



Serie Técnica  
Informe Técnico N° 220

# "CAPTACION DE AGUA DE LLUVIA EN EL HOGAR RURAL

Preparado por:

✓  
Ricardo Radulovich  
Roduel Rodríguez A.  
Orlando Moncada G.

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza

**CATIE**

1994

Turrialba

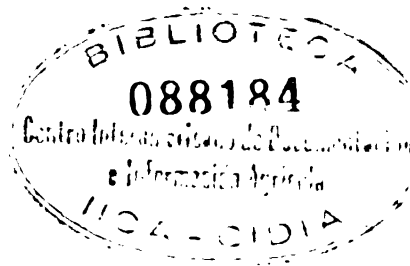
Costa Rica

El CATIE es una institución de carácter científico y educacional, cuyo propósito fundamental es la investigación y la enseñanza de posgrado en el campo de las ciencias agropecuarias y de los recursos naturales renovables aplicados al trópico americano.

Esta es una publicación del Proyecto Sistemas Agrosilvopastoriles Sostenibles para Pequeños Productores del Trópico Seco de Centro América, del CATIE, financiado por la Agencia Canadiense para el Desarrollo Internacional (ACDI).

© 1994, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE

Dibujos: © Jorge Morales (Tengué)  
Diagramación: Patricia Morales  
Edición: Ricardo Radulovich



Ficha catalográfica:

**628.11**

**R132** Radulovich, Ricardo

Captación de agua de lluvia en el hogar rural / preparado por:  
Ricardo Radulovich, Roduel Rodríguez A., Orlando Moncada G. --  
Turrialba, C.R.: CATIE. Proyecto Sistemas Agrosilvopastoriles  
Sostenibles para Pequeños Productores del Trópico Seco de Centro  
América, 1994.

44 p.; 24 cm. -- (Serie técnica. Informe técnico / CATIE; no. 220)

ISBN 9977-57-160-0

1. Captación de aguas 2. Agua de lluvia 3. Hogar rural  
I. Rodríguez A., Roduel II. Moncada G., Orlando III. CATIE.  
Proyecto... IV. Título V. Serie

# CONTENIDO

RESUMEN .....	vi
<b>I. INTRODUCCION .....</b>	<b>1</b>
1.1 Antecedentes .....	2
<b>II. RECOLECCION POR TECHOS Y ALMACENAMIENTO .....</b>	<b>4</b>
2.1 Captación por techos .....	5
2.2 Canaletes .....	6
2.3 Entubamiento, filtración y manejo del agua .....	7
2.4 Tanques .....	8
2.4.1 Tanques sobre el suelo .....	10
2.4.2 Tanques bajo el nivel del suelo .....	11
2.5 Dimensionamiento .....	14
2.5.1 Necesidades de agua de la familia .....	14
2.5.2 Características de la lluvia .....	15
2.5.3 Area de captación .....	16
2.5.4 El tanque de almacenamiento .....	17
2.5.5 Dimensionamiento .....	18
<b>III. RESULTADOS DE VALIDACION .....</b>	<b>25</b>
3.1 Pilas recolectoras pequeñas .....	25
3.1.1 Costos .....	27
3.1.2 Usos y beneficios .....	28
3.1.3 Otras consideraciones .....	30
3.2 Reservorios de concreto .....	31
3.2.1 Costos .....	32
3.2.2 Usos .....	34
3.2.3 Análisis de agua .....	34
3.2.4 Otras consideraciones .....	35
<b>IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>36</b>
<b>V. BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>38</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	Precipitación media mensual, y valores máximos y mínimos en récord, para cuatro estaciones de la zona semiseca de Centroamérica. . . . .	2
<b>Figura 2</b>	Vista simplificada de una estructura de captación y almacenamiento de agua. . . . .	4
<b>Figura 3</b>	Detalle de conducción y filtrado del agua al entrar al tanque de almacenamiento, incluyendo tapa o cubierta del tanque y dispositivos de toma de agua del tanque y de salida (desagüe) del agua para limpieza. . . . .	5
<b>Figura 4</b>	Vista simplificada de una estructura de almacenamiento de agua bajo el nivel del suelo. . . . .	12

## LISTA DE CUADROS

<b>Cuadro 1</b>	Valores promedio de lluvia mensual y anual para una estación hipotética con régimen de lluvia similar a los mostrados en la Figura 1. . . . .	18
<b>Cuadro 2</b>	Dimensiones y capacidad volumétrica de pilas de almacenamiento de agua. Orocuina, Honduras. . . . .	26
<b>Cuadro 3</b>	Costos variables de construcción de pilas de almacenamiento de agua . . . . .	27
<b>Cuadro 4</b>	Duración de agua almacenada, ahorro por acarreo y utilización de pilas de almacenamiento de agua, 1992. . . . .	29
<b>Cuadro 5</b>	Porcentajes estimados, según reporte de usos diversos del agua almacenada en las pilas de almacenamiento de agua. . . . .	29
<b>Cuadro 6</b>	Presupuestos parciales, costos en ingresos por ahorro en mano de obra por acarreo de agua. . . . .	30
<b>Cuadro 7</b>	Presupuesto para un reservorio de concreto con capacidad de 36 m <sup>3</sup> con arranque y lozas de concreto con hierro. . . . .	33
<b>Cuadro 8</b>	Características bacteriológicas y físicas de agua filtrada y no filtrada, proveniente de un reservorio de concreto. La Trinidad, Estelí, 1992 . . . . .	35

## **RESUMEN**

En el trópico semiseco de Centroamérica la disponibilidad de agua para diversos usos es un elemento crítico, en cuyo abastecimiento, a menudo deficitario y de baja calidad, las familias rurales invierten muchos recursos.

Con el propósito de reducir la carga de trabajo de la familia y contribuir al mejoramiento de su calidad de vida, se investigó y describe aquí una tecnología orientada a hacer disponible agua de buena calidad para uso doméstico y, en algunos casos, otros usos como consumo de animales y microriego. Esta tecnología, que aunque no es nueva (de hecho, es una práctica milenaria) es básicamente desconocida en la región, y consiste en la captación de agua de lluvia por medio de los techos de las casas (u otras superficies), almacenándola en pilas o contenedores de diversas características.

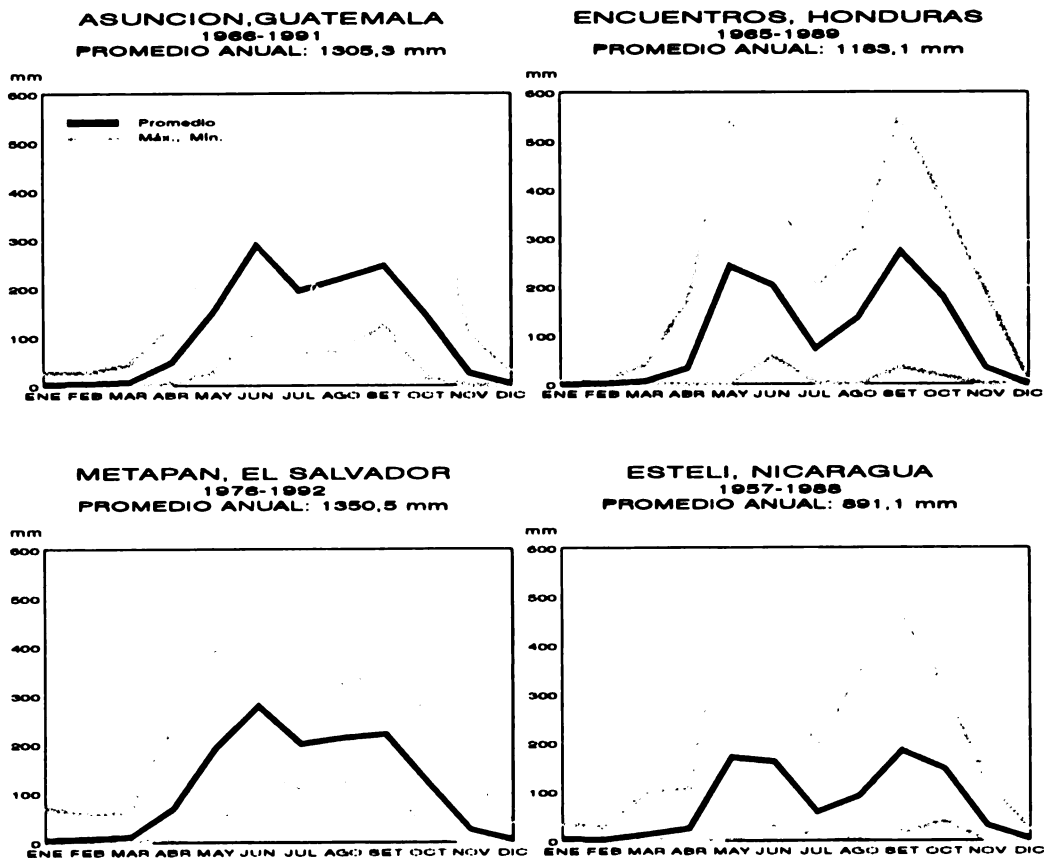
Después de investigar esta tecnología en fincas de pequeños productores en Choluteca, Honduras, el almacenamiento del agua utilizando pilas pequeñas mostró ser de relativamente bajo costo, de fácil implementación y el agua almacenada fue utilizada por las familias para múltiples propósitos, incluyendo lavado de ropa, aseo personal, otros usos domésticos, consumo animal y riego suplementario. El agua captada por techos y almacenada en un reservorio de concreto de mayor tamaño en Estelí, Nicaragua, el cual resultó relativamente caro, suministró agua para diversos usos a una familia de cinco miembros, durante varios meses.

