

Categoría de Ficha	Medidas Relacionadas	Estándares Internacionales relacionados con la medida	Plazo de Implementación
<p>Las fichas Categoría B son medidas de sostenibilidad bioclimáticas con un grado de <u>complejidad técnica Media</u>, que podrían ser complementarias o bien necesarias en la implementación de otras actividades, incluidas en: Manual de agricultura sostenible con énfasis en biodiversidad y cambio climático</p> <p style="font-size: 48pt; font-weight: bold; text-align: center;">B</p>	<p>9 Control de deriva</p> <p>12 Estimación de huella de carbono</p> <p>13 Uso de datos meteorológicos</p> <p>17 Vivero con especies locales adaptadas</p> <p>26 Optimización del sistema de riego (SHM)</p> <p>30 Mapas de sostenibilidad</p>	<p>Estándar para Agricultura Sostenible de Rainforest Alliance 2020, V1.3 Requisitos: 6.5.1, 6.5.4, 6.5.6, 6.5.7</p> <p>Criterio de Comercio Justo- para Organizaciones de Pequeños Productores 2019, V2.5. Requisito: 3.2.25, 3.2.37</p> <p>Estándar de Agricultura Sostenible para Cultivos 2020, V2-2. Indicador: 4.3.2.3, 4.3.2.5</p> <p>Aseguramiento Integrado Finca-Global GAP V5.4-1. Puntos de Control: AF 7.4.1, CB 5.4.1, 5.5.1,</p>	<p>Hasta 3 años</p>

giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

GIZ Costa Rica: giz-costa-rica@giz.de
Elaborado: Mayo 2023 M.Sc. Mauricio Salas V

Reservorios de agua



Descripción de la medida

Según la Asociación Mundial para el Agua “GWP”, en el planeta un 97% del agua está en mares y océanos; solamente un 3% es considerada agua dulce, de la cual el 69% está congelada en casquetes polares y glaciares y otro 30% bajo tierra. Así, que finalmente sólo el 1% de agua dulce está disponible en la superficie.

Estas reservas naturales de agua, también son importantes en términos de conservación de la biodiversidad, ya que preservan alrededor del 12% de las especies conocidas, incluyendo un tercio de todas las especies de vertebrados¹. Estudios indican que una de cada tres especies de peces de agua dulce² y el 30% de los anfibios³ están bajo amenaza de extinción.

Para la agricultura este recurso es indispensable, ya que el desarrollo de los cultivos está directamente condicionado a la disponibilidad de agua. El crecimiento de las plantas, la productividad y la calidad de las cosechas están determinadas,

en gran medida, por la presencia o ausencia de agua, particularmente en los momentos claves del ciclo del cultivo: germinación, floración, llenado o fructificación⁴. Tema de especial relevancia teniendo en cuenta los posibles escenarios ante el cambio climático en las diferentes regiones productivas.

Según el Informe “[Perspectiva Global de la Tierra](#)”, de las Naciones Unidas (ONU) elaborado en el 2017⁵, la agricultura se ha constituido en una de las actividades humanas responsables de la escasez del agua a nivel global; en donde prácticas como la irrigación⁶ representan el 70% de las extracciones de agua dulce.

Por otro lado, los problemas de disponibilidad y escasez del agua, debido a efectos de contaminación, uso irracional y ausencia de políticas estatales que regulen y velen por una adecuada distribución y conservación de este recurso, incrementan esta problemática. Sin dejar de lado los cambios en los patrones del clima, que han dado como resultado una reducción anual de los niveles de precipitación, en muchas zonas, incluyendo áreas agrícolas.



¹ Sustaining freshwater biodiversity in the Anthropocene. [The Global Water System Project, 2014](#)
² Global patterns of freshwater species diversity, threat and endemism. [Global Ecology and Biogeography, 2014](#)
³ Threatened Amphibians of the World. [IUCN and Conservation International, 2008](#)
⁴ Uso del agua del reservorio en labores agropecuarias. [MEFCCA, COSUDE, CATIE, 2018](#)

⁵ Perspectiva global de la tierra. [Naciones Unidas Convención de Lucha contra la Desertificación, 2017](#)
⁶ El 40% del agua destinada para riego se pierde antes que llegue a las raíces del cultivo por la mala selección del sistema, un diseño deficiente o problemas de infiltración, entre otros. [PREDES, 2000](#).



Figura 4: Componentes de un sistema de cosecha de agua.
Fuente: CATIE.

En las próximas décadas, esta problemática podría extenderse y agudizarse, alcanzando regiones que históricamente no han sido afectadas por sequías; razón por la cual es de suma importancia generar y fortalecer políticas de conservación, relacionadas con el recurso hídrico en cada país, promoviendo a su vez acciones dirigidas hacia un uso racional y sostenible del agua, especialmente en regiones donde las lluvias no son suficientes para cubrir las necesidades básicas y productivas de una manera continua.

En áreas agrícolas, el desarrollo de proyectos de optimización del uso del agua, puede orientarse en la integración de cinco diferentes estrategias:

- Construcción de reservorios para almacenamiento de agua
- Recuperación de la escorrentía superficial⁷,
- Optimización de los sistemas de riego (*tema abordado en la ficha #26*)
- Desarrollo de sistemas de reuso y recirculación de agua de proceso.
- Interacción y trabajo conjunto entre diversos actores ubicados en la misma cuenca hidrográfica, en donde el objetivo común sea la gestión sostenible del recurso.

La presente medida, amplía los pasos para la implementación de reservorios de agua en áreas productivas, como parte de una estrategia de adaptación al cambio climático, en zonas agrícola con déficit de hídrico.

Promoviendo la cosecha de agua de lluvia en sitios en donde sea una alternativa viable, así como el reuso de agua de procesamiento cuando la legislación nacional y las normativas internacionales lo permitan.

Finalmente es necesario valorar, que si bien los reservorios son sistemas de almacenamiento de agua en la mayoría de los casos



Reservorio de agua para irrigación
Foto: Finca Neerlandia. Tecbaco, 2022

artificiales, con objetivos definidos; el productor debe considerar que pueden llegar albergar una importante diversidad de fauna, inclusive especies endémicas o en peligro de extinción, por lo cual su manejo debe ser responsable y planificado. Por otro lado debe cumplir con requisitos de ley como concesiones o permisos de captación, manejo de caudales y prácticas de no contaminación, teniendo en cuenta que la optimización del recurso va más allá de los límites de la finca, dado que la acción responsable y las actividades de conservación afectaran positivamente a nivel de paisaje, permitiendo a los usuarios de la cuenca contar con agua suficiente y de calidad todo el año.

