondo de la aguada y compactarla
4. Colocar el resto de la tierra arcillosa en los bordes internos y compactarla

El operador debe formar los bordes de la aguada empujando tierra en forma de abanico y llevando tierra del centro hacia los lados. El operario debe tener el cuidado de lograr una profundidad homogénea, apoyándose en las estacas que marcan la curva a nivel.

Cada vez que se coloque una capa de 30 a 50 cm de tierra fresca, la máquina debe compactarlas, montándose sobre los bordes y rodando unas veces de un extremo al otro. Aparte de compactar, se puede aprovechar este momento para mantener nivelado los bordes.

Por último, para lograr que la parte superior de los bordes de la aguada se compacten correctamente, la máquina debe rodar encima de los bordes por un tiempo prolongado. Esto es una tarea muy importante para lograr la resistencia y la impermeabilidad deseada de los bordes y mejorar la vida útil y la funcionalidad de la aguada.

## Paso 4: Opciones para impermeabilizar mejor la aguada

En caso de que la textura del suelo no permita una buena impermeabilización del fondo y de los bordes de la aguada, se debe recurrir a alguna medida adicional. A continuación se discuten cuatro opciones:

### *Opción 1:*

En un tonel (barril) de 200 litros (55 galones) se colocan 25 libras de cal hidratada (hidróxido de calcio, de venta en ferreterías), se agrega agua y se mueve fuertemente hasta obtener una lechada espesa. Este volumen de mezcla, puede utilizarse para impermeabilizar unos 25 metros cuadrados del fondo de una aguada. Después de preparar la lechada, se aplica a la aguada cuando esta tiene aproximadamente un pie de profundidad de agua, luego se agita hasta que el agua quede blanca. En aproximadamente 24 horas, el agua se aclara nuevamente porque la cal se ha asentado y se ha penetrado en los poros donde existía la infiltración. Si la aguada es muy grande o su profundidad es poco uniforme, es mejor dividir la aguada con pequeñas represas temporales de tierra (arcilla).

### *Opción 2:*

Cuando se identifica una fuga muy evidente en la aguada, se recomienda vaciar la aguada y aplicar (a mano, como si fuera repello) una de las siguientes mezclas:

- Una parte (por volumen) de cal hidratada o yeso y una parte de arcilla (barro)
- Una parte (por volumen) de cal hidratada o yeso, una parte de arcilla (barro), media parte de estiércol de caballo desmenuzada para hacer más plástico la mezcla y una parte de pulpa de tuna o nopal (una especie de cactus) fermentada

Todas las aguadas recién construidas pierden agua que se filtra por el fondo y los bordes. Con el tiempo, las fugas de agua se van reduciendo cuando la arcilla (conocido como "lodo fino") forma costras que impermeabilizan las aguadas. También el alto contenido de carbonatos de calcio, en zonas donde la roca es calcárea, ayuda a sellar el fondo y las paredes de la aguada.



por una semana como pegamento. En lugar de tuna también se puede usar la baba de la cáscara del árbol de guácimo o caulote (*Guazuma ulmifolia*).



### **Opción 3:**

También se pueden utilizar soluciones más costosas, como cubrir el fondo y las paredes con una carpa plástica o de polietileno grueso (como el plástico negro que se usa para silos), con geomembranas especiales para construir estanques para la crianza de peces o camarones o como los que se usan en salineras. Se debe tener cuidado al unir los lienzos para formar una sola tela que cubra todo el área excavada. Para que el plástico o la tela no se muevan, debe cubrirse con tierra en los bordes y en el fondo.



### **Opción 4:**

La opción más costosa es cubrir el fondo y las paredes con concreto, lo cual debe ser reforzada con una malla de hierro para evitar rupturas. Una opción más barata que concreto es usar “terracedo”, para lo cual se refuerza la malla con otra malla más fina (“malla de gallinero”) y luego se prepara una mezcla con una parte de cemento, una parte de cal hidratada y dos partes de arcilla. Siempre y cuando el ganado no transite sobre este material, puede servir como impermeabilizante por muchos años.

## **Paso 5: La construcción de un vertedero**

En aguadas que se llenan con agua de escorrentía en una zona de recarga, se recomienda construir un vertedero para evitar que la aguada se rebose hasta el borde y el agua empiece a salir libremente y con fuerza por encima del borde o de la represa, pues esto puede dañar la misma. Se puede excavar una zanja con poco desnivel cerca del punto donde entra la mayor parte del agua de la

*Una aguada impermeabilizada con "terracedo". En la foto inferior nótese el vertedero para descargar excesos de agua.*



escorrentía, para formar el canal de descarga del exceso de agua. Para evitar la erosión del canal, se cubre una parte (al menos los primeros metros) con piedras y/o se estimula el crecimiento de una vegetación baja y rastrera. En aguadas con paredes reforzadas (ver paso 4), se puede colocar como desagüe un tubo de 4 pulgadas a unos 20 cm por debajo de la corona del borde o a la altura máxima de llenado que se considere adecuada.

## Paso 6: La construcción de los bebederos

Una parte fundamental de una aguada mejorada es evitar el acceso directo del ganado a ella (ver página 7). Para lograrlo, se debe construir bebederos (abrevaderos) que se llenan con el agua almacenada en la aguada.

Donde el terreno lo permita se recomienda diseñar y construir un sistema de salida de agua por gravedad hacia los bebederos. El sistema consiste en una manguera de polietileno o PVC para la conducción de agua desde la aguada hacia el bebedero que se encuentre al menos un metro por debajo del nivel de salida del agua. En el bebedero se debe instalar una llave de paso (o de flote para un llenado automático) para controlar el flujo de agua y evitar el desperdicio. Si no existe la mínima diferencia requerida de un metro entre el nivel de salida de la aguada y la altura de la llave en el bebedero, se sugiere enterrar parte del bebedero para aumentar el desnivel. Otra alternativa, pero mucho más costosa, es bombear el agua con bombas manuales o de motor.

Para conducir el agua de la aguada hacia los bebederos no se recomienda instalar un tubo fijo en la pared (borde) de la aguada, sino usar mangueras flexibles de PVC colocadas encima de la presa. La razón es que la instalación de un tubo en la presa debilita el mismo y en algunos casos puede provocar su ruptura.