Además de describir la tecnología, que puede ser implementada en diferentes escalas, y presentar los resultados obtenidos, se discuten varias opciones alternativas para reducir costos, principalmente de las estructuras de almacenamiento del agua, y se presentan algunos ejercicios de cálculo para el dimensionamiento de las estructuras en función del área de captación, características de la lluvia y necesidades de la familia.

## **I. INTRODUCCION**

El Proyecto Sistemas Agrosilvopastoriles Sostenibles para Pequeños Productores del Trópico Semiseco de Centroamérica se ejecuta en Guatemala, El Salvador, Honduras y Nicaragua en una faja de tierra que se considera como la más seca de la región y se caracteriza por poseer una precipitación anual de 800 a menos de 2000 mm al año y temperaturas de medias a altas. Esas cantidades de lluvia se encuentran distribuidas, generalmente, en dos períodos bien marcados, tal como se muestra en la Figura 1 para varias estaciones. El período inicial se conoce como "primera" y se extiende de mayo a julio, mientras que el segundo se conoce como "postrera" y se extiende de agosto a octubre-noviembre; en el intermedio de estos períodos ocurre uno seco que se conoce como canícula o veranillo, cuya duración y severidad varía espacial y temporalmente, alcanzando 30 o más días en algunos años (Hawkings, 1982; Carmona y Radulovich, 1988) con una probabilidad de ocurrencia del 40% de los años en una zona seca de El Salvador (CATIE, 1983). Al final de la estación lluviosa se extiende la estación seca que es la de mayor duración y se conoce como "verano", prolongándose de cinco a siete meses (IPGH, 1976). La perforación de pozos a menudo no es una opción viable debido a la gran profundidad del nivel freático.

Como se muestra en la Figura 1, por lo menos durante algunos períodos del año en todas las localidades se presenta lluvia abundante, lo cual puede ser capturada y almacenada para su consumo posterior. En este documento se describe la tecnología de captación y almacenamiento y se presentan los resultados de algunas experiencias relacionadas con captación de agua para consumo en el hogar bajo esas condiciones climáticas. Las investigaciones se realizaron en fincas de pequeños productores en Honduras y Nicaragua durante 1992 y 1993.



**Figura 1** Precipitación media mensual, y valores máximos y mínimos en récord, para cuatro estaciones de la zona semiseca de Centroamérica.

### 1.1 Antecedentes

En su afán de sobrevivencia, las familias asentadas en el trópico semiseco, independientemente de la topografía, han realizado una explotación excesiva de los recursos naturales, lo cual se manifiesta principalmente en los altos índices de deforestación, contribuyendo al acelerado deterioro de los suelos y disminución de los naturalmente estacionales caudales de agua, así como de la calidad de la misma.



En estas condiciones, las épocas de sequía limitan las actividades y causan serias pérdidas en la producción agrícola, así como escasez de agua para consumo humano y animal. Además, la deteriorada calidad del agua<sup>1</sup> indica que ésta generalmente no es apta para consumo humano. La situación es preocupante y contribuye fuertemente al deficiente estado nutricional y de salud de la familia rural (Ulate y Muñoz, 1994).

El Proyecto Agrosilvopastoril, en su actividad de validación de tecnologías (Radulovich y Karremans, 1993) en fincas de ladera con sequía estacional, ha definido varias estrategias conducentes a lograr la sostenibilidad de los sistemas de producción que existen en esas áreas. Entre esas estrategias destaca contribuir a elevar el nivel de vida y a reducir el esfuerzo de la familia rural en labores reproductivas, procurando además una mayor participación de la mujer en proyectos productivos. Dentro de esta línea de trabajo se incluyen tecnologías como estufas ahorradoras de leña (CATIE, 1994), huertos caseros y captación y mejoramiento del agua en el hogar.

La captación y consecuente almacenamiento contribuye directamente a mejorar la calidad de vida y a liberar mano de obra al interior de la finca pues reduce, por lo menos durante la estación de lluvias, el acarreo de agua y, por otro lado, el acarreo de leña para hervir agua para consumo humano, cuando esto se practica. Además, dependiendo de la capacidad de almacenamiento, algunos excedentes de agua pueden ser utilizados en actividades productivas, como es proveer a animales y microriego. Esta tecnología, que incluso tiene una serie de variantes que no se discuten aquí, forma parte de una gama de técnicas, existentes desde tiempos remotos en nuestra cultura indígena, para captar, almacenar y utilizar mejor los recursos hídricos existentes (UNESCO-ROSTLAC, 1991).

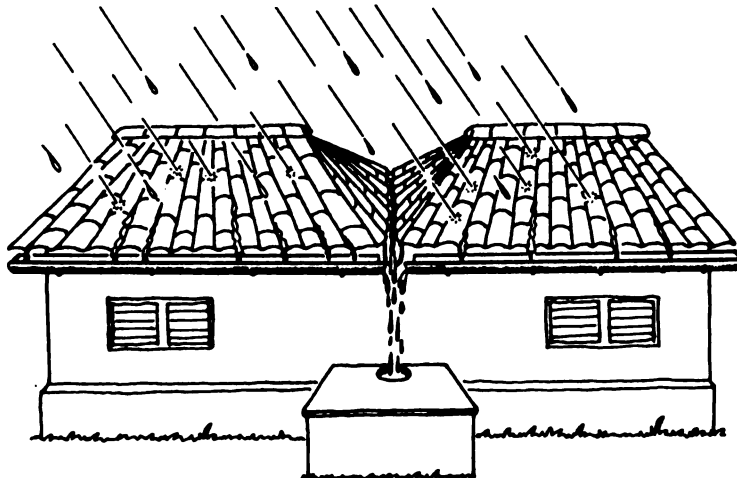
---

<sup>1</sup>Un muestreo realizado en 75 hogares rurales de Jutiapa (Guatemala), Santa Ana (El Salvador), Choluteca (Honduras) y Estelí (Nicaragua) evidenció que el 83% del agua para consumo humano presenta contaminación con coliformes fecales, independientemente del tipo de fuente (tubería intradomiciliaria, pozo, río o quebrada).

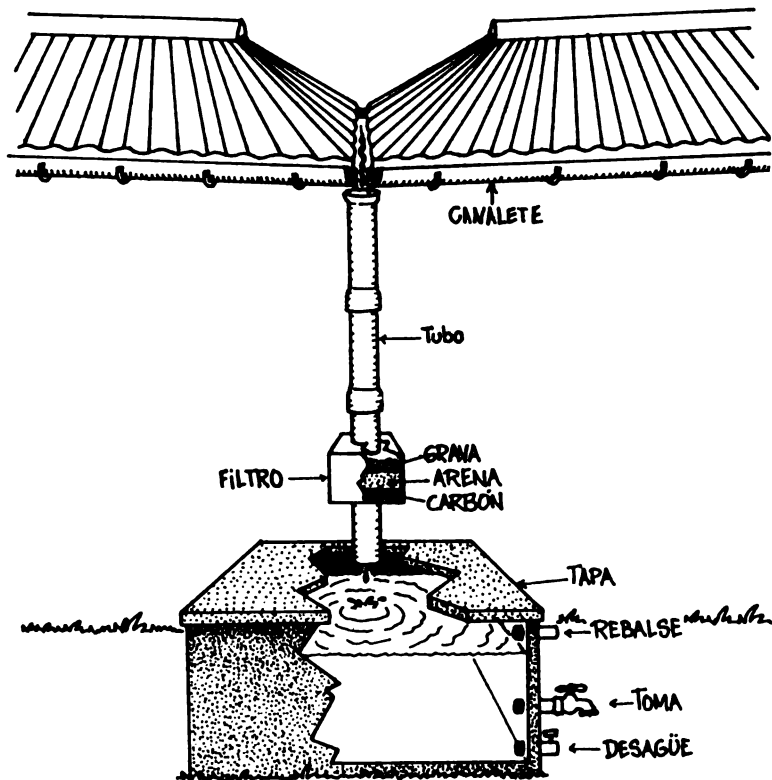
## II. RECOLECCION POR TECHOS Y ALMACENAMIENTO

Esta tecnología se fundamenta en capturar y almacenar el agua de lluvia interceptada por los techos de las casas u otras superficies. El capturar el agua mediante los techos, antes de que llegue al suelo, permite lograr altos niveles de calidad (UNEP, 1983). Aquí se enfatiza la captura de agua mediante techos de teja (aunque cualquier tipo de techo o superficie adaptada para tal propósito sirve), los cuales requieren a menudo de algunos arreglos mínimos antes de utilizarlos con este fin, para incrementar la eficiencia. El agua así interceptada llega a un canaleta instalado en los bordes del techo, y por esos canaletes es conducida hasta el tanque de almacenamiento (Figura 2). El entubamiento del agua capturada en los canaletes y su conducción al reservorio, en donde preferiblemente es filtrada de previo a su almacenamiento, se ilustra en las Figuras 3 y 4. Los arreglos mostrados en las Figuras 2, 3 y 4 son para ilustración general; en el texto se discuten diferentes alternativas.