Beneficios en la implementación de la medida

Aportes en biodiversidad y gestión del cambio climático

- Impulsar estrategias de adaptación al cambio climático, en zonas agrícolas en donde hay un déficit hídrico, debido al descenso de precipitaciones anuales y aumento de las sequías.
- Promover la protección de especies que utilicen los reservorios como refugio, sitio de desove, alimentación y anidamiento
- Incentivar la implementación de prácticas que disminuyan el riesgo de contaminación de recurso hídrico, favoreciendo la biodiversidad que ocupa estos espacios.

Beneficios para el productor

- Reducir los riesgos de pérdidas en los cultivos por sequías o por la inestabilidad de la temporada lluviosa
- Incrementar la productividad de los cultivos, asegurando el agua para irrigación durante el año
- Aumentar la eficiencia del agua de lluvia, aprovechando una parte considerable de la escorrentía para labores agrícolas.
- Prevenir la degradación del suelo ocasionada por la erosión hídrica, en eventos fuertes de lluvia al captar la escorrentía superficial, disminuyendo también los riesgos de inundación.
- Promover buenas relaciones con los usuarios del agua en la cuenca, a través de estrategia de uso racional y conservación.
- Obtener una mejor valoración de imagen del productor, facilitando la comercialización de sus productos y fortaleciendo el cumplimiento de protocolos de certificación como Rainforest Alliance, Global Gap y Comercio Justo.

⁷ Escorrentía superficial o directa: es la precipitación que sobre la superficie del terreno discurre por la acción de la gravedad sin infiltrarse en el suelo. [lagua, 2022.](#)

Metodología de implementación de la medida

La implementación de reservorios agua⁸ a nivel de finca es una práctica orientada a promover estrategias de adaptación al cambio climático, en zonas agrícolas en donde hay un déficit de hídrico, debido al descenso de precipitaciones anuales y aumento de las sequías.

Esta iniciativa pretende que las fincas se comprometan a realizar un actividades de captación, almacenamiento y aprovechamiento del recurso hídrico de una forma responsable y apegada a la legislación nacional⁹ e internacional aplicable.

De esta forma, la estrategia a ser implementada dependerá de los objetivos de uso del agua, de la presencia o ausencia de fuentes de abasto cercanas, las necesidades del cultivo, así como de la capacidad de inversión, área disponible y la implementación de diversos requerimientos técnicos que serán ampliados en las siguientes secciones del documento.

No se recomienda el uso de los reservorios para suministro de agua de consumo humano, dado los riesgos de contaminación directa o indirecta de agroquímicos utilizados en las áreas de producción de piña y banano.¹⁰

Al inicio del proyecto, es importante que el productor realice una valoración de la condición y disponibilidad hídrica en la región donde su ubica la finca, mediante imágenes satelitales, mapas y recorridos de campo, analizando también datos históricos de variables meteorológicas (*precipitación, temperatura, evaporación, radiación solar, otras*) así como la frecuencia de eventos climáticos extremos como sequías. Información importante que permitirá proyectar a futuro las necesidades reales del recurso y ayudará a realizar una mejor planificación para la implementación del reservorio de agua y así lograr los resultados esperados.

A continuación se desarrollan los pasos para el establecimiento de un reservorio de agua.



Reservorio de agua. Fuente de Captación AsoSevilla
Imagen Satelital: Finca Teresa. Tecbaco, 2022



Paso 1. Determinación de objetivos e identificación de fuentes de captación.

Al planificar el proyecto, es importante tener en cuenta los objetivos de uso del agua y las posibles fuentes de abasto, lo cual ayudará no sólo a determinar la cantidad el volumen de agua requerida, sino también la ubicación, tamaño y [diseño del reservorio](#), disminuyendo así impactos ambientales y optimizando la inversión económica, el tiempo y el recurso humano requerido.

Objetivo de uso del agua	
Irrigación	✓
Procesamiento	
Control de incendios	✓
Fuentes de abasto	
Cauces naturales cercanos (ríos, esteros, quebradas, otros)	✓
Red de canales de Distritos, Juntas o Asociaciones de Riego	
Cosecha de agua lluvia (aprovechamiento de la escorrentia superficial)	
Reuso de agua de procesamiento	✓

Así por ejemplo, si la finca requiere de una actividad de riego constante en los meses de verano, en donde la precipitación es aislada o nula, y la necesidad de suministrar agua al cultivo es una prioridad debido a la evapotranspiración, aunado a que el agua también sería un recurso valioso para el combate de incendios que suelen presentarse en los periodos de mayor radiación solar; el productor decide construir un reservorio, el cual tendría dos fuentes de captación: el río cercano (para el cual ya se cuenta con un caudal concesionado) y las aguas residuales de lavado de fruta¹², mediante la instalación de tuberías de conducción que llevaría el agua hasta el reservorio por gravedad, evitando incurrir en costos de bombeo y consumo de combustible fósil.

En este escenario la finca tendría la posibilidad de utilizar como principal fuente de abasto de agua un ecosistema cercano; sin embargo esta condición no siempre es posible, debido a que hay zonas en donde las fuentes naturales llegan a secarse por completo o la unidad de producción esta distante de este recurso; en estos casos la recuperación de la escorrentia superficial de la lluvia (mayormente aplicable a pequeños productores) o la integración o incorporación a Asociaciones de Riego pueden ser una alternativa.



Paso 2: Disponibilidad y requerimiento de agua para el proyecto.

Una vez se han identificado las fuentes de captación de agua, es importante realizar un análisis y estimación de los volúmenes de agua disponibles, con los cuales se podría cubrir las necesidades

⁸ Los reservorios de agua constituyen en espacios físicos para el almacenamiento agua.

⁹ Se debe consultar la legislación de cada país, en cuanto estudios de impacto, movimientos de suelo, captación de agua, concesiones, otros.

¹⁰ "Se considera que la escorrentia superficial que se capta en reservorios o lagunetas construidos por y para la agricultura de pequeña escala, no es la más apropiada para consumo humano. La razón de ello es que tanto el

tratamiento de esa agua, como los cuidados diarios para mantenerla limpia, resultan muy complejas y demasiado costosas". [MEFCCA, COSUDE, CATIE, 2018](#)

¹¹ La evapotranspiración (ET) es la combinación de dos procesos separados pero que ocurren simultáneamente, mediante los cuales se pierde el agua que se evapora de la superficie del suelo y el agua que transpira el cultivo. [FAO, 2013](#)

de la finca. Dato relevante que serviría como base para planificar el diseño del proyecto, incluyendo el tipo, tamaño y forma del reservorio, su ubicación entre otros.