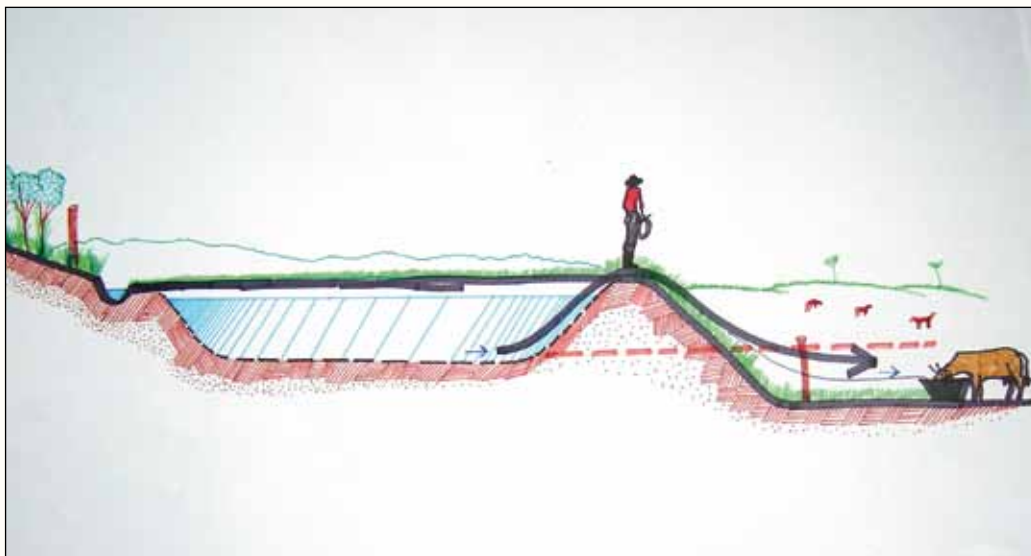
*La salida del agua hacia los bebederos es construida con concreto, implicando altos costos.*



*Una manguera de PVC colocada encima del talud conduce el agua hacia los bebederos.*



Idealmente, el bebedero debe estar ubicado por debajo del nivel mínimo que se permite alcanzar el agua en la aguada para que esta fluya sin problemas por la gravedad. Se puede usar un sifón flotante, teniendo cuidado de que no entre aire en la toma ni basura, mediante el uso de un filtro sencillo. En caso de usar el sifón, primero se debe llenar completamente la manguera y taponar los dos extremos, luego se introduce un extremo en la aguada y se destapa el extremo que queda fuera y el agua empieza a salir.



**Figura 3. Esquema general para la construcción de bebederos alimentados por una aguada.**



Otra opción es fijar (con cable y piedras como peso) un extremo de la manguera a unos 20 cm por encima del fondo de la aguada y usar un filtro para evitar la entrada de basura. De vez en cuando (por lo menos al final de la época de lluvias) se recomienda revisar si no se han acumulado muchos sedimentos alrededor de la entrada de la manguera que deban limpiarse.

Los bebederos pueden ser fijos o móviles, dependiendo de los recursos con que cuenta la familia productora y

de la división de potreros. Además, se debe verificar el tipo de suelo, ya que en aquellos suelos arcillosos que se agrietan en la época seca (los vertisoles) existe el riesgo que los bebederos fijos (pilas o piletas) se rajen. Para evitar esta situación, se sugiere usar bebederos móviles o reforzar todas las paredes y el fondo de la pila con una malla o varilla de hierro.

Los bebederos móviles se pueden hacer a partir de toneles o barriles plásticos, sin embargo se debe tener cuidado de colocarlos de manera que no se puedan volcar para evitar pérdidas de agua.

En caso de usar pilas o piletas fijas, la forma influye en la eficiencia de uso, la durabilidad y el comportamiento animal. En el Cuadro 4 se comparan las pilas redondas de las rectangulares, con el fin de ayudar a tomar la decisión de qué tipo de pila se va a construir.

#### Cuadro 4. Comparación entre pila rectangular y pila circular

Criterio	Rectangular	Circular
<i>Distribución de la presión del agua</i>	Hacia las paredes y a las esquinas	Uniforme
<i>Aprovechamiento de espacio</i>	Menos animales por metro lineal de perímetro	Más animales por metro lineal de perímetro
<i>Estrés de animales que abrevan</i>	Mayor estrés	Menor estrés
<i>Facilidad de construcción</i>	Fácil	Medianamente difícil

Cuando las paredes de una pila con bloques o concreto miden más de un metro de largo, se recomienda usar varillas de hierro para aumentar la resistencia de las paredes y evitar que se quiebren por la presión que ejerce el agua en las paredes, por la presión de los animales o por movimientos telúricos.



# Parte 3: ¿Cómo mejorar las aguadas existentes?



## Evitar el acceso directo del ganado

En fincas ganaderas pueden existir aguadas con buena captación y que permanecen con agua todo el año, pero que permiten el acceso directo del ganado. Como se ha discutido en este manual (ver páginas 7 y 8), es mejor protegerlas con cercas colocadas fuera de los bordes o taludes para evitar daños en los mismos por el pisoteo y conducir el agua hacia bebederos (ver página 31).

## Proteger mejor la aguada y su zona de recarga

Cuando la zona de recarga de una aguada está situada en una zona de potreros o cultivos, es mejor construir una cerca alrededor de la zona de recarga, y cambiar el uso del suelo que incluya la regeneración de la vegetación (natural). Se espera que el aumento en la cobertura del suelo y la protección de la zona de captación del agua resulten en una mejor calidad del agua captada y una reducción de la cantidad de sedimentos que entran a la aguada.



En los bordes de la aguada no se debe utilizar herbicidas para controlar las malezas o pastos, pues se corre el riesgo de contaminar el agua e intoxicar a los animales. Si se debe controlar malezas, lo mejor arrancarlas o realizar chapias.

Se sugiere mantener o sembrar especies rastreras en los bordes de la aguada para que se mantengan firmes y no se

erosionen por el impacto de la lluvia, ya sea con pasto u otras plantas que sean rastreras y resistentes a la sequía, como *Arachis pintoii* o *Desmodium sp.*

Por otra parte, no se recomienda plantar árboles en la presa o en los bordes. Si bien las raíces de los mismos amarran la tierra, también al crecer demasiado pueden provocar que los bordes se fisuren (o “rajen”) y como consecuencia se escape el agua. Además, la evapotranspiración de los árboles es alta (un árbol de regular tamaño evapora hasta 70 litros de agua diariamente) y probablemente al menos una parte del agua lo obtiene de la aguada (ver también página 19).

## Opciones para reducir la pérdida de agua

Cuando una aguada presente fugas, muchas familias ganaderas abandonan la aguada e inician la construcción de otras. Sin embargo, antes de tomar una decisión tan drástica, vale la pena revisar si es posible impermeabilizar mejor la aguada. Aunque esto significa cierto gasto en dinero y tiempo, puede resultar más barato que construir una nueva aguada o seguir dependiendo de otras fuentes de agua. Las opciones existentes para impermeabilizar una aguada se han discutido en las páginas 29 y 30.





# Parte 4: Un estudio de caso.

## La aguada mejorada en la finca de doña Iris Portillo



La finca de doña Iris está ubicada en la comunidad de El Zapote, en el Ejido municipal de Santa Ana, Petén, Guatemala. Tiene una extensión de 24 manzanas, de las cuales 12 están cubiertas principalmente por pastos mejorados como *Brachiaria brizantha* y *B. decumbens*. En la finca hay entre 15 y 20 cabezas de ganado entre vacas, novillas, un toro y terneros.