En síntesis, la tecnología puede ser implementada desde su nivel más rústico, que puede ser medio tronco de coyol como canaleta capturando agua y canalizándola hasta donde cae en un estañón, hasta su nivel más sofisticado que incluye un diseño cuidadoso y la implementación de una estructura de captación/conducción/almacenamiento fabricada particularmente para el caso.



**Figura 2** Vista simplificada de una estructura de captación y almacenamiento de agua. En este dibujo, para una mejor ilustración, no se incluyó el entubado del agua de los canaletes hasta el reservorio, ni el filtro (ver Figura 3).



**Figura 3** Detalle de conducción y filtrado del agua al entrar al tanque de almacenamiento, incluyendo tapa o cubierta del tanque y dispositivos de toma de agua del tanque y de salida (desagüe) del agua para limpieza (ver texto para discusión de alternativas, como son tanques bajo el nivel del suelo, Figura 4).

## 2.1 Captación por techos

Existen dos características fundamentales referente al área de captación disponible, la cual es generalmente el techo de la casa, pero bien puede ser ampliada incluso utilizando el techo, tapa o cubierta del reservorio mismo:

a) Debe estar limpia, libre de roturas y fugas, y ser lo más uniforme posible para facilitar el flujo del agua hacia los canaletes. Esta es una consideración que incide directamente sobre la calidad y la cantidad del agua capturada por unidad de captación disponible.

b) El área existente, para un patrón de lluvia dado, determinará la capacidad máxima de captación. Esta es una consideración muy importante ya que no es raro ver que los tanques o reservorios de almacenamiento se sobrediseñan sin ninguna relación al área de captación existente (lo cual resulta en un elevado e innecesario gasto, ya que el costo del tanque es el más elevado de esta tecnología). El tema del área de captación será retomado en la sección 2.5, Dimensionamiento.

Una vez que se ha dimensionado el sistema, tomando en consideración el área de captación existente, el patrón de lluvias y las necesidades y capacidades de la familia, se procede a seleccionar la parte del techo (que puede ser su totalidad) que presenta las mejores características para ser usada para captación, incluyendo cercanía al tanque. Por lo general, los techos de teja, aunque no son ideales (por ej., un techo de zinc presenta mejores características, mas no es necesario dado su alto costo), requieren de reparaciones menores, alineamiento y reposición de algunas tejas y, particularmente relevante, de limpieza, la cual debe realizarse antes del inicio de cada nueva estación de lluvias (o cuando ha sido ensuciado, por ej. por el paso de aves o acumulación de polvo u hojas).

Cuando el tanque es de algún tamaño considerable, su propio techo o tapa deben ser incluidos como área de captación en el diseño del sistema. Como se verá más adelante, el techo o tapa del reservorio es fundamental para mantener la calidad del agua y disminuir las pérdidas por evaporación.

## **2.2 Canaletes**

Los canaletes (Figuras 2 y 3) pueden ser de diversos materiales, tomando en cuenta que su función principal es capturar el agua que ha escurrido por el techo hacia ellos y conducirla hasta el tubo que la lleva al tanque de almacenamiento. Existen cuatro consideraciones esenciales respecto a los canaletes:

a) El ancho del canaleta es importante para capturar eficientemente el agua, ya que un canaleta muy angosto no capturará toda el agua escurriendo de un techo de teja con terminaciones muy irregulares (esta es la razón por la cual, por ej., canaletes hechos de mitades de caña de bambú no sirven). Un ancho óptimo fluctúa entre los 20 y los 30 cm.

b) La profundidad del canaleta es importante, ya que debe estar dimensionado para conducir toda el agua que captura hacia el tubo que la lleva al tanque, incluyendo algunos eventos en que habrá cierto acumulamiento debido a la lenta entrada al tubo y posterior paso por el filtro. Una profundidad óptima fluctúa entre los 10 y los 20 cm.

c) El posicionamiento del canaleta cercano al borde del techo es esencial para maximizar la captura del agua.

d) El ángulo del canaleta es importante ya que debe conducir el agua hacia el entubamiento y no dejarla empozarse o, peor aún, llevarla en la dirección contraria a la deseada. Sin embargo, un ángulo muy inclinado tampoco es recomendado ya que en la medida que el canaleta se aleja del borde del techo disminuye su eficiencia en la captura del agua (por ej., por salpique).

Los canaletes pueden ser construidos o adaptados de diversos materiales. En particular se han probado exitosamente mitades de troncos de coyol y canaletes fabricados de lámina de zinc o lata (hierro galvanizado). También pueden construirse de arcilla (usando la misma tecnología para elaboración de tejas) o pueden ser mitades de tubería de PVC, lo cual significa mayor costo aunque también mayor durabilidad. El largo de cada canaleta empleado viene dado por las características del techo y del diseño.

### **2.3 Entubamiento, filtración y manejo del agua**

Es fundamental que el agua sea conducida eficientemente hacia el tanque y, considerando que éste no debe tener otras entradas, lo ideal es entubarla desde los canaletes hasta que llega al filtro a la entrada del tanque (Figura 3). La toma desde los canaletes así como el tubo deben ser construidos a especificación, preferiblemente de lata, aunque pueden probarse varias estrategias más rústicas, incluyendo estructuras de arcilla, cañas de bambú gruesas, o troncos de coyol vaciados. Dependiendo del diseño, es posible que haga falta más de un punto de entubamiento del agua, lo cual incrementa los costos y la complejidad del sistema.

Considerando que la calidad del agua así obtenida es bastante alta, la función principal del filtro es eliminar polvo y otros materiales que se han acumulado en los techos, aunque puede también ser muy importante para disminuir la contaminación con materia orgánica que se haya acumulado en los

techos. De allí que la combinación de limpieza junto con el adecuado mantenimiento de los filtros es esencial. Como se ve en la Figura 3, los filtros pueden ser sencillamente un recipiente de plástico u otro material relleno con una capa de grava sobre una capa de arena ubicados dentro o fuera del tanque (ICA, s.f.) o, para mejorar su filtración de materia orgánica, pueden llevar además al fondo una capa de carbón particulado sobre otra capa de grava. Sharma (1990) recomienda que el tamaño de partícula del carbón no sea  $>2\text{mm}$ ; sin embargo, el utilizar material muy fino vuelve el filtrado muy lento, por lo que debe establecerse un equilibrio entre el tamaño del filtro (filtros más grandes filtran más rápido) y el tamaño de partículas y grosor de las capas del material (grava, arena, carbón). Una alternativa al problema del filtrado lento es establecer un filtro rápido a la entrada del agua (por ej. sin carbón) y otro más lento (con carbón finamente particulado) a la salida. También, se puede establecer una circunvalación (*bypass*) del filtro para cuando el agua se acumula en la tubería. La limpieza regular de los filtros y reposición (por lo menos una vez al año antes del inicio de la estación de lluvias) es fundamental para que cumplan adecuadamente su función.

Debe quedar claro que aunque el agua de los techos es por lo general de buena calidad, sobre todo una vez filtrada, esto no garantiza de ninguna manera la ausencia de bacterias y otros microorganismos. A menudo, las bacterias tales como coliformes fecales, son introducidas al agua mediante una pobre manipulación por parte de los usuarios (por ej., uso de cucharones o recipientes sucios, lavado de manos sucias directamente). Por estas razones, el buen manejo del agua almacenada es crítico y se recomienda su clorinación o hervida de previo al consumo humano. En la medida de lo posible los tanques deben llevar tubos de salida del agua (Figuras 3 y 4), para minimizar la apertura de la tapa y la manipulación directa del agua. También, es recomendable que el agua de la primera lluvia de la estación sea descartada, ya que su calidad será inferior por haber recolectado las impurezas acumuladas en el techo durante la estación seca. Incluso, UNEP (1983) recomienda establecer una tubería especial para descartar las primeras aguas.