Para poder determinar la cantidad de agua necesaria acorde a los objetivos planteados, el productor debe contar con la ayuda de personal técnico calificado, siendo algunas variables a tomar en cuenta las siguientes:

DISPONIBILIDAD DEL RECURSO		
En CORPAMAG se tiene registro de 14 usuarios actualmente legalizados con el uso del agua del río Frio, los cuales suman 4574.64 lps. Entonces:		
Caudal medio que ofrece la cuenca	6560	lps
Caudal ecológico (25 % de la oferta)	1640	lps
Caudal concesionado (14 usuarios)	4574.64	lps
Caudal remanente disponible	345.36	lps
DEMANDA DE AGUA - CÁLCULO		
La demanda de caudal se hace en base al número de hectáreas sembradas, al tipo de cultivo y a los módulos de riego manejados por la Corporación para los diferentes cultivos, correspondiendo al cultivo de banano 0.81 lps/ha para riego por aspersión, entonces: 190 has x 0.81 lps = 153.9 lps		
Caudal Concesionado	153.9 lps	

a. Disponibilidad de agua.

- Cuando la fuente de captación es un cauce natural, la disponibilidad del agua usualmente estaría determinada por la autoridad competente, según los volúmenes concesionados. Los cuales pueden variar por turnos de riego, o bien en diferentes épocas del año acordes a los caudales presentes en la cuenca.

En el ejemplo se muestra el monto otorgado para la actividad de riego en una finca de banano: 153.9lps (4853390.4 m³/año)¹³, basado en un factor de 0.81lps/ha, según la realidad y disponibilidad hídrica de la región, asegurando de esta forma la protección del caudal ecológico de la fuente principal.

- Cuando el agua a utilizar proviene de la escorrentía superficial de la lluvia, es necesario calcular el coeficiente de escorrentía (Ce), que refiere al agua de la lluvia que no llega a infiltrarse ni se almacena en el suelo debido a factores como la pendiente topográfica, el tipo de suelo y grado de cubierta vegetal del terreno.

Para este ejercicio, si bien se pueden utilizar valores de referencia¹⁴, lo más recomendable es medir la escorrentía superficial en el área del proyecto con apoyo técnico; de esta forma se puede obtener información más real, considerando las particularidades del sitio, según los factores descritos.

A modo de ejemplo y para entender el concepto¹⁵, un milímetro de lámina de agua que cae sobre la superficie de un terreno, representa un litro de agua por metro cuadrado o 100 m³ por hectárea. Entonces en un terreno de 1 ha donde caen 10 mm de lluvia, si la mitad del agua se infiltra (5 mm = 500 m³/ha.), la otra mitad (5 mm = 500 m³ /ha.), se pierde por escorrentía superficial. Esta proporción de agua que no se infiltra sería el coeficiente de escorrentía.

Importante considerar que la cosecha de agua de lluvia, no sólo depende de la escorrentía superficial disponible, sino también de la efectividad del sistema de captación que se implemente, de la topografía del terreno, la cobertura vegetal, entre otras variables. El agua a ser almacenada en el reservorio en época lluviosa, finalmente sería aprovechada en los periodos secos del año¹⁶.

b. Requerimiento hídrico del cultivo.

Es la cantidad de agua que necesita para reponer las pérdidas de agua producidas en el proceso de evapotranspiración¹⁷.

En este sentido la tasa de evapotranspiración depende de muchos factores, como la radiación solar, la temperatura del aire, la velocidad del viento, la salinidad del suelo, el tipo y las características del cultivo, las prácticas agronómicas y el desarrollo vegetativo del cultivo, entre otros.

A más follaje del cultivo, mayor transpiración, por tanto, mayor necesidad de agua de reposición, razón por la cual el volumen de agua que transpira la planta debe ser compensado con agua de lluvia o con riego para evitar que sufra estrés hídrico¹⁸. Necesidad que debería ser cubierta por la disponibilidad agua y los volúmenes captados. Este requerimiento se puede calcular aplicado la siguiente fórmula.

Requerimiento Hídrico Cultivo ¹⁹	UC=ETo x KC
	Donde
	Uc: Uso consuntivo
	ETo: Evapotranspiración potencial
	Kc ²⁰ : Coeficiente de cultivo ²¹
Por ejemplo: si aplicamos la fórmula a una finca de piña de 100ha, con las siguientes condiciones:	
ETo: 7mm. Kc: 0,50 y Ciclo vegetativo: 240 días;	
Uso Consuntivo (UC) = 7 x 0,50 x 240 = 840 mm.	
Volumen agua total 1ha: 0,84m x 10 000m ² = 8400m ³ /ha	
Volumen agua total 100ha: 8400m ³ x 100ha= 840000m ³	

Los resultados del análisis son una guía para poder determinar el tamaño del reservorio (s) a ser construido (s). (Ver paso 4). Analizando el ejemplo de la finca de piña y teniendo en cuenta el área productiva (100ha), el agua mayormente vendría de un cauce natural o de un distrito de riego, y el monto concedido debería cubrir o ser mayor al uso consuntivo (840000m³), por lo cual el reservorio debería recibir recargas periódicamente (diarias o según los turnos de riego) de agua durante todo el ciclo de cultivo (240 días) si la finca se localiza en una zona con déficit de lluvia permanente o bien durante los periodos más críticos de sequía, según sea el caso.

Contrariamente si se tratará de un productor pequeño (1ha), que depende 100% de la escorrentía superficial de la lluvia (si condiciones topográficas lo permiten), sería factible implementar un reservorio que pueda almacenar un volumen superior a los 8400m³ de agua, teniendo en cuenta posibles pérdidas por infiltración y evaporación.

¹² Agua sin presencia de residuos químicos y tratada para reducir su carga orgánica.

¹³ Flujo volumétrico unidades a partir del litro por segundo a metro cúbico por año: 1 l/s = 31536 m³/año. Convertidor: unitjuggler.com

¹⁴ Valores de referencia para el coeficiente de escorrentía (Ce), Unesco 2015, Pag19

¹⁵ Diseño de sistemas de captación de escorrentía. MEFCCA, COSUDE, CATIE, 2018

¹⁶ Se calcula que dos tercios del agua de lluvia que cae en los continentes no se aprovechan y se pierden por escorrentía.

Los sistemas de cosecha de agua tienen la finalidad de captar y almacenar, en reservorios superficiales, el agua que se escurre por la superficie del suelo después de cada. MEFCCA, COSUDE, CATIE, 2018.

¹⁷ La pérdida de 1 mm de agua al día equivale a perder 10 m³/ha. MEFCCA, COSUDE, CATIE, 2018

¹⁸ Diseño de sistemas de captación de escorrentía. MEFCCA, COSUDE, CATIE, 2018

¹⁹ Manual de especificaciones técnicas básicas para la elaboración de estructuras de captación de agua de lluvia (SCALL) en el sector agropecuario de Costa Rica y recomendaciones para su utilización. Universidad Nacional, CEMEDE, 2010

²⁰ Ver coeficiente de cultivo de referencia. FAO, 2013

²¹ El coeficiente de cultivo (Kc) describe las variaciones de la cantidad de agua que las plantas extraen del suelo a medida que se van desarrollando, desde la siembra hasta la recolección. Universidad Nacional, CEMEDE, 2010

²² En caso de que el productor no cuente con los mismos, se sugiere realizarlos, dado que es una actividad muy importante para tomar las mejores decisiones y maximizar la inversión.