Aunque la aguada que doña Iris tenía no se secaba totalmente, su finca no tenía suficiente agua y en la época seca ella tenía que trasladar el ganado a otra finca. Además, los animales ingresaban a la aguada para abreviar en forma directa, aumentando la posibilidad de contaminación con parásitos, el riesgo de atasco de animales en el lodo en las orillas y el rompimiento de la capa impermeable de la aguada por el pisoteo de los animales.

Para mejorar la cantidad y la calidad del agua para su ganado, doña Iris decidió construir una nueva aguada. Conjuntamente con el proyecto CATIE/Pasturas Degradadas, se planificó la construcción de una “aguada mejorada” y se realizaron los siguientes pasos:

### a) Selección de sitio:

Se seleccionó una zona entre dos cerros donde se presenta escurrimiento superficial de la lluvia como la mejor área para la construcción de la aguada, sin embargo, no se eligió el punto más bajo, sino, un sitio con una altura de dos metros más de alto que la parte más baja del terreno.

En este lugar crecían plantas típicas de lugares húmedos (como la navajuela, lirios, etc.), había presencia de tierra húmeda en el mes de abril (el mes más seco) y cuevas de camarones de lodo. Además, el sitio presentaba un suelo profundo.

## b) Diseño de la aguada:

Para estimar el tamaño de la aguada, se definió como período de escasez de agua un lapso de cinco meses (de enero a mayo), de acuerdo a la experiencia de la productora y sus vecinos. Como se puede revisar en la página 10, esta estimación coincide con los datos climáticos de la estación meteorológica de Flores, Petén.

En el Cuadro 5 se presentan los datos que se utilizaron para estimar los requerimientos de agua del hato de la finca:

**Cuadro 5. Datos para estimar los requerimientos de agua del hato de la finca**

Descripción	Cantidad requerida
Consumo promedio de agua por animal por día	30 litros
Total de animales	15 animales
Consumo del hato por día	450 litros
Consumo por mes	13.500 litros
Período de escasez de agua	5 meses
<b>Requerimiento de agua</b>	<b>67.500 litros</b>

Después de conocer el volumen requerido para mantener a los animales durante el período crítico, se tomaron en cuenta los registros de la estación meteorológica de Flores para estimar la cantidad de agua que se puede perder por evaporación. Para el período de enero a mayo, el valor promedio es de 0,57 cm por día (Cuadro 3, página 18). Por lo tanto, la columna de agua que se puede evaporar durante ese período es de:

$$150 \text{ días (= 5 meses)} * 0,57 = 85,5 \text{ cm}$$





Sin embargo, si se considera que en años muy calientes la evaporación puede ser un poco mayor, es mejor calcular con 90 cm. A este valor se le debe restar las lluvias que ocurren en ese período. En promedio, suman 34,5 cm; sin embargo, es mejor restar un valor de 20 cm, que es el valor de la precipitación en años muy secos. De esta manera, se obtiene un valor de:

$$90 \text{ (evaporación)} - 20 \text{ (precipitación)} = 70 \text{ cm}$$

Además, se debe tomar en cuenta que se recomienda dejar al menos 20 cm de agua en el fondo de la aguada para evitar la contaminación del agua con sedimentos. Entonces, la profundidad mínima que debe tener la aguada es de 90 cm: 70 cm para compensar la pérdida por evaporación más 20 cm que se deben dejar en la aguada.

El área disponible para hacer la aguada era de aproximadamente 20 metros por 20 metros y la profundidad se estimó en al menos 1,5 metros. Esta profundidad no solamente corresponde a la profundidad del suelo en el sitio, sino a la suma de la profundidad del suelo más la altura de los bordes.

Doña Iris decidió que se hiciera una aguada circular de 16 metros de diámetro (es decir, con radio de 8 metros). El área de una aguada con este diámetro es de:

$3,14 * 8 * 8 = 201$  metros cuadrados. Asumiendo lo siguiente:

1. Que la profundidad de la aguada es más o menos homogénea en la parte central de la aguada
2. Que la parte central tiene un diámetro de 12 metros (y entonces una superficie de  $3,14 * 6 * 6 = 113$  metros cuadrados)
3. Que no se tome en cuenta el agua que se acumula en las orillas de la aguada (con un ancho de 2 metros)

La profundidad efectiva deseable de la aguada se puede estimar de la siguiente manera:

$67,5$  (cantidad de agua necesaria para el hato en metros cúbicos)  $\div$   $113$  (área del centro de la aguada en metros cuadrados) =  $0,60$  metros

Sumando a esta profundidad efectiva de  $0,60$  metros la profundidad mínima de  $0,90$  metros para compensar las pérdidas, el total de la profundidad debe ser de:

$0,60 + 0,90 = 1,50$  metros

El volumen total de agua que se puede acumular en la parte central de la aguada es de:

$113 * 1,5 =$  aproximadamente  $170$  metros cúbicos

### c) Trazo del terreno

Utilizando estacas, cuerda de pescar, nivel y cinta métrica, se trazó en el terreno un círculo con  $16$  metros de diámetro.

### d) Construcción de la aguada

En dos horas de trabajo, un tractor de orugas acumuló tierra de la parte de entrada del agua y parte central de la aguada en el borde para formar la represa frontal. Al final compactó la parte del fondo de la aguada y la represa.

Al final, las dimensiones de la aguada quedaron un poco diferentes a las que se calcularon previamente, ya que fue más factible construir una aguada un poco más profunda. El diámetro fue de  $15$  metros y la profundidad de  $1,65$  metros en el centro de la aguada.



Es importante recordar que esta información solamente es válida para la aguada descrita y que no se puede asumir que cada aguada con esta capacidad tiene este costo, pues depende del tipo de maquinaria, su estado, las condiciones del terreno, la destreza del operario, etc.





### e) Protección de la aguada y construcción de bebedero

Para evitar el ingreso del ganado, se cercó el área de la aguada y se construyó agua abajo una pileta redonda de dos metros de diámetro hecha de bloques de concreto.

### f) Conducción del agua

Noventa días después de su construcción, la aguada se llenó con las lluvias y se conectaron las tuberías para llevar el agua a la pileta por gravedad (usando el principio del sifón). Hasta la fecha se mantiene de esta manera. En el Cuadro 6 se presentan los costos de la hechura de la aguada de doña Iris. Llama la atención que el costo del bebedero (pileta) es mayor al costo de la aguada misma.

Después de haber construido la aguada, la familia de doña Iris quedó muy contenta con la aguada mejorada que resolvió su problema de agua para el ganado, aunque, después de tres años, su hato ahora está más grande y le hubiese gustado que la aguada tuviera una mayor dimensión. Para resolver este nuevo limitante, la familia planea construir una aguada adicional.