## 2.4 Tanques

El almacenamiento del agua captada por los techos puede ser en tanques de diversas características, desde uno o varios estañones u otros recipientes diversos, hasta un tanque construido expresamente con este fin. En esta sección se discuten varias alternativas existentes para la construcción de un tanque, que

puede ser desde una pila pequeña para guardar agua durante la estación de lluvias (ver sección 3.1 para ejemplos) hasta un reservorio de volumen suficiente para almacenar agua que alcance durante toda la estación seca (ver sección 3.2 para un ejemplo).

La selección del tipo y tamaño y del tanque a construir, aparte de los criterios técnicos que se presentan en la siguiente sección, es tal vez el aspecto más crítico en la implementación de esta tecnología, ya que en la construcción del tanque se encuentra el mayor costo de la misma, así como las mayores posibilidades de mala implementación (por ej., por fugas excesivas de agua de un tanque mal construido).

En todo caso, para cualquier tipo de medio de almacenamiento que se utilice, hay varios principios generales que deben respetarse:

a) Limpieza: el tanque debe estar lo más limpio posible al inicio de las lluvias (o debe ser lavado con las primeras lluvias) y debe limpiarse/lavarse cada vez que parezca necesario. Esto implica una revisión periódica de la limpieza del tanque y, consecuentemente, de la calidad del agua allí almacenada. La limpieza del tanque incidirá directamente sobre el tiempo durante el cual se puede almacenar agua manteniendo su potabilidad. Una salida de drenaje o desagüe al fondo del tanque, que permita vaciarlo fácilmente, facilita su limpieza.

b) Tapa o cubierta: el tanque debe tener una tapa, cubierta o techo, que cierre bien tanto para impedir la entrada de material contaminante (polvo, animales e insectos, incluso luz solar que fomentará el crecimiento de algas) como para disminuir las pérdidas por evaporación. Cuando el tamaño del tanque lo amerita, su tapa o techo puede ser utilizada como área de captación adicional al techo de la casa. Existe una serie de materiales que pueden ser utilizados como tapa, siendo lo más corriente una armazón de madera con techo de zinc o teja. Considerando que las fuentes abiertas de agua sirven para reproducción de varios insectos detrimentales a la salud humana, es fundamental que la tapa cierre bien sobre el tanque, cualquiera que sea la dimensión de éste.

c) Impermeabilidad: que el tanque no tenga fugas por sus paredes o fondo es importante para *i)* evitar pérdidas de agua por filtraciones al exterior; *ii)* prolongar la vida útil del tanque; *iii)* evitar la contaminación del agua a través de grietas; y, *iv)* mantener un ambiente limpio y no de agua empozada alrededor del mismo.

d) **Buen uso del agua (higiene):** esto se refiere principalmente al mecanismo con que se extrae agua del tanque para su consumo, lo cual es importante no solo para facilitar el uso del agua sino también para disminuir su contaminación. Para tanques construidos, lo ideal es una salida de agua por gravedad, que puede ser la misma que se utiliza para drenarlo u otra un poco más elevada, con lo cual se evita que salgan sedimentos cada vez que se extrae agua (Figuras 3 y 4). Para tanques por debajo del nivel del suelo, la salida puede ser extendida por unos metros cuando la pendiente del terreno lo permite (Figura 4); de lo contrario, el uso de una bomba manual rústica es recomendado. Lo que se pretende evitar es que se deba abrir el tanque e introducir un recipiente/utensilio cada vez que se desea extraer agua, lo cual promueve enormemente la contaminación. Para pilas u otros reservorios rústicos, es muy importante capacitar al usuario en el sentido de que tenga un solo utensilio para extracción del agua, que se utiliza exclusivamente con ese fin y se mantiene con la máxima limpieza. Clorinar o hervir el agua antes del consumo humano es esencial en la mayoría de los casos.

e) **Control de rebalse:** todo tanque construido con este fin deberá llevar un dispositivo de evacuación de excedentes de agua, el cual como mínimo consiste de un tubo cerca del borde superior. Este tubo puede ir conectado a un tanque secundario, para aprovechar esos excedentes. Es conveniente colocar una malla o cedazo plástico fino cubriendo la salida del tubo de rebalse, para impedir la entrada de insectos y animales.

El dimensionamiento de un tanque de forma cuadrada o rectangular se logra multiplicando el largo por el ancho por la altura (o profundidad) en metros, obteniéndose así el volumen en metros cúbicos ( $m^3$ );  $1 m^3 = 1000$  litros = 272 galones. Las dimensiones que se utilizan para obtener el volumen son las internas del tanque, es decir solamente del espacio que será ocupado por el agua excluyendo el grosor de las paredes.

#### **2.4.1 Tanques sobre el suelo**

La primera alternativa que se piensa, tal vez por ser la más conocida y la más sencilla respecto al manejo (aunque a menudo también la de más alto costo), es un tanque sobre el nivel del suelo (como se muestra en las Figuras 2 y 3). Este tipo de tanque se puede construir de bloques, ladrillos o piedras con mezcla de grava, arena y cemento, incluyendo el uso de varilla de hierro para mayor solidez cuando el tamaño lo requiere, siempre teniendo en mente una

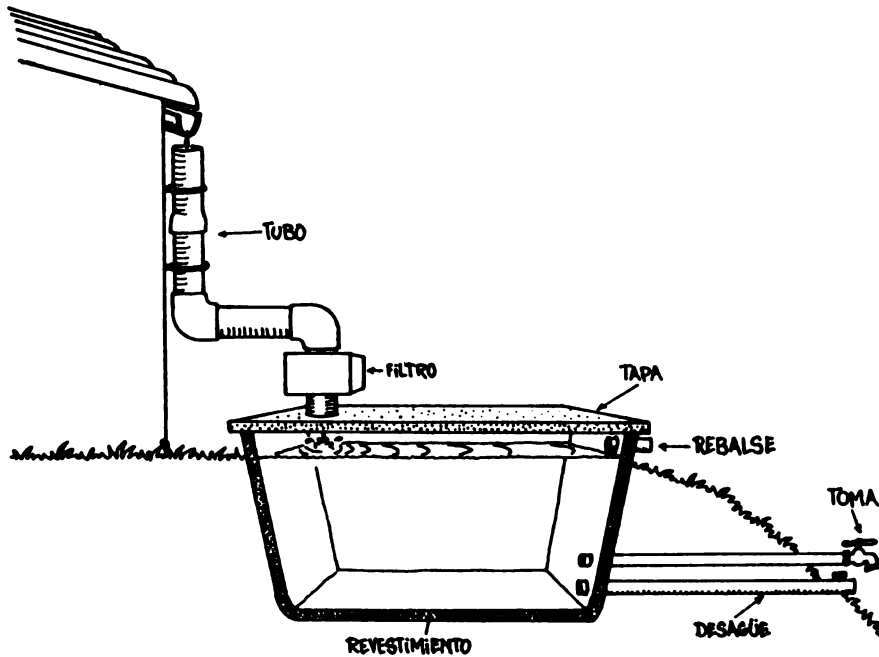


adecuada impermeabilización y los otros criterios mencionados arriba. También, estos tanques pueden ser muy sencillos, como son estañones o barriles plásticos o metálicos; incluso, se puede innovar, por ej. se cita el tanque Ghala, hecho en Africa, que consiste de un cesto grande normalmente utilizado para granos, que se reviste por dentro y por fuera de una capa de cemento, con grosor total de 3 cm, permitiendo almacenar 2.500 litros de agua (UNEP, 1983). En vista de la ubicuidad de este tipo de construcción, y ya que dos ejemplos con estos tanques son discutidos en el siguiente capítulo, no se amplía aquí la presentación sobre este tema.

#### **2.4.2 Tanques bajo el nivel del suelo**

Con miras a abaratar los costos de los insumos requeridos para construir un tanque, una opción es construir reservorios por debajo del nivel del suelo, con lo cual se logra disminuir la necesidad de materiales para dar solidez a las paredes. Es decir, mientras que en un tanque sobre el suelo toda la estructura debe ser autosuficiente en su capacidad de retener el agua, lo cual implica cimientos, paredes gruesas y a menudo armazón de hierro (alto costo en insumos externos), en un tanque enterrado gran parte del esfuerzo de retención del agua lo realiza el suelo mismo, con lo cual el problema principal se reduce a lograr una buena impermeabilización de las paredes y el piso (para minimizar fugas) y a establecer mecanismos para disminuir la contaminación del agua y lograr una eficiente extracción de la misma. Los tanques bajo el nivel del suelo deben ubicarse lejos de tanques sépticos o letrinas de hueco.