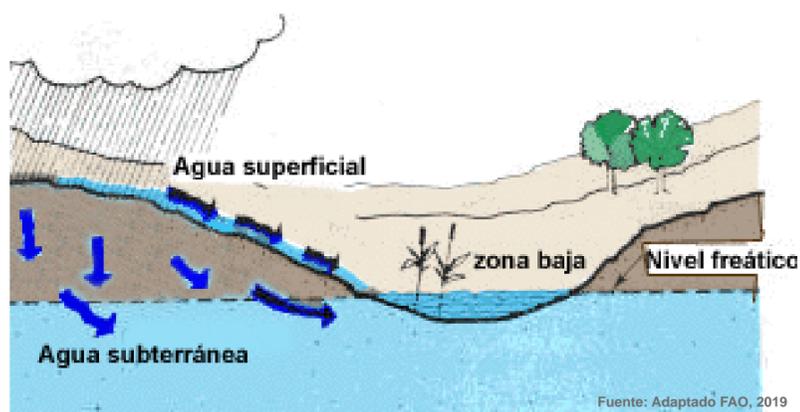


Paso 3: Selección del sitio.

La selección del área en donde se construirá el reservorio, debe contar con el apoyo de profesionales para la interpretación de estudios de suelos realizados en el sitio objetivo²² y la aplicación de programas como Google Earth Pro, con el cual se podría elaborar mapas para la toma de decisiones, que muestren perfiles topográficos, sistemas de drenaje, sitios de recarga hídrica, ubicación de bancos de materiales arcillosos, entre otros.

Algunas consideraciones importantes al momento de la selección del sitio son las siguientes:

- Ubicar el reservorio (s) cerca de la fuente de captación principal, reduciendo la inversión inicial y la pérdida de agua por evaporación o infiltración durante el traslado por canales abiertos de conducción.
- Evitar la exposición del sitio a deslizamientos o inundaciones, descartando áreas que presenten esta dinámica.
- Valorar la accesibilidad para el ingreso de materiales, maquinaria y personal tanto en la etapa constructiva como operativa, lo cual también permitirá la vigilancia futura de los equipos.
- Elegir áreas mayormente planas, la pendiente máxima del terreno en el sitio seleccionado no debe ser superior al 8%, ya de lo contrario puede volver inestable el reservorio durante eventos de lluvias intensas y prolongadas²³.
- Valorar la exposición que presenta el lugar a la radiación solar, especialmente en horas de la tarde, momento en donde puede darse una mayor evaporación del espejo de agua.
- Preferir suelos arcillosos (evitando suelos porosos y permeables), de esta forma se reduce la infiltración de agua. Se considera que suelos con textura arenosa (más del 85% de arena) no son aptos, debido a su elevada permeabilidad y a su baja capacidad de retención de agua²³; sin embargo en estos casos se pueden trabajar con diversos materiales para impermeabilizar (Ver paso 4).
- Evitar sitios con presencia de rocas, grava y arena ya puede provocar una excesiva infiltración, o bien dificultar las labores al momento de colocar los materiales de impermeabilización.
- Valorar el nivel freático en el sitio, ya que esta variable define la profundidad de excavación; razón por lo cual es recomendable realizar una observación previa con barreno.
- En caso de cosecha de escorrentía superficial, es importante valorar que el área de captación o recarga no puede ser plana. Por lo menos debe tener una pendiente mínima del 2%, a fin de garantizar la conducción del agua hacia el reservorio.²⁴

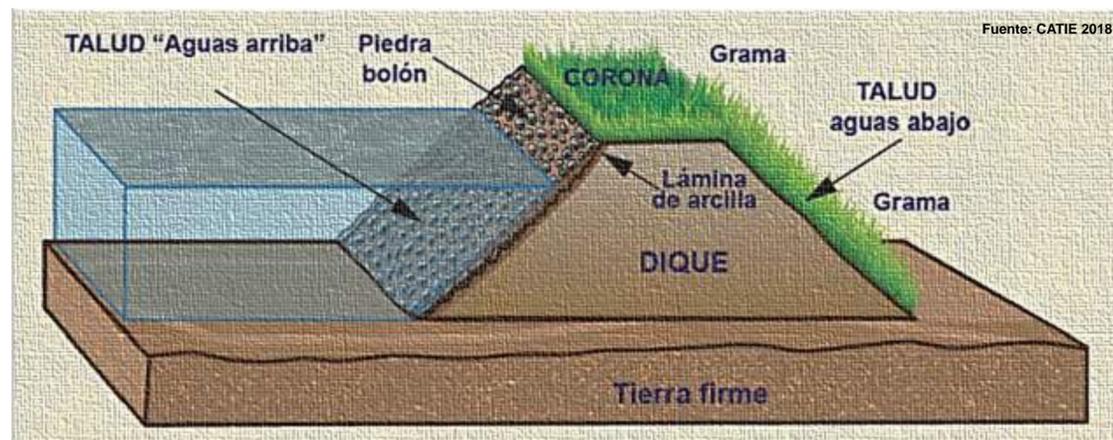


Paso 4: Diseño y Construcción del Reservorio.

Con los resultados de los análisis previos relacionados con la disponibilidad y requerimiento hídrico; así como la definición del sitio para la implementación del proyecto, el productor junto con su equipo técnico puede realizar el diseño del reservorio e iniciar su construcción.

a. Estructura del reservorio²⁵:

- Cuerpo de la presa o dique: es un muro construido generalmente de la tierra que se remueve para formar el embalse o vaso donde se almacena el agua captada.
- Vaso o embalse: es el cuerpo del reservorio donde se almacena el agua proveniente de las diferentes fuentes utilizadas (ríos, esteros, escorrentía superficial de lluvia, otras)