**Cuadro 6. Costos de la hechura en 2006 de una aguada en la finca de doña Iris Portillo en Petén, Guatemala (el tipo de cambio utilizado en dólares de US\$1 = 7,5 Quetzales).**

Descripción	Unidad de medida	Cantidad	Costo unitario	Total
<i>Construcción de la aguada:</i>				
Trazo y limpieza	Jornal	1	6,70	6,70
Excavación con tractor de arrugas	Horas máquina	2	60,00	120,00 <sup>1</sup>
Alambre de púa	Rollo	2	21,30	42,60
Postes muertos de madero ("chico zapote") para cerca	Postes	60	1,05	63,00
<i>Subtotal aguada:</i>		232,30		
<i>Construcción de la pileta (bebedero):</i>				
Cemento	Bolsa o saco de 50 kg.	12	5,35	64,20
Arena de río	Metro cúbico	1	16,65	16,65
Piedrín	Metro cúbico	0,5	16,65	8,35
Tubo de PVC de 1/2"	Tubo	3	2,40	7,20
Manguera de PVC de 2"	Rollo	0,5	80,00	40,00
Hierro liso ("varilla") de 1/4"	Quintal	0,5	16,00	8,00
Hierro corrugado ("varilla") de 3/8"	Quintal	0,5	24,00	12,00
Bloques de concreto	Unidad	75	0,43	32,25
Alambre de amarre	Libra	1	0,95	0,95
Pegamento para PVC	Tubo	1	2,65	2,65
Codos de PVC	Unidad	2	0,40	0,80
Llave de paso	Unidad	1	6,00	6,00
Transporte de materiales para pileta	Viaje	1	26,60	26,60
Ahoyado	Jornal	4	6,65	26,60
Mano de obra para la construcción de la pileta	Jornal	18	6,65	119,70
<i>Subtotal pileta:</i>		371,95		
<b>Gran Total: US\$ 604,25</b>				

<sup>1</sup> En este caso no hubo gastos adicionales por el traslado del tractor, pues tenía varios trabajos en la zona. En otros casos, el costo podría ser mayor por esta razón.

# Guía para un evento grupal de capacitación: “Agua para las vacas”

Preparado por Edgar Palma, Omar Ramírez, Karen Hernández y Jorge Cruz





## 1. Introducción

En muchas zonas de Centroamérica hay poca disponibilidad de agua para el ganado en la época seca. Esta situación provoca pérdidas económicas a las familias productoras que están en esta situación, pues a veces mueren algunos animales, tienen que vender animales a precios bajos, trasladar animales, arrendar potreros o acarrear agua. Esta limitante se agrava aún más cuando la poca agua disponible es de baja calidad por problemas sanitarios (parásitos). Construir una aguada mejorada o laguna es una de las alternativas más utilizadas para aliviar este problema. Sin embargo, a muchos productores y productoras les cuesta planificar y construir una buena aguada porque no tienen los conocimientos necesarios. En este evento de capacitación se pretende dotar a las familias productoras de estos conocimientos.

## 2. Objetivos

Al final del evento, se espera que los y las participantes:

- Comprendan mejor el concepto integral de cosecha de agua de lluvia y algunos aspectos del ciclo hidrológico
- Se preocupen, interesen o motiven en construir o mejorar las aguadas en las fincas
- Conozcan y comprendan los criterios que deben ser considerados para la selección de sitios y para el diseño, la construcción y el manejo de las aguadas
- Conozcan y comprendan muchos aspectos prácticos relacionados con la construcción de una aguada mejorada

## 3. Variaciones/precauciones/supuestos para realizar el evento

- El problema de falta de agua en la época seca debe ser un problema prioritario identificado por las familias productoras.
- Previo al evento, el facilitador debe buscar información sobre cuándo se secan las aguadas, cómo los y las productoras las construyen, si hay algunas que mantienen



agua en verano, así como información relacionada con las lluvias y la evaporación en la zona.

- El día antes del evento se recomienda excavar una calicata (“hoyo”) en el sitio donde se construirá la aguada para poder observar la profundidad y el tipo de material (arena, limo, arcilla, presencia de piedras) de las distintas capas del suelo del sitio. Puede ser de 1 metro de ancho por 1 metro de largo y hasta la profundidad que se puede excavar.
- En caso que un proyecto invierta fondos para la construcción de una aguada, previo al evento, el facilitador debe seleccionar una finca mediante un proceso participativo y transparente. Por otra parte, si no se tienen los recursos para invertir, el facilitador debe identificar una finca donde la familia esté dispuesta a invertir recursos propios para construir una aguada.
- La convocatoria debe realizarse a tiempo. Para esto, se puede aprovechar una reunión previa para avisar a los y las participantes. Una alternativa pueda ser colocar carteles en lugares donde muchos productores se reúnen (la tienda, el centro de salud, el mercado, etc.) con una leyenda como la siguiente: “Si a usted se le muere el ganado por falta de agua en el verano o se le enferman por tomar agua sucia, le invitamos a una actividad....el día..... en la finca de .....”

**Nota:** En caso de que el proyecto financiara parcial o completamente la aguada mejorada a construirse durante el evento, se debe realizar un proceso transparente para elegir la finca. Por ejemplo, aprovechar una reunión previa en la cual se definan los criterios que debe reunir la finca para la construcción de una aguada con fines demostrativos (estar cerca de la carretera, que no esté muy lejano para ser visitado por otros productores, que sea una necesidad y que permita el ingreso a otros productores y técnicos). Posteriormente, el facilitador debe realizar una gira para revisar si efectivamente las fincas reúnen los criterios, y finalmente hacer un sorteo en presencia de los productores para elegir la finca donde se construirá la aguada mejorada.

## 4. Materiales y logística requeridos para el desarrollo del evento

- Papelógrafo o pared
- Papelones
- Marcadores de diferentes colores
- Cinta Scotch o masking tape
- El machote del cuadro para estimar el consumo de agua del hato (página 48)
- Machete, pala
- Estacas, cintas métricas, niveles (o mangueras plásticas transparentes)
- Cal
- Pita o mecates de poco grosor (pueden de ser de carpintería)
- Un tractor (de oruga, excavadora o mano de mica) para cuando se decida realizar la construcción con maquinaria
- Productores con herramientas (palas, picos) para excavar a mano una parte de la nueva aguada para cuando se decida realizar la construcción a mano
- Refrigerio

**Nota:** En caso de construir la aguada a mano es casi imposible terminar la construcción en el día del evento. Sin embargo, lo importante es dejar claro los conceptos.

## 5. Época en que se recomienda desarrollar el evento

Se sugiere realizar el evento durante la época seca, ya que es durante esta época cuando se sienten los efectos de la falta de agua, y por este motivo, las familias pueden estar más receptivas para asistir a un evento sobre el tema. Por otra parte, para construir la aguada se sugiere que la época de lluvia esté más cerca, motivo por el cual si se puede llevar a cabo el evento al final de época seca resulta mejor.