En la Figura 4 se muestra un diagrama de un tanque enterrado, en el cual se aprecia su ubicación respecto a la salida del agua por gravedad y el borde superior de por lo menos 25 cm por sobre el nivel del suelo sobre el cual va la cubierta, que puede servir también para captar agua. El borde sobre el nivel del suelo es muy importante para disminuir la entrada de contaminantes al tanque y para poner un tubo que evite rebalse. Debido a que los problemas de filtración de agua (fugas) se presentan con mayor facilidad en las paredes o en la unión con el piso del tanque, y por facilidad en realizar la excavación, es generalmente preferible construir un tanque amplio y poco profundo (de 1 a 2 m de profundidad efectiva) en vez de un tanque profundo de área reducida. Al excavar el tanque debe tomarse la previsión de instalar todas las tuberías de salida antes de revestirlo.



**Figura 4** Vista simplificada de una estructura de almacenamiento de agua bajo el nivel del suelo. En caso de que la pendiente del terreno no lo permita, la extracción del agua puede hacerse por medio de una bomba manual.

La opción de más bajo costo para un tanque de este tipo puede ser revestir las paredes y el piso con una capa gruesa de arcilla, trabajada en forma similar al cemento, aunque evidentemente utilizando una capa más gruesa (por ej., 30 cm) para garantizar la impermeabilidad. La experiencia local en este tipo de estructura es muy poca, por lo tanto es necesario realizar primero una experimentación con los diferentes tipos de arcilla existentes, grosor de paredes y piso, manejo y reparaciones pos-construcción, y consideraciones sobre pérdidas por filtraciones y calidad del agua. En principio deben evitarse aquellas arcillas que se resquebrajan al secarse; de todas formas, debe evitarse exponer cualquier material empleado directamente al sol por períodos prolongados para evitar resquebrajamientos. La reparación de grietas en este tipo de estructuras puede llegar a ser una actividad que debe realizarse cada año. Una manera de lograr mejor impermeabilización y mejor resistencia con arcilla es utilizando primero una capa de plástico y una malla de alambre, siguiendo en general las indicaciones para revestimientos de concreto, como se discute a continuación.

Sharma (1990) presenta tres alternativas para el revestimiento de paredes y piso de tanques bajo el nivel del suelo utilizando mezclas de concreto (5 grava<1cm:3 arena:1 cemento), las cuales permiten escogencia de acuerdo a los costos y disponibilidad de materiales en cada localidad:

a) Malla o cedazo de gallinero, con 5 cm concreto y lámina de plástico: después de excavar el tanque, el piso y las paredes (anguladas) deben ser cuidadosamente emparejados, eliminando bolsas de arena o rocas salientes. También, es conveniente evitar ángulos rectos en las esquinas y en el borde del piso con las paredes, para que el plástico y el revestimiento encuentren mejor soporte. Se recubren el piso y las paredes del tanque con plástico (de mayor grosor que 0,9 mm ó 900  $\mu$ m), cuyos extremos deben ir sobrepuestos en por lo menos 15 cm. Después, con cuidado de no romper el plástico, se recubren las paredes y el piso con una malla de gallinero (de alambre metálico) con cuadrícula de aproximadamente 1,5 x 1,5 cm. Los extremos de la malla deben ir atados entre sí con alambre. A continuación se aplica una capa de concreto de 5 cm de grosor al piso y luego a las paredes, manteniendo en todo momento la malla de tal forma que ésta quede al centro de la capa de concreto (es decir, la malla queda enterrada 2,5 cm dentro de la capa de concreto). Un frecuente curado con agua del revestimiento de concreto es necesario durante por lo menos una semana antes de usar el tanque.

b) Revestimiento de 10 cm con concreto: después de excavar y emparejar la fosa, se reviste el fondo y las paredes con una capa de concreto de 10 cm de grosor. Primero se cubre totalmente el piso, dejando una ranura de 5 cm de ancho y 5 cm de profundidad a todo lo largo del borde, para que cuando se chorreen las paredes éstas encajen bien con el piso, garantizando así un cierre que no permita fugas. El curado con agua descrito arriba es indispensable.

c) Concreto y ladrillos (o bloques): después de excavar y emparejar la fosa, el fondo del tanque es recubierto con una capa de concreto de 10 cm de grosor, igual que arriba, mientras que las paredes se protegen con ladrillos pegados entre sí con una mezcla de 3 arena:1 cemento, recubiertos con una capa de 2-3 cm de una mezcla de 2 arena:1 cemento. Cuando existe localmente la factibilidad de fabricar ladrillos de arcilla, esta opción puede tener un costo atractivo. El curado con agua es esencial.

## **2.5 Dimensionamiento**

Los diseños muy sencillos y rústicos, para almacenar algo de agua utilizando los implementos existentes (estañones, botellones o pichingas, otros), por lo general no requieren de ningún ejercicio de dimensionamiento. Esto por lo menos mientras no se desee ampliar la capacidad de almacenamiento, lo cual puede ocurrir después de que el usuario constata las bondades de la tecnología y desea invertir más tiempo y recursos.

Cuando se desea implementar la tecnología a una escala mayor, construyendo uno o más tanques de almacenamiento, es necesario efectuar algunos cálculos respecto tanto al área de captación que se habilitará o se requiere y el volumen del tanque de almacenamiento, en función de las necesidades de agua de la familia y de las características de la lluvia en la región, lo cual permite también establecer un presupuesto. Con esto se ajustarán las características del diseño a las condiciones, evitándose sobredimensionamientos (tanques muy grandes para el área de captación o la lluvia de la región) o subdimensionamientos por error (cuando no se aprovecha bien toda el área de captación existente por mal cálculo, y se dimensiona un tanque más pequeño que lo que se deseaba construir). Los detalles sobre cada uno de los siguientes aspectos de dimensionamiento pueden ser utilizados todos o solamente algunos, según se muestra en algunas simplificaciones y ejemplos de la sección 2.5.5.

### **2.5.1 Necesidades de agua de la familia**

Existe una gran variabilidad entre diversos individuos, familias y modos de vida respecto a la cantidad de agua que se consume por día en un hogar. A esto se debe agregar la consideración de si el agua que se almacena se utilizará también para otros fines, como es dar a animales y regar hortalizas. El consumo variará también enormemente en función de la disponibilidad de agua.

Por ejemplo, Santos (1992) estimó que cuando el agua debe ser traída a pie o con animales desde distancias de varios cientos de metros o más, el consumo per cápita es de aproximadamente 7,5 litros por persona por día. Como se muestra más adelante (3.1), al establecer pilas de almacenamiento, el consumo de familias rurales fue de alrededor de 50 litros/persona/día, llegando a nivelarse a alrededor de 25 litros/persona/día pasado el primer período de utilización del agua, que conllevó a una mayor racionalización e incluyó utilizar un poco de

agua para animales y microriego. En Colombia (ICA, s.f.) se han realizado los cálculos considerando un uso de 80 litros/persona/día, para uso exclusivo en cocina (15), aseo personal (45) y sanitarios (20). También UNEP (1983) considera como óptimo proveer 80 litros/persona/día; sin embargo, esto puede no ser aplicable a las condiciones más marginales, donde los pocos recursos limitan la inversión en tanques de gran tamaño.

Considerando la experiencia, se pueden fijar 25 litros/persona/día como la meta inicial a alcanzar. Esto indica que una persona consume 750 litros por mes y 9.125 litros por año (0,75 y 9,125 m<sup>3</sup>, respectivamente). Una familia de seis personas consume 150 litros/día, 4.500 litros/mes y 54.750 litros/año. Estos valores van dando una idea de las dimensiones que se necesitan, aunque el cálculo final será ejemplarizado posteriormente (2.5.5).

También se tienen algunos datos para el consumo de animales (ICA, s.f.), que son de alrededor de 45 litros/día por caballo, mula o vaca, 15 litros/día por cerdo y 15 litros/día por cada 100 gallinas o 30 litros/día por cada 100 pavos. Para efectos de microriego, puede calcularse que cada metro cuadrado de siembros requerirá entre 4-6 litros/día.

Al dimensionar un sistema que almacenará excedentes de lluvia para los meses secos, debe restarse el consumo de la familia durante los meses de lluvia (preferiblemente mes a mes) del valor de lluvia esperado; la diferencia es la cantidad de agua almacenable.

## **2.5.2 Características de la lluvia**

Hay tres características importantes de la lluvia que deben ser tomadas en cuenta: la cantidad total por año (promedio anual), la distribución durante la estación de lluvias (promedio mensual) y las variaciones que hay entre los diferentes años (máximos y, sobre todo, mínimos esperables). En la Figura 1 se muestran los típicos patrones de lluvia (promedio mensual) que se obtienen en la región semiseca de Centroamérica, indicándose también el promedio anual y los máximos y mínimos en récord. Este tipo de información, sobre todo promedios anual y mensual, es muy fácil de obtener para la mayoría de las regiones de Centroamérica; en caso de no existir información específica para una localidad, los datos de localidades cercanas pueden ser empleados, tal vez modificándolos por la experiencia.