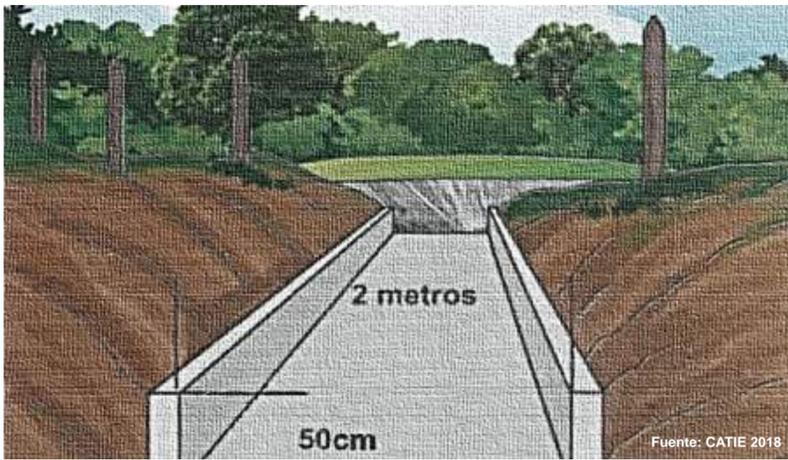


- Corona: es la parte superior del dique, la cual debe estar protegida con grama, arena o piedrín para evitar que se erosione por la lluvia o se agriete por el sol
- Talud interno o talud "aguas arriba": es la pared interna del dique, la que entra en contacto con el agua almacenada. Se construye con una pendiente del 60% para que resista la presión del agua acumulada. Por cada metro de elevación del dique, se recomienda 2.5m de ancho de la base. Por ejemplo, un dique de 2m de alto debería tener la base de 5m de ancho
- Talud externo o talud "aguas abajo": es la pared exterior del dique que junto al talud interno se encargan de contener y soportar la presión del agua acumulada en el embalse o vaso. Este talud se refuerza y protege de la erosión sembrando especies como *Vetiver*, reconocidos por producir raíces profundas que amarran el suelo.
- Vertedero: es un canal de concreto o de tierra (también llamado aliviadero), que se construye en uno de los lados superiores del embalse para facilitar la salida del exceso de agua y evitar que el reservorio se rebalse y se destruya. Se recomienda construir el vertedero con material de concreto para evitar que se erosione por efecto de la fuerza del agua, con una altura de 0.5m (al menos) superior a la corona.

²³ Selección de sitios para establecer sistemas de captación de escorrentía. MEFCCA, COSUDE, CATIE, 2018

²⁴ Diseño de sistemas de captación de escorrentía. MEFCCA, COSUDE, CATIE, 2018

²⁵ Selección de sitios para establecer sistemas de captación de escorrentía. MEFCCA, COSUDE, CATIE, 2018



b. Tamaño del reservorio:

Para estimar la capacidad de almacenamiento del reservorio, es necesario considerar los volúmenes de agua disponibles y otorgados de las diferentes fuentes de captación, la tasa de pérdida por infiltración y evaporación, y las distribuciones de turnos de riego (si aplica). Por ejemplo, si el cultivo dispone de agua para riego proveniente de un río cercano, cinco días a la semana, deberá almacenar un volumen suficiente para cubrir las necesidades los dos días restantes en los cuales no recibe agua. Por otro lado, la longitud y el ancho del reservorio, estarían también condicionados a la disponibilidad de área y presupuesto asignado al proyecto. En todo caso es importante reafirmar que el objetivo final del reservorio es cubrir las necesidades identificadas en el [paso 1](#).

Diversos estudios técnicos proponen distintas metodologías dirigidas a determinar el tamaño del reservorio acorde a los objetivos del proyecto y realidad de cada finca. En este sentido se sugiere analizar junto con el asesor, esta variable de diseño.

Retomando el ejemplo anterior de la [finca de piña](#), en donde el reservorio tiene como objetivo almacenar agua para la actividad de riego, se puede calcular el tamaño de la obra con la siguiente fórmula

Tamaño del Reservorio (m ³) ²⁶	$Va = ETc \times p \times Sup \times 10 \times 1,15$
Finca Piña de 100ha	Donde Va: volumen de agua a almacenar (m ³) ETc: Evapotranspiración máxima del cultivo mm/día p: periodo entre turnos de riego (días) Sup: superficie cultivada bajo riego (hectáreas) Valor 10; ajuste de unidades Valor 1,15: ajuste por pérdidas por evaporación.
Resultado: Turnos de riego: 5 días ETc: máxima (enero): 7 mm/día Superficie bajo riego: 100 ha Va = 7mm/día × 2días × 100ha × 10 × 1,15 Va = 16 100m ³	

El resultado de ejercicio indica la necesidad de construcción de un reservorio con una capacidad de 16100m³, considerando los turnos de riego semanal (5) y las pérdidas por evaporación. Tamaño del Reservorio (m³)

c. Técnicas de Impermeabilización:

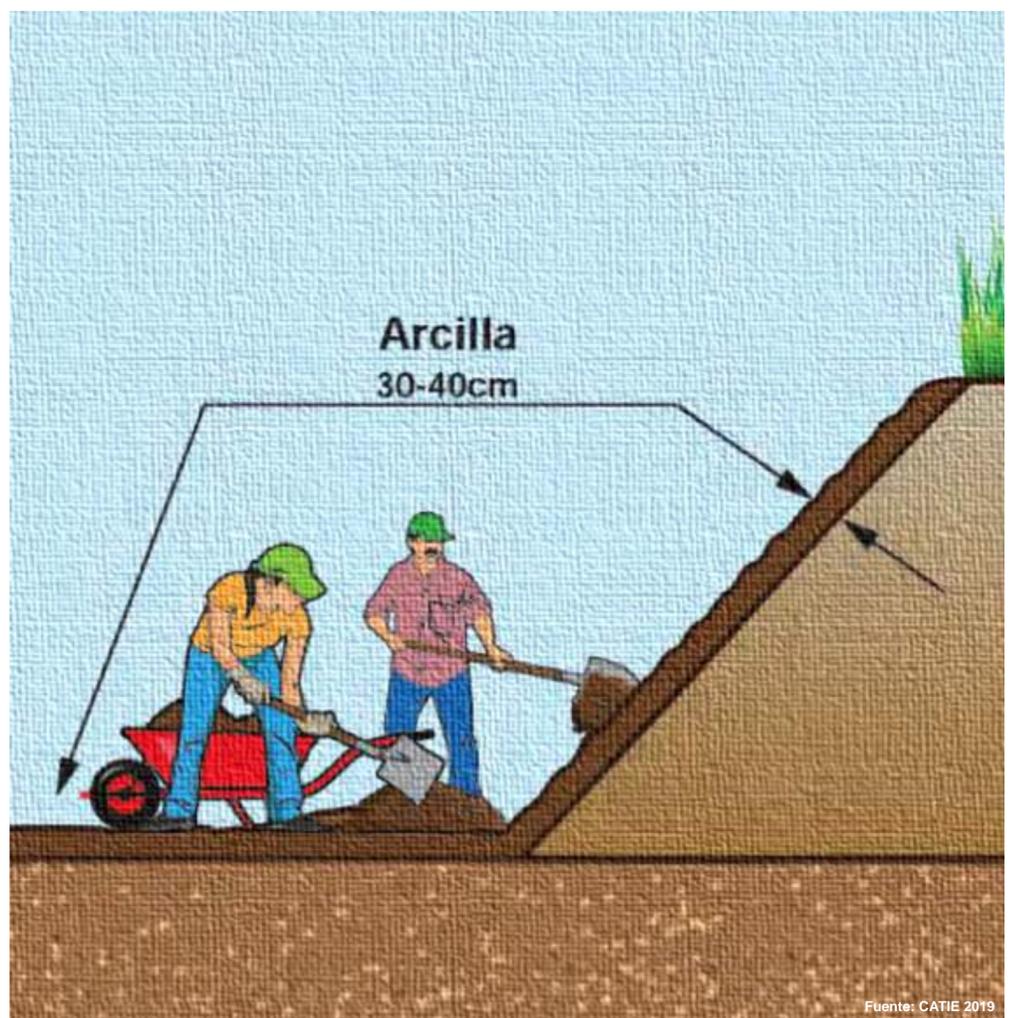
Existen diversas opciones para impermeabilizar el vaso del reservorio, las cuales dependen de factores, como el tipo de suelo, el tamaño, la ubicación y el propósito de la obra, así como los recursos económicos disponibles, entre otros. Los materiales más usados son el lodo arcilloso, el plástico negro (1mm grosor), la geomembrana, los gaviones y el concreto. Cuando el vaso del reservorio no está correctamente impermeabilizado, la pérdida del agua captada puede llegar a ser total en pocas horas o pocos días;²⁷ especialmente en reservorios de gran tamaño, poco profundos y carentes de sombra. Contrariamente cuando el vaso del reservorio se compacta e impermeabiliza correctamente, las probabilidades de pérdidas por infiltración se reducen a casi cero. Un rango tolerable de infiltración no debe ser mayor a 2 mm por día²⁸.