## 6. Duración del evento

El evento puede durar de unas cuatro a cinco horas, incluyendo el tiempo para hacer la aguada. Sin embargo, no es de sorprenderse si el evento dura más, ya que los y las participantes pueden quedarse observando las labores de la maquinaria por más tiempo. El tiempo estimado para visitar una aguada mejorada ya existente es de unas tres horas.

## 7. Lugar del evento

El evento se realiza en la finca del productor anfitrión. La primera parte del evento se puede realizar en el patio de la casa y el resto de la sesión en el área donde se construirá una aguada nueva o donde se encuentre la aguada mejorada ya construida.

## 8. Metodología/desarrollo de la sesión

Una vez reunido el grupo, se proponen los siguientes pasos para su desarrollo:

1. Reflexión/introducción a través de preguntas y discusión: 15 minutos
2. Planificación y diseño de una aguada mejorada: 45 minutos
3. Construcción de una aguada mejorada o visita a una aguada mejorada existente: 1,5 a 3 horas
4. Discusión final: 20 minutos
5. Acordar acciones de seguimientos por parte de los productores y el facilitador: 10 minutos

## 9. Detalles para el desarrollo del evento

### *1ª Parte: Introducción y reflexión sobre la problemática de agua en la finca*

Después de revisar posibles tareas o acuerdos de eventos anteriores, se inicia el evento preguntando:

#### **¿Cómo les ha ido este verano?**

Probablemente, habrá respuestas como las siguientes difícil, duro, etc. Las respuestas pueden hacer referencia a la falta de comida y agua para los animales. Si no hay respuestas en relación a la falta de agua, el facilitador debe inducir las:

#### **¿Cuáles son los problemas que están teniendo por la falta de agua?**

Las respuestas a esta pregunta pueden incluir las siguientes: el ganado se queda pegado en las aguadas por la debilidad, algunos animales se mueren, tenemos que vender más animales y el precio es bajo, etc.

### ¿Por qué es que están pasando este tipo de problemas?

Se espera que algunos participantes puedan decir que este tipo de problemas se da porque no hay suficiente agua en la finca.

### ¿Por qué se secan las aguadas?

Algunos participantes pueden decir que porque son muy pequeñas, son mal hechas, se escogió un mal lugar, etc. El facilitador debe complementar estas respuestas, por ejemplo, explicando algunos conceptos del ciclo de agua (por ejemplo, tener a mano un dibujo que muestra la lluvia, evaporación y evapotranspiración, infiltración, escorrentía, etc.) y la relación entre profundidad y superficie de la aguada con la evaporación. Además, puede mencionar otros factores que afectan la pérdida de agua en las aguadas como los siguientes:

- El número de animales que beben agua en la aguada quizá es superior al número que se tenía cuando se construyó la aguada
- El manejo de la aguada (especialmente haciendo énfasis en el ingreso de animales a la aguada y el rompimiento de capas que la impermeabilizan)
- Las características del suelo donde se construyó la aguada

### ¿Qué podemos hacer para mejorar esta situación?

La respuesta puede ser la siguiente: hacer aguadas que aguanten el verano, que almacenen más agua y no se sequen. (Puede haber participantes que dirán que en su finca no hay lugar para cosechar agua en aguadas, pero se espera que la respuesta se aclare al final del evento). Si la respuesta es hacer aguadas, se pregunta:

*¿Cómo podemos hacer una mejor aguada, si la que tenemos no nos funciona o no provee el agua necesaria?*

El facilitador puede explicar que tal vez unos cambios en la construcción de la aguada o en el manejo puedan resolver los problemas: *A continuación vamos a ver cómo podemos mejorar la construcción de la aguada, desde su planificación hasta su manejo.*

### **2ª Parte: Planificación y diseño de una aguada mejorada**

Para revisar con los y las participantes cómo se puede planificar la construcción de una aguada, se recomienda revisar los siguientes aspectos con el uso de preguntas. Para iniciar, se puede preguntar:



### ¿Cómo estiman ustedes el tamaño que debe tener la aguada?

Se espera que el grupo mencione que es importante tomar en cuenta el número y tamaño de los animales que dependen de la aguada para tomar agua y la duración de la época seca. Se solicita al anfitrión que mencione el número de animales por etapas de desarrollo a los cuales quiere darle agua de la aguada. Se recomienda usar el siguiente cuadro (la persona quien facilita debe haber preparado el machote antes del evento) y estimar los requerimientos de agua de los animales usando una cantidad equivalente al 10% de su peso vivo (ver páginas 13 y 14 del manual):

### Estimación de los requerimientos de agua

Categoría	Cantidad	Requerimiento de agua/día	Subtotal de agua necesaria
Toros	1		
Vaca adultas	8		
Novillas/vaquillas	6		
Terneros	8		
<i>Total por día:</i>			
<i>Duración de la época seca en días:</i>			
<i>Cantidad de agua que requiere el hato de la finca:</i>			

### ¿Qué cantidad de agua bebe un animal?

Los y las participantes pueden contar sus experiencias (por ejemplo, sobre el consumo cuando ellos tienen que acarrear agua) y luego el facilitador debe compartir los requerimientos de agua para cada categoría de los animales que se generaron en el cuadro anterior. Finalmente, se multiplica la cantidad de agua requerida por animal por el número de animales de la categoría y suman el total por día. Luego se pregunta:

### ¿En qué meses no hay agua?

Se pide a los participantes que mencionen en qué meses no hay agua en las quebradas, riachuelos y otras fuentes naturales de agua en la zona. Se recomienda preguntar si eso es igual en todos los años y revisar al menos los últimos cinco años. Luego se pregunta:

*¿Si el año pasado no hubo agua por tres meses y el año antepasado por cinco meses, para cuántos meses tenemos que construir la aguada?*

Se espera que el grupo concluya que es mejor que la aguada tenga suficiente agua para aguantar toda la época seca aún en años muy secos.

Para terminar el cuadro, se multiplica el número de meses por 30 para llegar al número de días y el resultado por el requerimiento diario y por el número de animales en cada categoría. De esta manera, se obtiene la cantidad total de agua que requiere el hato de la finca.

**Nota:** No se debe olvidar que este método para estimar el requerimiento de agua del hato es válido cuando hay solamente una aguada en la finca y ninguna fuente adicional de agua. Si hay más aguadas u otra fuente de agua, se deben ajustar los cálculos.

Es importante que el grupo entienda que la cantidad de agua que necesita el hato no es la misma cantidad que debe tener la aguada, pues hay pérdidas, que son discutidas a continuación. El facilitador puede abordar este tema con la siguiente pregunta:

### **¿Cuáles son las pérdidas en la aguada?**

Se espera que el grupo concluya que puedan ser las siguientes:

1. El calor provoca la evaporación (“escapar”, “cocinar”) del agua en una aguada. A modo de ejemplo, en el Petén, Guatemala se estima que en una época seca de cinco meses se puede perder una “capa” o columna de agua de hasta 80 centímetros. Con sombra, estas pérdidas se reducen hasta unos 50 centímetros, pero en caso que la sombra sea proporcionada por los árboles, se debe discutir con el grupo sobre las desventajas que produce la caída y pudrición de hojas en la aguada.
2. Si la aguada está bien hecha y el suelo es poco permeable, no debe haber pérdidas, pero si el suelo es poroso las pérdidas pueden ser altas.
3. No deberían existir otras pérdidas por fallas en las manqeras si la aguada está bien hecha y si recibe buen mantenimiento.