El promedio anual permite saber cuál es el valor máximo (en promedio) de agua que puede captarse por unidad de área de captación. Evidentemente, y sobre todo respecto a la lluvia, las variaciones entre años hacen que prácticamente ningún año se dé igual al promedio. El conocer la distribución de la lluvia permite planificar tanto respecto al área de captación como al tanque de almacenamiento, según se verá en la sección 2.5.5. Esto último significa que puede planificarse para tener agua durante toda la estación seca, o para que no falte durante el veranillo, o para que alcance, por ej., durante dos meses después de que termina la estación de lluvias. En la sección 2.5.5 se presentan algunos métodos simplificados para dimensionamiento, así como un ejercicio más completo.

Los valores mínimos de la lluvia son fundamentales para el dimensionamiento de un sistema costoso, sobre el cual se tienen muchas expectativas, pues éste debe ser diseñado considerando que algunos años habrá muy poca lluvia, al menos durante los meses críticos, que en este caso, y como se ve en la Figura 1, son: *i*) el período de entrada de las lluvias, que aunque normalmente comienzan en abril y mayo, hay años en que aún en mayo llueve muy poco o nada; *ii*) el veranillo, que aunque en promedio nunca llega a cero lluvia durante un solo mes, al considerar los valores mínimos se aprecia que habrán años en los que no llueve nada durante todo un mes o más; y, *iii*) el período de salida de las lluvias, que aunque normalmente llueve todavía en noviembre, hay años en que ya en octubre deja de llover, por lo que cualquier esfuerzo de captación que cuente con las lluvias de octubre y noviembre podría verse frustrado, sobre todo si sucede después de un veranillo prolongado en el que se vació el tanque.

Resumiendo lo anterior, puede considerarse, en circunstancias de diseño óptimo (conservador), que la estación seca va de noviembre a abril, ambos meses incluidos; que el veranillo puede durar 30 días sin lluvia; y, que el almacenamiento para la estación seca debe hacerse en gran medida durante setiembre, contando secundariamente con las lluvias de octubre. Estas consideraciones serán retomadas en la sección de dimensionamiento (2.5.5).

### **2.5.3 Area de captación**

Un milímetro de lluvia en un metro cuadrado significa un litro de agua (este es el volumen que se obtiene multiplicando  $1 \text{ m}^2 \times 0,001 \text{ m}$  que es 1 mm, lo cual da  $0,001 \text{ m}^3$ , que es igual a 1 litro). Esta es la relación básica que debe

manejarse para determinar el área de captación necesaria. Sin embargo, y considerando que la eficiencia de captación de un techo de tejas puede no ser muy alta, agregando pérdidas en los canaletes y en la conducción al tanque, es preferible utilizar un coeficiente de eficiencia de captación (que puede variar entre 50 y 90%), que para efectos prácticos se fija aquí en 75% (puede incrementarse o disminuirse para diversas condiciones a criterio de quien diseñe). De esta manera, un milímetro de lluvia en un metro cuadrado significará, efectivamente, 3/4 litro de agua (1 mm x 0,75 coeficiente de eficiencia = 0,75 mm).

Ya que los techos son inclinados, el área efectiva de captación se determina utilizando su proyección vertical hacia el suelo, y no midiendo el área real en techo de tejas. Esta consideración puede no aplicarse en todos los casos, sobre todo cuando las lluvias entran generalmente con vientos siguiendo una misma dirección. Asumiendo un área efectiva de captación de 30 m<sup>2</sup>, para la lluvia de un día de 10 mm, se puede esperar que lleguen al tanque 225 litros de agua (75% de los 300 litros que serán interceptados por esa área de techo). En una región con promedio anual de 1.500 mm de lluvia, en promedio, un área de captación de 50 m<sup>2</sup> interceptará un total de 75.000 litros, de los cuales esperamos que el 75%, o sea 56,250 litros podrán ser almacenados.

Un aspecto muy importante respecto al área de captación es que es posible reducirla o ampliarla a muy bajo costo, lo cual flexibiliza enormemente su dimensionamiento. Esto contrasta con el alto costo y la rigidez volumétrica de un tanque.

#### **2.5.4 El tanque de almacenamiento**

Ya se han presentado varias características de los tanques respecto a sus dimensiones. Para tanques cuadrados o rectangulares se obtiene el volumen (en m<sup>3</sup>) multiplicando el largo por el ancho por la profundidad, en m, siempre tomando en cuenta que estas dimensiones son las del interior del tanque, es decir, excluyendo el grosor de las paredes. Cuando un tanque tiene paredes inclinadas, como los tanques bajo el nivel del suelo, el cálculo del volumen puede refinarse utilizando el promedio del largo (largo en la superficie + largo al fondo, entre dos) y el promedio del ancho (ancho en la superficie + ancho al fondo, entre dos), en vez de solo uno de estos pares de valores.

La parte superior del tanque sirve de borde y allí va un tubo de salida de agua, que evita el rebalse. Así, una cosa es calcular las dimensiones totales del tanque y otra es el cálculo del volumen efectivo de almacenamiento, que excluye la parte superior que nunca se llenará y, preferiblemente, una lámina del fondo del tanque que será agua con sedimentos que no es recomendable utilizar.

Un aspecto de relevancia para almacenamiento prolongado (por ej. durante toda la estación seca), es que se deben incluir pérdidas por filtraciones y evaporación en el dimensionamiento del tanque. Aunque pueden utilizarse varias técnicas para aproximar las pérdidas, en un tanque de buenas condiciones (con pocas fugas por filtración) con una tapa adecuada (minimizando pérdidas por evaporación) es siempre conveniente considerar un mínimo de 10% de pérdidas. Este porcentaje puede ser mayor según las condiciones del tanque.

### 2.5.5 Dimensionamiento

A continuación se presentan varios ejercicios de dimensionamiento de un sistema de captación/almacenamiento de agua de lluvia, aumentando el grado de complejidad en cada ejercicio, comenzando con el caso más simple que amerita un diseño. Los ejercicios se refieren a patrones de lluvia como los que se muestran en la Figura 1 y se sumarizan en el Cuadro 1, con un valor promedio anual de 1.200 mm.

**Cuadro 1** Valores promedio de lluvia mensual y anual para una estación hipotética con régimen de lluvia similar a los mostrados en la Figura 1.

<b>Estación seca</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>
<i>Promedio mensual (mm)</i>	40,0	0,0	0,0	0,0	5,0	25,0

<b>Estación lluviosa</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Set</b>	<b>Oct</b>	<b>Anual</b>
<i>Promedio mensual (mm)</i>	240,0	210,0	80,0	150,0	270,0	180,0	1200,0



## **Simplificaciones generales**

Aunque un dimensionamiento formal debiera considerar la dinámica de entradas y salidas de agua (por ej., lluvia y consumo mensual, como se ilustra en forma simplificada en el Problema 4), para los diseños más simples es posible adoptar algunas reglas básicas, que permitan aproximar la realidad sin necesidad de muchos cálculos. Por esta razón, y aunque en los últimos ejercicios se presenta un análisis más formal (para cuando se poseen suficientes recursos económicos para un sistema de envergadura), se sugieren las dos siguientes reglas para los diseños de menor escala, siempre aplicados a la región de interés tomando en cuenta que es importante que el tanque esté frecuentemente lleno, para enfrentar períodos impredecibles sin lluvia:

a) Cuando se quiere almacenar agua solamente por períodos cortos dentro de la estación de lluvias--situación de pocos recursos o en zonas húmedas--, se diseñará un tanque que se llene con 100 mm de lluvia (lo que se traduce en 75 mm de agua almacenable al utilizar el coeficiente de eficiencia de captación de 75%--sección 2.5.3).

b) Cuando se quiere almacenar agua por períodos un poco más prolongados (por ej. para cubrir necesidades durante un veranillo de 30 días sin lluvia o para que el agua dure un mes después de que finalizan las lluvias) o en cantidades un poco mayores que lo que la familia necesita (por ej. para darla también a aves y cerdos)--situación de medianos recursos--, se diseñará un tanque que se llene con 150 mm de lluvia (lo que se traduce en 112,5 mm de agua almacenable al utilizar el coeficiente de eficiencia de captación de 75%--sección 2.5.3).

Estas dos reglas, que pueden ser variadas por investigadores o extensionistas dependiendo de las condiciones de una localidad dada, se utilizan en conjunto con las necesidades de la familia para determinar tanto el volumen efectivo del tanque y el área de captación que se necesita (Problemas 1 a 3).