Si se utiliza arcilla²⁹

- Se coloca una capa de 20 a 30cm de arcilla en el vaso del reservorio. Se estima un uso de 1m³ de arcilla x cada 5m² de superficie a impermeabilizar. De esta forma un reservorio con un área plana (vaso) de 1,000m², el volumen de arcilla requerida sería de 200m³.
- Si el material removido durante la excavación es arcilloso (más de un 40% de arcilla), se puede utilizar para construir los taludes del reservorio; con excepción de la arcilla expansiva, que sufre grandes cambios de volumen, al expandirse con la humedad y al contraerse o rajarse con el calor.

Si se utiliza plástico o geomembrana

- Se debe construir un canal de 30 cm de profundidad en la corona del reservorio, en donde se colocará los extremos del material impermeabilizante, el cual debe ser cubierto con tierra y luego compactado manualmente.



²⁶ Construcción de reservorios excavados de agua para riego presurizado en el valle bonaerense del río colorado. INTA 2020

²⁷ Uso del agua del reservorio en labores agropecuarias. MEFFCA, COSUDE, CATIE, 2018

²⁸ Selección de sitios para establecer sistemas de captación de escorrentía. MEFFCA, COSUDE, CATIE, 2018

²⁹ La mejor arcilla para impermeabilizar el vaso de un reservorio es la bentonita sódica, perteneciente al grupo de las arcillas más plásticas. Cuando este tipo de arcilla se mezcla con cualquier tipo de suelo, este gana gran plasticidad y capacidad autosellante, pues al humedecerse la arcilla ocupa los espacios vacíos que se encuentran entre los granos de arena. MEFFCA, COSUDE, CATIE, 2018



Paso 5: Otras consideraciones y buenas prácticas:

- Los reservorios semicirculares son estructuras con una menor costo de inversión, si se compra con reservorios rectangulares de igual capacidad.³⁰
- Los reservorios con un diseño del vaso más profundo que ancho; son menos propensos a la evaporación al tener una lámina de agua más pequeña, por ende menos expuesta al sol y al viento.
- El área de trabajo debe estar seca durante la construcción, especialmente al utilizar maquinaria pesada.
- La altura de los taludes debe aumentarse al menos un 10% para compensar el efecto de la compactación final de la obra. La corona o base menor del talud debe tener un desnivel de 15cm (del centro hacia los costados) para evitar que se acumule agua que pueda provocar daños.³¹
- La siembra de árboles de sombra³² alrededor del reservorio ayuda a disminuir el efecto directo del sol y la evaporación³³. Se deben utilizar árboles nativos³⁴, de rápido crecimiento que desarrollen una raíz principal profunda (pivotante), para que no ponga en riesgo la obra y ayuden a prevenir erosión.
- El método de riego³⁵ por goteo es el recomendado para utilizarse con reservorios, porque permite controlar dónde y cuánta agua se aplica a cada planta. En plantaciones de banano se debe evitar el uso de riego de gran cañón ya que es poco efectivo y disminuye rápidamente el agua en el reservorio.
- La instalación de medidores de caudal en los puntos de ingreso del canal (es) al reservorio, permite precisar el volumen de agua captado de la fuente principal y compararlo con los montos otorgados por ley; actividad relevante especialmente cuando la concesión establece caudales variables durante el año.
- La colocación de estructuras de retención de sedimentos en los canales de conducción del agua, evitan que estos se acumulen en el reservorio, ampliando así los periodos de mantenimiento.
- Una buena práctica en el aprovechamiento de agua de lluvia es construir el reservorio en sitios donde el agua se estanca o crea charcos, lo cual es una buena señal de la dirección que toma la escorrentía y la impermeabilidad del suelo. Por otro lado las estructuras de captación no sólo deben ser pensadas en términos de aprovechamiento del agua, sino también dirigidas a controlar la erosión y disminuir la velocidad de la escorrentía y sedimentos, durante fuertes lluvias.
- En fincas con fertirriego, es necesario colocar protectores en los aspersores o utilizar aspersores de medio luna en áreas cercanas al reservorio y a los canales de conducción de agua, evitando que los químicos (especialmente fertilizantes) alcancen la lámina de agua y generen [eutrofización](#).
- Las actividades de mantenimiento (*sustitución de materiales impermeabilizantes, cambios en medidores de flujo, fortalecimiento en taludes erosionados, retiro de sedimentos*



- entre otros*) deben ser planificadas y registradas, buscando disminuir al máximo los impactos sobre organismos acuáticos. Se recomienda definir áreas específicas de ingreso y salida de la maquinaria del reservorio, para evitar también el daño de los árboles sembrados en el perímetro.
- El uso de productos de desinfección de agua (de ser necesario), debe realizarse bajo consejo técnico, evitando utilizar productos con alta residualidad o efectos adversos probados para vida acuática.
 - El mantenimiento de los niveles de agua en el reservorio, permite proteger las especies de fauna local que utilizan estos sitios, minimizando también daños por fracturas en las paredes internas del reservorio por exposición a altas temperaturas.
 - Otra práctica que favorece la biodiversidad en estos sitios, es manejar zonas de amortiguamiento sin cultivo (10m de ancho) a largo del perímetro del reservorio disminuyendo el riesgo de afectación química o bien promoviendo el uso alternativo de equipos de aplicación de menor deriva, como es el caso de los drones.³⁶
 - No es recomendable utilizar los reservorios como sitios de cultivo de peces exóticos, dado el efecto que tienen sobre las especies nativas y el riesgo de fugas hacia áreas externas y ecosistemas cercanos.
 - Si el reservorio se ubica cerca de vías públicas, se debe limitar el paso de terceras personas y prohibir actividades de pesca o natación, dado los riesgos que implica. Se recomienda mantener rotulación de advertencia, salvavidas, equipos de rescate y personal capacitado, que puedan prestar ayuda en caso de requerirse.