La persona quien facilita debe comentar al grupo que es muy importante construir la aguada de manera que las pérdidas sean mínimas y que esto se va a revisar en el campo. Debe quedar claro en las discusiones y demostraciones que una aguada debe ser lo más profunda posible para reducir las pérdidas por evaporación.

### ***3ª Parte: La construcción de la aguada mejorada***

Después de la parte introductoria en el patio de la casa, el grupo se dirige al lugar donde se construirá la aguada. Se espera que la maquinaria ya se encuentre en el lugar. Durante el evento, hay varios aspectos importantes que se deben revisar con el grupo:

#### **A: Revisión del terreno**

Primero, es útil revisar con el grupo el lugar donde se construirá la aguada. Antes de iniciar la discusión, se recomienda realizar un pequeño recorrido con todo el grupo para que los y las participantes conozcan los alrededores del sitio, revisen las pendientes y las posibles zonas de recarga, e identifiquen varios posibles sitios para la construcción de la aguada.

Si la aguada se llena por la lluvia (en terrenos completamente planos), el lugar de construcción de la aguada debe cumplir dos requisitos:

1. El suelo debe ser profundo y poco permeable de manera que se puede construir una aguada con una buena profundidad y que no presente mayores pérdidas por infiltración. Estas condiciones muchas veces se encuentran en sitios donde la vegetación indica que el suelo se mantiene con bastante humedad (ver página 15).
- 2 El lugar debe ser considerado apropiado por el productor anfitrión porque le facilita el manejo de su ganado (por ejemplo, el ganado puede acceder al bebedero alimentado por la aguada desde varias potreros).

En caso que la aguada se llene por escorrentía (ver páginas 15 y 16) hay un requisito adicional:

3. La aguada debe construirse no en el lugar más bajo del terreno, sino en un sitio un poco más alto. De esta manera, se puede llevar el agua con mangueras a piletas (bebederos).

En el terreno se deben revisar estos puntos con el grupo, ayudándose en el o la productora anfitriona. Se pide a los participantes que identifiquen un lugar adecuado para la construcción y los criterios que utilizan (Por ejemplo, “*Dónde en este terreno creen ustedes que se puede construir una aguada y por qué*”)

**Nota:** En algunos casos, sobre todo en terrenos con pendientes, se recomienda revisar si existe algún riesgo para casas u otras construcciones aguas abajo de la aguada que puedan ser afectadas en caso de rompimiento de los taludes.

Posteriormente, el facilitador y el anfitrión comentan sobre el lugar donde se construirá y los criterios utilizados y se discuten eventuales diferencias de opinión entre los y las participantes. En caso necesario, se pide al anfitrión que comente sobre las inquietudes que tienen los y las participantes sobre el lugar.

## **B: Las dimensiones de la aguada**

De acuerdo a los cálculos realizados sobre la cantidad de agua que requiere el hato de la finca y conociendo el terreno disponible para la aguada, se debe tomar la decisión sobre las dimensiones de la aguada.

Para esto, hay que conocer la profundidad del suelo. Una opción es preparar una calicata (“hoyo”) antes del evento para que el grupo observe hasta que profundidad se puede excavar la aguada sin que se llegue a algún material poroso. Otra opción es utilizar un barreno para observar la profundidad del suelo en varios puntos del sitio. Lastimosamente, generalmente no hay disponibilidad de barrenos.

Cuando se ha estimado la profundidad del suelo, se define el área y la forma de la aguada. Primero, se calcula el área que debe tener la aguada. Por ejemplo, si se estima que el hato requiere 100 metros cúbicos de agua; que la profundidad excavada del suelo (ver siguiente figura) es 90 centímetros; que de la altura total de los taludes de la aguada se pueden aprovechar 70 centímetros (porque no se recomienda llenar completamente la aguada para evitar el rompimiento de los taludes); que no se pueden aprovechar los últimos 20 centímetros en el fondo de la aguada (“agua residual”); y que la evaporación es de 80 centímetros, el cálculo es el siguiente:



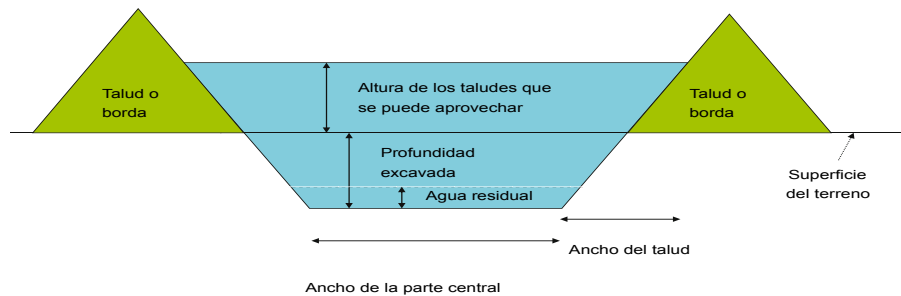
$$\text{Área de la aguada} = \frac{\text{volumen de agua requerida}}{\text{altura máxima de columna de agua aprovechable}}$$

En el cual:

Altura máxima de columna de agua aprovechable = (profundidad del suelo excavada + altura de taludes que se puede aprovechar) – (agua residual + pérdida por evaporación)

En caso del ejemplo:

$$\frac{100}{\{(0,90 + 0,70) - (0,80 + 0,20)\}} = \frac{100}{(1,60 - 1,00)} = 167 \text{ metros cuadrados}$$



### Dibujo de apoyo para calcular el volumen de agua que contiene la aguada.

Se recomienda nuevamente enfatizar la magnitud de las pérdidas por evaporación y resaltar la importancia de construir la aguada con bastante profundidad (donde sea posible) para minimizar estas pérdidas.

Luego, se analiza el terreno disponible y se define la forma de la aguada: cuadrada, rectangular, circular u irregular. Por ejemplo, si se decide construir una aguada redonda, los 167 metros cuadrados necesarios se logran con una aguada con un diámetro de:

$$\text{Diámetro} = 2\sqrt{(167 \div 3,14)} = 14 \text{ metros y } 60 \text{ centímetros}$$

Tomando en cuenta que la profundidad gradualmente disminuye cerca de las orilla de la aguada, es prudente construir una aguada con un diámetro un poco mayor,

preferiblemente entre 18 y 20 metros (lo cual en la figura 1 se identifica como “Ancho de la parte central” más “Ancho del talud”).