También, otra simplificación útil para diseños de mayor envergadura, es comenzar por considerar el área de captación existente, suponiendo que no se implementará ningún área adicional (excepto la que proveerá el techo del tanque, que se fija aquí en 25 m<sup>2</sup> para efectos de cálculo). Así, el método más simple para un diseño de alguna envergadura, y asumiendo que existen 100 m<sup>2</sup> de área efectiva de techo que puede habilitarse (es decir, su proyección vertical), se tiene que para una zona con 1.200 mm de lluvia anual promedio se podrá

captar  $1.200 \text{ mm} \times 125 \text{ m}^2 = 150.000$  litros, los cuales se convierten en 112.500 litros almacenables (utilizando 75% de eficiencia). Sin embargo, a este volumen se le debe restar el consumo de agua que hace la familia durante la estación de lluvias (que incluye el no utilizar las primeras aguas, y se puede fijar en 7.000 litros/mes  $\times$  6 meses = 42.000 litros), lo cual deja en  $112.500 - 42.000 = 70.500$  litros ó  $70,5 \text{ m}^3$  el volumen máximo que se puede almacenar, en este caso.

## ***Ejercicios de dimensionamiento***

### ***Problema 1*** (pocos recursos):

Familia de 7 miembros, desean establecer un sistema exclusivamente para consumo humano, pero con la mínima inversión en insumos externos.

Solución: construir un tanque (pila rústica) sobre el nivel del suelo, con materiales en su mayoría locales (ver 3.1), para almacenar agua para satisfacer las necesidades de la familia durante la estación de lluvias. Esto implica que el tanque deberá proveer agua por un período máximo de 15 días antes de vaciarse (durante el cual se espera que vuelva a llover).

Dimensionamiento:

Volumen efectivo y dimensiones del tanque:

$$7 \text{ personas} \times 25 \text{ litros/persona/día} \times 15 \text{ días} = 2.625 \text{ litros} = 2,625 \text{ m}^3$$

asumiendo que se dejan 7,5 cm de borde superior del tanque, las dimensiones de un tanque cuadrado serán:

largo y ancho: 1,6 m; profundidad: 1,1 m

para un volumen total de  $2,8 \text{ m}^3$ .

Area de captación:

se desea que el tanque se pueda llenar con los primeros 100 mm de lluvia, lo cual se convierte en 75 mm al ser moderado por el 75% de eficiencia de captación; 75 mm equivalen a 0,075 m, con lo cual:  $2,625 \text{ m}^3 / 0,075 \text{ m} = 35,0 \text{ m}^2$  de área de captación efectiva (que normalmente se traduce en mayor área de techo, dependiendo de la inclinación, sección 2.5.3).



**Problema 2 (medianos recursos):**

Familia de 7 miembros, desean establecer un sistema exclusivamente para consumo humano, que provea agua durante 30 días, cubriendo así un veranillo prolongado y un mes después de que acaben las lluvias.

Solución: igual que el anterior problema, excepto que el tanque deberá ser del doble del volumen efectivo.

**Dimensionamiento:**

Volumen efectivo y dimensiones del tanque:

$$7 \text{ personas} \times 25 \text{ litros/persona/día} \times 30 \text{ días} = 5.250 \text{ litros} = 5,25 \text{ m}^3$$

asumiendo que se dejan 10 cm de borde superior del tanque, las dimensiones internas de un tanque rectangular serán:

largo: 2,625 m; ancho: 2 m; profundidad: 1,1 m

para un volumen total de 5,8 m<sup>3</sup>.

**Area de captación:**

se desea que el tanque se pueda llenar con 150 mm de lluvia, lo cual se convierte en 112,5 mm al ser moderado por el 75% de eficiencia de captación; 112,5 mm equivalen a 0,1125 m, con lo cual:

$$5,25 \text{ m}^3 / 0,1125 \text{ m} = 47 \text{ m}^2 \text{ de área de captación efectiva.}$$

**Problema 3** (medianos recursos):

La misma familia y necesidades del problema 2, pero quieren agregar disponibilidad de agua para especies menores, a 50 litros/día.

Solución: igual que el problema anterior, excepto que el tanque y el área de captación deberán ser mayores (con lo cual se indica que en algunos casos se pueden encontrar limitaciones en el área de captación disponible).

Dimensionamiento:

Volumen efectivo y dimensiones del tanque:

7 personas requieren  $5,25 \text{ m}^3$  para 30 días  
50 litros/día para animales x 30 días = 1.500 litros ( $1,5 \text{ m}^3$ )  
total:  $5,25 \text{ m}^3 + 1,5 \text{ m}^3 = 6,75 \text{ m}^3$  para 30 días

asumiendo que se dejan 10 cm de borde superior del tanque, las dimensiones de un tanque rectangular serán:

largo: 3 m; ancho: 2,25 m; profundidad: 1,1 m

para un volumen total de  $7,4 \text{ m}^3$ .

Area de captación:

(llenando el tanque con 150 mm, igual que en el Problema 2)  
 $6,75 \text{ m}^3 / 0,1125 \text{ m} = 60 \text{ m}^2$  área de captación efectiva.

**Problema 4 (amplios recursos):**

Familia de siete miembros, desean establecer un sistema para consumo humano y 50 litros/día para consumo de especies menores, que alcance a satisfacer las necesidades básicas durante 6 meses.

Dimensionamiento:

Volumen efectivo y dimensiones del tanque:

7 personas x 25 litros/persona/día x 180 días = 31.500 litros = 31,5 m<sup>3</sup>

50 litros/día para animales x 180 días = 9.000 litros = 9 m<sup>3</sup>

total para consumo en seis meses: 31,5 m<sup>3</sup> + 9 m<sup>3</sup> = 40,5 m<sup>3</sup>

10% pérdidas: 4,05 m<sup>3</sup>

total volumen efectivo de almacenamiento: 44,55 m<sup>3</sup>

asumiendo que se dejan 25 cm (0,25 m) de borde superior del tanque, las dimensiones de un tanque rectangular serán:

largo: 7,5 m; ancho: 4,0 m; profundidad: 1,75 m

para un volumen total de 52,5 m<sup>3</sup>.

Area de captación:

utilizando la lluvia promedio (aunque podría utilizarse, por ej., la lluvia que cae por lo menos 75% de los años), se tiene que durante el mes de setiembre se esperan 270 mm (Cuadro 1). Como se había indicado, es conveniente capitalizar en las lluvias de setiembre para correr menos riesgos con poca lluvia en octubre y noviembre; por esta razón, se estipula que durante setiembre el tanque debe llenarse en un 30% (y no en un 22,5%, que es el porcentaje que corresponde a 270 mm setiembre/1.200 mm anual).

30% volumen efectivo de almacenamiento (setiembre): 44,55 m<sup>3</sup>x0,3=13,365 m<sup>3</sup>

sin embargo, durante setiembre la familia consumirá 6,75 m<sup>3</sup>, igual que cualquier otro mes, por lo tanto, en setiembre se deben captar 20,115 m<sup>3</sup>

270 mm setiembre x 0,75 (eficiencia) = 202,5 mm (0,2025 m)

$$20,115 \text{ m}^3 / 0,2025 \text{ m} =$$

99,3 m<sup>2</sup> área de captación total

- 28,3 m<sup>2</sup> área de captación por techo del tanque (8,1 m x 3,5 m)

= 71,0 m<sup>2</sup> área de captación efectiva en techo de la casa u otras superficies.

Debe estar claro que esta área es la mínima necesaria según el promedio de lluvias. Para establecer un margen de seguridad, sobre todo si ampliar el área de captación es de bajo costo, pueden habilitarse para captación áreas mayores que lo mínimo necesario. Cualquier exceso de captación será eliminado por el tubo de rebalse.

En vista de que el área de captación generalmente no representa una limitante en cuanto a inversión, mientras que el tanque si lo es, no es necesario pasar a métodos más rigurosos para determinarla, lo cual requeriría de un análisis iterativo considerando entradas y salidas a nivel mensual o más detallado. Sin embargo, para efectos de garantizar que el diseño del Problema 4 será adecuado también para otros períodos críticos del año, se puede efectuar el siguiente cálculo de comprobación, basado en la necesidad de contar con suficiente agua almacenada a finales de junio para confrontar un veranillo severo de 45 días sin lluvia, lo cual significa 10.125 litros (6.750 litros/mes x 1,5).

Descartando la lluvia de marzo y abril (necesaria para que se lave el techo), se tiene que en mayo y junio llueven 450 mm en promedio (Cuadro 1), que se convierten en 337,5 mm (0,3375 m) al considerar un 75% de eficiencia de captación y conducción. El consumo durante mayo y junio es de 13.500 litros (6.750 litros/mes x 2), lo cual da una necesidad de captación efectiva de 23.625 litros (23,625 m<sup>3</sup>; 13.500 + 10.125 litros) durante mayo y junio, los cuales evidentemente caben en el tanque, por lo que no hay que considerar pérdidas por rebalse.