Finalmente es importante que el productor, considere que el desarrollo de este tipo de proyectos, es una actividad a nivel de paisaje, por lo cual es una necesidad establecer vínculos entre los diferentes actores presentes en la cuenca donde se ubica la unidad de producción, de manera que se fortalezcan las capacidades técnicas y se promueva la conservación y uso racional y sostenible del recurso hídrico.

³⁰ En reservorios semicirculares con capacidad media de 3000m³, el movimiento de tierra reduce hasta 15 horas de trabajo de la maquinaria si se compara con el mismo trabajo en reservorios rectangulares. [EMBRAPA, 2010](#)

³¹ Construcción y supervisión de reservorios para captación de escorrentía. [MEFCCA, COSUDE, CATIE, 2018](#)

³² La sombra ayuda a reducir hasta el 40% las pérdidas por evaporación en un reservorio. [MEFCCA, COSUDE, CATIE, 2018](#)

³³ En zonas áridas y semiáridas del trópico seco, este volumen evaporado en reservorios sin protección arbórea puede llegar a sumar alrededor de 10 mm diarios. [MEFCCA, COSUDE, CATIE, 2018](#)

³⁴ Ver [Ficha #17](#) "Vivero con especies locales adaptadas".

³⁵ Ver [Ficha #26](#) "Optimización del sistema de riego mediante uso de sistemas de medición de humedad".

³⁶ Ver [Ficha #9](#) "Control de deriva".

³⁷ Manual de especificaciones técnicas básicas para la elaboración de estructuras de captación de agua de lluvia (SCALL) en el sector agropecuario de Costa Rica y recomendaciones para su utilización. Universidad Nacional, [CEMEDE, 2010](#)

³⁸ Especie invasora originaria de Vietnam

Indicadores de desempeño

- # de reservorios en finca que cumplan las especificaciones técnicas y requisitos legales
- Cantidad de agua (m³/ha) utilizada en irrigación procedente del reservorio
- Cantidad de agua (m³) de escorrentía superficial captada anualmente en el reservorio
- Cantidad de fruta anual cosechada a partir de la implementación de reservorios de agua

Costo de implementación y recurso humano

Recurso Humano:

- **Interno:** Personal de finca asignado para colaborar con la construcción y al menos dos operadores a tiempo completo para control, funcionamiento, mantenimiento y vigilancia del reservorio.
- **Externo:** Profesionales en hidrología con experiencia diseño de reservorios de agua.

Referencia de Costos:

- Elaboración de un mapa de los sitios viables para la construcción (\$100 a \$300)
- Asesoramiento parte de un profesional en hidrología (225\$/día)
- Costo de un reservorio de 3750m³ revestido con plástico de 6mm, es de 188030\$. El monto incluye: movimiento de tierra, materiales, mano de obra, cargas sociales y otros.³⁷
- Costo de la geomembrana 9\$/m² y el plástico de 6mm es 2\$/m.³⁸
- Costo por gavión de rocas de 270\$ unidad.³⁸

- Compra de especies arbóreas para la implementación de barreras naturales junto al reservorio (\$4-\$8 por árbol)
- Separación de franjas de cultivo (mínimo 10metros) cercanas a los reservorios agua. El costo de implementación dependerá el área se ser eliminada y del tipo de cultivo.
- Apoyo a iniciativas locales de conservación del agua. El costo dependerá del tipo proyecto y la actividad de conservación y uso racional del agua.

Resumen. ¿Por qué implementar esta medida?

La formación de reservorios de agua tiene la finalidad de mantener una provisión constante de agua durante los periodo de mayor déficit hídrico en regiones productivas, a causa del descenso de las lluvias y el incremento de los periodos de sequía. Este tipo de proyectos permiten al productor asegurar la ejecución de las actividades de irrigación, procesamiento e inclusive combate de incendios forestales, al aprovechar el recurso proveniente de fuentes naturales o de la escorrentía superficial, respetando al mismo tiempo la legislación aplicable y promoviendo prácticas sostenibles para el uso racional del agua en la cuenca y para la protección de la biodiversidad que utiliza estos espacios.

Una correcta planificación y ejecución de la obra, acorde a los criterios técnicos y bajo la supervisión de profesionales, asegurará la implementación de reservorios de agua con una mayor eficiencia y a un menor costo; sin dejar de lado la importancia de estas iniciativas como una inversión futura y una respuesta de adaptación al cambio climático que cada vez es más visible y real en diferentes regiones alrededor del planeta.

Casos de éxito



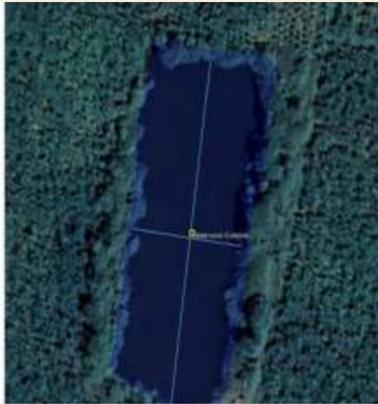
Finca Eufemia es una unidad de producción de banano de 160 hectáreas, ubicada en el Corregimiento de Orihueca, Municipio de la Zona Bananera en Magdalena, Colombia. La cual comercializa con la empresa [Técnicas Baltim de Colombia S.A.](#) y forma parte del proyecto de sostenibilidad de WWF; además cuenta con diferentes certificaciones internacionales tales como: Rainforest Alliance, Global Gap, AWS, entre otras.

Finca Eufemia cuenta con un reservorio de agua para la actividad de riego, con capacidad de 15.576m³, el cual se ubica en el centro de la unidad de producción y recibe agua de dos diferentes fuentes: Canal Susana (Asoevilla) y Quebrada Orihueca, a través de 5670metros lineales de canales, los cuales cuentan con cobertura natural a sus orillas, que disminuyen el impacto por deriva química durante aplicaciones aéreas y terrestres. Actualmente la unidad de producción no realiza fertirriego.

La estación de riego, cuenta con hidrometros funcionales, Para el año 2020 el consumo de agua para irrigación fue de 963831m³, muy por debajo de las concesiones de ley.