Si la aguada se construye (aproximadamente) en forma rectangular y el ancho se define (por la forma del terreno) en 11 metros, el largo de la aguada debe ser el siguiente:

Largo de la aguada =  $167 \div 11 = 15$  metros con 20 centímetros

Sin embargo, por la misma razón explicada anteriormente, es mejor construir la aguada un poco más grande, por ejemplo 11 metros por 20 metros.

**Nota:** Si se construye la aguada a mano, después del trazado es importante iniciar (pero durante un tiempo relativamente corto) la excavación de la zanja en frente de la represa, sobre todo para dejar claro dónde excavar, dónde depositar y cómo compactar. En este caso, como la compactación es mucho más difícil de realizar por falta de máquinas pesadas, vale la pena discutir y explicar algunas opciones que ayudan a impermeabilizar la aguada.

## C: La construcción

Una vez estimadas las dimensiones, se traza el terreno usando cal. Como las líneas marcadas en el terreno tal vez sean muy abstractas para los y las participantes, se recomienda explicar donde quedarán las diferentes partes de la aguada (zona de recarga, los bordes y el canal de desagüe) y en qué dirección (aguas abajo) se construirán los bebederos.

Luego, se debe explicar al operador del tractor por dónde debe comenzar la construcción. Posteriormente, se inicia la construcción siguiendo los pasos descritos en las páginas 27 y 28 de este manual.

Al finalizar las labores, se toman las medidas finales de la aguada y se calcula la capacidad de la aguada.

Debido a que la aguada está recién construida, no se pueden instalar las mangueras y bebederos, sin embargo, se debe indicar a los y las participantes dónde y cómo funcionará, así como también cómo será el manejo de la misma.

Se debe explicar al grupo que la aguada debe estar protegida del ingreso del ganado mediante la construcción de una cerca que encierra también los bordes o taludes (preferiblemente con una cerca viva). Además se recomienda proteger la zona de recarga (por ejemplo, mediante la reforestación). Si el tiempo lo permite, se debe revisar con el grupo la ubicación de las cercas que van a construirse.

En síntesis, debe quedar claro que una aguada mejorada implica:

- La protección de la zona de recarga de la aguada, donde la vegetación funciona como “filtro”.
- La protección de la aguada con una cerca que proteja también los bordes o taludes.
- El ofrecimiento de agua al ganado por medio de bebederos.

**Nota:** Para que la discusión sobre los bebederos no quede solamente en palabras, se recomienda mostrar, con los materiales ya adquiridos, cómo y dónde se instala la manguera de PVC (encima del talud, luego enterrado hasta el bebedero) y cómo se coloca el sifón en la manguera, además de mostrar un bebedero móvil hecho de un barril plástico con su llave o flotador (boya). Estos materiales puedan ser adquiridos por la organización que implementa la capacitación, pero también por el productor anfitrión en caso que este vaya a usar la aguada. Su instalación definitiva se hará posteriormente, pero en el evento se realiza una simulación.

#### *4ª Parte: Discusión final*

Al final del evento, se recomienda discutir sobre el tema utilizando preguntas como las siguientes:

- ¿Qué hemos observado/aprendido?
- ¿Qué nos gusta y por qué?
- ¿Qué no nos gusta y por qué no?
- ¿Qué de lo observado podríamos utilizar en nuestras fincas?
- ¿Qué es lo más difícil de hacer en nuestras fincas?

Al final del evento, se recomienda comentar sobre los costos:

### *¿Cuánto cuesta una aguada?*

Se espera que con la información aportada por el o la anfitriona se pueda estimar los costos. Algunos participantes pueden opinar que es muy costoso, pero el facilitador puede intentar realizar un cálculo del impacto económico que pueden tener las familias productoras al no contar con una buena fuente de agua y compararlo con el costo de construir una aguada mejorada (por ejemplo, en el estudio de caso se estima el costo en unos US\$600 dólares, ver página 41). Se puede preguntar al grupo:

*¿Cuánto se recibe por una vaca gorda? ¿Y cuánto por una vaca flaca? ¿Cuánto dejamos de recibir entonces cuando vendemos una vaca flaca de emergencia?*

*¿Cuánto se pierde cuando se mueren los animales?*

*¿Cuánto se puede ahorrar cuando el ganado tiene menos problemas con parásitos?*

Por ejemplo:

- Si se muere una vaca atascada en el barro cada dos años y la vaca tiene un valor de mercado de US\$500 (el valor lo debe asignar el grupo), la finca pierde US\$250 anuales en forma directa y aún más por no poder vender la leche y/o terneros que podrían haber producido la vaca.
- Si se reducen los problemas con parásitos y en lugar de cada tres meses se desparasita cada 6 meses (dos veces al año) con ivermectina un hato de 20 vacas adultas y 20 medianas, se obtiene un ahorro directo de aproximadamente:  $(20 * 8) + (20 * 6) = 280$  cc de ivermectina, lo cual (dependiendo de la marca, etc.) puede significar un ahorro directo de US\$20 a US\$30 cada seis meses. A este ahorro directo se debe sumar el ahorro en tiempo (mano de obra) y probablemente una mejor productividad (leche y carne) de los animales por tener menos parásitos.

Se espera que la discusión permita llegar a la conclusión que aunque muchos participantes dicen que no tienen recursos, podría ser mucho más rentable vender algunos animales en una época cuando tienen un buen precio y usar el dinero para hacer una aguada y evitar las pérdidas mencionadas año tras año: ¡Hacer una aguada no es un gasto, sino una inversión!



**Nota:** Una alternativa para realizar el evento cuando no se puede construir la aguada es visitar aguadas existentes. En este caso, se recomienda primero visitar una aguada donde el ganado no tenga acceso directo, sino, que toma el agua en una o varias pilas (bebederos). Lo ideal es que la zona de recarga tenga cierta protección. Durante la visita el facilitador y el productor o productora anfitriona deben comentar y explicar por qué se eligió el lugar, cómo se calcularon las dimensiones, cómo funcionan los bebederos y cómo han sido las experiencias. Además, si en la comunidad hay una aguada “tradicional” que se desea mejorar, es importante llevar al grupo a esta segunda aguada para discutir cómo se puede mejorar.

### *5ª Parte: ¿Qué acuerdos esperamos después del evento?*

¿Será que funcionará la aguada? Se debe discutir con el grupo si les interesa visitar nuevamente la aguada en la época de lluvias, cuando se encuentren instaladas las piletas y se haya llenado la aguada.

Se recomienda además, compartir una hoja de resumen del evento que menciona aspectos importantes de la construcción y el uso de una aguada. En las siguientes dos páginas se presenta un ejemplo de cómo podría elaborarse dicho resumen.

**Nota:** La persona facilitadora debe estar consciente que la construcción de una aguada pueda incluir aspectos de la ingeniería que ni él o ella, ni la familia productora dominan bien. Aunque en este manual se ha tratado explicar varias de ellos, puede ser necesario consultar más a los operarios de la maquinaria, a constructores o a ingenieros. Por ejemplo, cuando los taludes de una aguada no superan los 150 centímetros y la aguada tiene un área menor a 200 metros cuadrados, pocas veces habrá peligro de rompimiento de los taludes por la presión del agua acumulada. Sin embargo, en caso de construir aguadas más grandes y/o con taludes más altos, puede ser necesario revisar con un ingeniero si el ancho y el material de los taludes son adecuados.