El reservorio mantiene una línea de árboles en todo su perímetro, una malla para impedir que los peces pasen hacia el sector de los motores, rótulos de advertencia, salvavidas y presencia permanente de personal operativo y de seguridad. Según el ingeniero Gustavo Hernández a cargo del Departamento de Riego, no es claro si el reservorio fue impermeabilizado al momento de su construcción ya que la finca fue adquirida por la empresa con estas obras en pie, pero por su ubicación y según los estudios de suelo, se localiza en un área de suelos arcillosos, con lo cual se prevé que con el tiempo ha habido un sellado natural. En el área se mantienen grupos importantes de aves y se han observado nutrias y peces. Finalmente y como parte de la acciones de responsabilidad corporativa, Tecbaco forma parte de la Plataforma de Agua, liderada por WWF, en donde se implementan acciones dirigidas a proteger la cuenca del Río Frío y Río Sevilla, así como promover un uso racional del recurso.

Reservorio Eufemia	
Área	5.192 m ²
Perímetro	334 m
Volumen	116.508 gal
Ancho	44 m
Largo	118 m
Profundidad	3 m
Lamina Max Agua	2,5 m
Impermeabilización	No cuenta



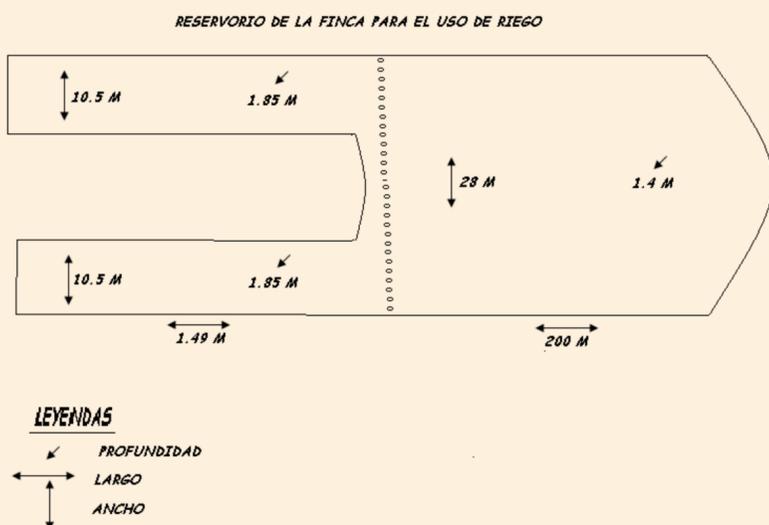
Casos de éxito



[Quinta Pasadena S.A.](#) es una finca de banano de 136,64 hectáreas, ubicada en la Provincia de Monte Cristi en República Dominicana, propiedad de la empresa exportadora de frutas Savid Dominicana C. por A. y miembro de la Asociación Dominicana de Productores de Banano, Inc. (ADOBANANO). Anteriormente era una unidad de producción destinada al pastoreo intensivo, pero desde el 2005 se transformó en un proyecto integral, donde interactúa la producción pecuaria con la agricultura como dos actividades complementarias, generando así leche y carne para el mercado nacional y banano orgánico (Cavendish) para los mercados internacionales. La finca cuenta con un área de conservación de 38.85 hectáreas y esta certificada bajo diversas normas internacionales como Global GAP, Fairtrade y Orgánica.

Quinta Pasadena, cuenta con un reservorio de agua proveniente del Río Yaque del Norte y de la escorrentía generada durante las precipitaciones anuales. El reservorio tiene una forma irregular y suministra agua para el sistema de riego por goteo que se aplica en la finca, en el cual se utilizan un complejo de paneles solares que dan energía al sistema de bombeo, disminuyendo sustancialmente el consumo de combustibles fósiles en la actividad.

La administración protege la fauna que utiliza el reservorio, incluyendo especies de peces locales, los cuales en el pasado fueron disminuidos debido a la competencia con el Pez Gato ([Clarias batrachus](#))³⁸, especie invasora eliminada mediante una estrategia de erradicación implementada por la finca.



³⁸ Especie invasora originaria de Vietnam

Referencias

- [1] Sustaining freshwater biodiversity in the Anthropocene. https://www.researchgate.net/publication/264930043_Sustaining_Freshwater_Biodiversity_in_the_Anthropocene
- [2] Global patterns of freshwater species diversity, threat and endemism. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4579866/>
- [3] Threatened Amphibians of the World. <https://www.natureserve.org/sites/default/files/1-taw-intro.pdf>
- [4-10-27-33] Uso del agua del reservorio en labores agropecuarias. https://www.eda.admin.ch/dam/countries/countries-content/nicaragua/es/guia_5_uso_del_agua.pdf
- [5] Perspectiva global de la tierra. https://www.unccd.int/sites/default/files/documents/2017-09/GLO_Full_Report_low_res_Spanish.pdf
- [6] Manual de operación y mantenimiento de un sistema de riego por goteo. https://predes.org.pe/wp-content/uploads/2016/12/cartilla_riegoteo.pdf
- [7] Que es la escorrentía?. <https://www.iagua.es/respuestas/que-es-escorrentia>
- [11-20] Evapotranspiración del cultivo: Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. <https://www.fao.org/3/x0490s/x0490s.pdf>
- [14] Manual de diseño y construcción de sistemas de captación de agua de lluvia en zonas rurales de Chile. https://issuu.com/maryrodriguez/docs/manual_scalls_unesco_2015
- [15-17-18-24] Diseño de sistemas de captación de escorrentía. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/8968>
- [16-23-25-28-29-32] Selección de sitios para establecer sistemas de captación de escorrentía. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/8966>

- [19-21-37] Manual de especificaciones técnicas básicas para la elaboración de estructuras de captación de agua de lluvia (SCALL) en el sector agropecuario de Costa Rica y recomendaciones para su utilización. <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/P10-10360.pdf>
- [26] Construcción de reservorios excavados de agua para riego presurizado en el valle bonaerense del río colorado https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta.ascasubi_reservorios_vbrc_manual.pdf
- [30] Embalse de riego de salvación. <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/161353/embalse-para-riego-de-salvacion-brasil>
- [31] Construcción y supervisión de reservorios para captación de escorrentía. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/8967>

Otras consultas:

- Evaluación de Riesgos y Oportunidades de Agua para las cuencas de los ríos Frío y Sevilla en “La Zona Bananera” Colombia. http://www.goodstuffinternational.com/images/PDF/Evaluacion_Riesgos_Oportunidades_de_Agua_Frio_Sevilla_Colombia_WWF_GSI_03072015.pdf
- La Guía Técnica de Selección del Sitio y Construcción de Reservorios. <https://www.eda.admin.ch/content/dam/countries/countries-content/nicaragua/es/Guia%20tecnica%20de%20sitio%20y%20construccion%20de%20reservorios.pdf>
- Captación y almacenamiento de agua de lluvia opciones técnicas para la agricultura familiar en américa latina y el caribe. <https://www.fao.org/3/i3247s/i3247s.pdf>