## Resumen del evento “Agua para las vacas”

Durante la época seca en muchas zonas las fincas no tienen agua para el ganado en sus potreros. Construir aguadas o lagunas para guardar agua puede ayudar a mejorar esta situación. Aunque la construcción no es barata, la familia ganadera puede ahorrar mucho dinero porque el ganado se mantiene mejor y se cuidan más los potreros.

Sin embargo, no siempre es fácil construir y mantener una buena aguada en una finca ganadera, por las siguientes razones:

- Si no se busca un buen sitio para construir la aguada, puede ser que esta nunca se llena con agua o se destruye con las lluvias.
- A veces, la aguada es muy pequeña y no da abasto para todos los animales.
- Cuando el ganado entra en la aguada a tomar agua, esta se contamina lodo y excrementos.
- Cuando el ganado está débil, puede atascarse en el lodo.
- Pueden haber problemas con fugas de agua.



Para construir buenas aguadas, se debe poner atención a los siguientes puntos:

1. Se debe estimar cuánto agua se necesita para el ganado: En un mes, una vaca de 400 kilos necesita 1.200 litros (estos son seis barriles o toneles de 55 galones) y un ternero de 200 kilos la mitad.
2. Se debe tomar en cuenta que en un verano de cuatro meses, por el calor y el viento siempre se pierde una capa de agua de 50 centímetros bajo la sombra, y 80 centímetros en el sol.
3. Por esta razón, se debe construir la aguada en un terreno donde el suelo es profundo y no hay rocas o muchas piedras, y tratar que la profundidad de la aguada sea por lo menos de 1,5 metros.
4. Se debe construir la aguada en un lecho arcilloso para evitar que el agua se pierda en el suelo.
5. Se debe compactar muy bien los bordes o taludes y el fondo de la aguada para evitar que se rompan al momento de llenarse.
6. Donde el terreno no es muy plano, se recomienda construir la aguada en un punto donde recibe agua que escurre de la parte más alta cuando llueve, para que se llene rápidamente.
7. No se recomienda construir la aguada en el punto más bajo del terrenos, sino en un punto un poco más alto. Así, se pueden usar bebederos plásticos para que el ganado tome agua o pilas construidas de concreto.
8. Se recomienda poner una cerca alrededor de la aguada para evitar que el ganado entre en ella y dar agua al ganado en bebederos.
9. Con una manguera se lleva el agua de la aguada al bebedero. Se pueden usar llaves de paso o flotadores o boyas (como los de un servicio) para llenar los bebederos.
10. Es importante dar mantenimiento a las aguadas: cuando al final de la época seca la aguada está casi vacía, se debe limpiarlo de sedimentos y revisar los bordes.







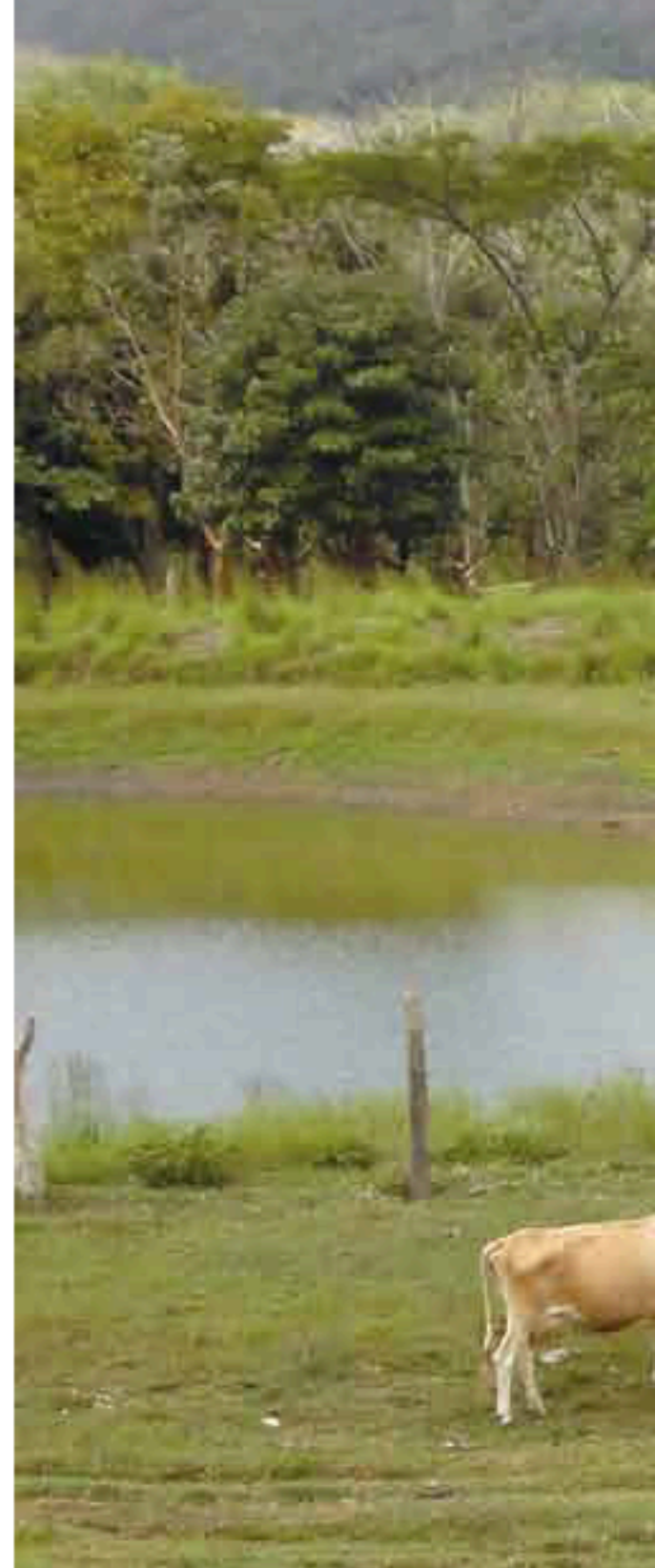


CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza) es un centro regional dedicado a la investigación y la enseñanza de posgrado en agricultura, manejo, conservación y uso sostenible de los recursos naturales. Sus miembros son el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), Belice, Bolivia, Colombia, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, República Dominicana, Venezuela, España y el Estado de Acre en Brasil.



Sede Central CATIE 7170, Cartago, Turrialba 30501, Costa Rica  
Tel. (506) 2558-2000 • Fax (506) 2558-2060

[www.catie.ac.cr](http://www.catie.ac.cr)



ISBN: 978-9977-57-537-7



9 789977 575377