El área de captación efectiva necesaria para tales cifras es:

$$23,625 \text{ m}^3 / 0,3375 \text{ m} = 70 \text{ m}^2$$

lo cual es bastante inferior a los 99,3 m<sup>2</sup> establecidos en el ejercicio. Por lo tanto, el diseño es viable para cubrir otras necesidades críticas que puedan presentarse.

### **III. RESULTADOS DE VALIDACION**

Aparte de las consideraciones anteriores sobre la captación, conducción y almacenamiento del agua de lluvia, el aspecto más costoso de esta tecnología es la construcción del tanque o reservorio. Por esta razón, en las secciones 3.1 y 3.2 se enfatiza la validación de la tecnología con fundamento en el tanque. Cabe la aclaración de que los modelos de tanques presentados no son los de menor costo posible, ya que la continuada experiencia en este campo, así como la experiencia en otros lugares (UNEP, 1983; Sharma, 1990), ha indicado claramente la factibilidad de reducir costos, sobre todo utilizando reservorios enterrados (preferiblemente con un borde fuera y necesariamente con una cubierta o techo para evitar contaminación), con paredes que requieren menor grosor (ver 2.4).

#### **3.1 Pilas recolectoras pequeñas**

En coordinación con el Departamento de Infraestructura de la Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional Autónoma de Honduras, se diseñaron cinco sistemas basados en "pilas recolectoras" para almacenamiento de agua de lluvia, las que se instalaron durante 1992 en igual número de fincas de pequeños productores asociados al Proyecto Agrosilvopastoril (coejecutores). Todas las estructuras se localizaron en el municipio de Orocuina, por ser ésta una de las áreas que presenta los más agudos problemas de desabastecimiento de agua. Un ejemplo de ello es que los habitantes de comunidades enteras como Gualiqueme, El Jazmín, Los Araditos y Las Chilcas, entre otras, se ven precisados a desplazarse diariamente distancias hasta de 2,5 km para abastecerse de agua (de dudosa calidad) o abrevar el ganado, debido a la disminución de caudales, lo cual se agudiza en la estación seca. En esa labor, uno o dos miembros de la familia invierten de cinco a seis horas cada día.

Las pilas recolectoras se presentan como una alternativa muy útil para almacenar agua de lluvia captada por el techo de la casa, reduciendo de esa forma el tiempo que la familia dedica a esas labores especialmente en la estación de lluvia y, por lo tanto, liberan el uso de mano de obra familiar para destinarlo a otras actividades.

Las pilas recolectoras establecidas consistieron de una estructura rectangular sencilla construida con materiales factibles de obtener en la finca o cerca de ella, tales como arena, grava y piedra; los únicos insumos externos requeridos son cemento y varilla de hierro. La varilla de hierro se utilizó ocasionalmente dependiendo del tamaño de la pila. La grava, arena y cemento se usaron en proporciones de 4:2:1, respectivamente. Las dimensiones de las pilas (ancho, longitud y profundidad) fueron variables y dependieron de las posibilidades económicas del coejecutor, ya que no se llegó a utilizar toda el área de captación existente (menos del 20% en todos los casos).

La forma de la pila y un ejemplo de su ubicación con relación al techo de la casa, así como la disposición de los materiales, se ilustró en la Figura 2. Para colectar el agua de lluvia se instalaron canaletes alrededor del techo de la vivienda. Todas las viviendas poseían techos de teja, la cual fue ordenada en sus extremos inferiores para permitir la colocación de los canaletes. Los materiales del canaleta variaron entre lámina de zinc y madera (coyol). Se registraron datos relacionados con costos de los insumos, materiales y mano de obra utilizados en la construcción de las pilas recolectoras, ahorro de mano de obra en labores de acarreo de agua y utilización del agua almacenada.

Las dimensiones y capacidad de almacenamiento de las pilas construidas se presentan en el Cuadro 2. La capacidad de almacenamiento de las pilas varió de 1,03 m<sup>3</sup> (272 galones) a 4,40 m<sup>3</sup> (1.162 galones). Como se indicó anteriormente, los tamaños de las estructuras dependieron de las posibilidades económicas de los coejecutores y en cierta medida de sus necesidades de agua para diversos usos, en función del tamaño del grupo familiar; un coejecutor, por ejemplo, construyó dos pilas recolectoras para satisfacer su demanda de agua.

**Cuadro 2** Dimensiones y capacidad volumétrica de pilas de almacenamiento de agua. Orocuina, Honduras.

Código finca	Grupo familiar	Dimensiones internas (cm)			Capacidad	
		ancho	largo	altura	(m <sup>3</sup> )*	galones
1	6	124	217	137	3,69	975
2	6	123	194	150	3,58	946
3	6	129	202	160	4,17	1107
4	9	110	200	200	4,40	1162
5	5	91	117	97	1,03	272

\*1 m<sup>3</sup> = 1.000 litros.



### 3.1.1 Costos

Los costos de construcción de las pilas recolectoras se presentan en el Cuadro 3, e incluyen costo de los insumos como piedra, arena y grava (que podrían conseguirse sin necesidad de compra), así como de los insumos externos que se requieren comprar, tal como el cemento. También se incluye el costo de la mano de obra familiar o contratada. Evidentemente, solo la compra de insumos que no se pueden conseguir en o cerca de la finca y la mano de obra contratada significan una erogación de dinero por parte de la familia. También, y salvo la necesidad de conocimientos básicos de albañilería, la mano de obra contratada puede ser sustituida parcial o totalmente por mano de obra familiar. Evidentemente, a mayor el tamaño de la estructura mayores son los requerimientos de conocimiento sobre albañilería así como la necesidad de insumos externos como varilla de hierro y tubería para desagüe.

**Cuadro 3** Costos variables de construcción de pilas de almacenamiento de agua (costos en lempiras; 1 US\$ aprox. 5,5 Lps.; 1 jornal aproximadamente 1,8 US\$, 1992).

RUBRO (Lps.)	Código de fincas			
	1	2	4	5
<b>Mano de obra:</b>				
<i>familiar</i>	91,50	0,00	93,50	0,00
<i>contratada</i>	243,00	372,00	153,00	210,00
<b>Insumos</b>	507,00	399,50	315,00	310,00
<b>Reparaciones</b>	0,00	16,50	0,00	0,00
<b>Costo variable</b>	841,50	728,00	561,50	520,00
<b>Capacidad de la estructura (litros)</b>	3.690	3.580	4.400	1.500
<b>Costo variable/m<sup>3</sup> (Lps.)</b>	228,04	203,35	127,61	346,67
<b>Valor de depreciación anual</b>	50,49	43,68	33,69	31,20

En las fincas 2 y 5 no se utilizó mano de obra familiar para construir las pilas, pero sí lo hicieron las demás. Dependiendo del tamaño de la pila se notan incrementos en las necesidades de contratar mano de obra, los cuales variaron de Lps. 153,00 a Lps. 372,00, y se debe en gran medida a la contratación de mano de obra calificada. En un área en la cual los materiales se encuentren disponibles en la finca o cerca de ella el costo de las estructuras se reduciría considerablemente, ya que muchos de los gastos de mano de obra fueron por concepto de acarreo de materiales.

El costo de los insumos también varió en función del tamaño de la pila de Lps. 310,00 a Lps. 507,00. Solamente en la finca 2 se utilizaron algunos insumos provenientes de la misma (postes para el sostenimiento de los canaletes). La mayoría de los insumos utilizados por los coejecutores fueron externos; es decir, en las fincas donde se establecieron las estructuras no se encontraron los materiales necesarios, a excepción de la piedra y postes, aunque sí se corroboró su disponibilidad en la zona. Los costos variables totales de construcción de las pilas fluctuaron de Lps. 520,00 a Lps. 841,50. Aunque la información no es concluyente, se aprecia que el costo por metro cúbico es más elevado en el tanque más pequeño y menor en el de mayor tamaño, lo cual es esperable.

Solamente la estructura en la finca 2 requirió reparaciones ligeras, lo cual puede considerarse como gastos de mantenimiento. Los valores anuales de la depreciación variaron de Lps. 31,20 a Lps. 50,49 y fueron calculados usando el método de línea recta y estimando una vida útil de 15 años para cada pila y un valor de rescate del 10%.

### **3.1.2 Usos y beneficios**

La duración en días del agua captada en las pilas, de acuerdo al estudio, se atribuye a cuatro factores principalmente:

- a) tamaño de la pila
- b) número de miembros de la familia
- c) tamaño del hato ganadero
- d) usos adicionales que se le dé al agua almacenada

Los resultados se presentan en el Cuadro 4. El período de utilización del agua varió de 5 a 12 días en 1992, cuando las familias empezaban a hacer uso de las pilas. Sin embargo, los datos de 1993 indican que las mismas familias aprendieron a utilizar más racionalmente el agua de las pilas, resultando en una duración de hasta 40 días, lo cual indica que se puede reducir aproximadamente a 25 litros/persona/día el consumo de agua en verano. Durante la estación de lluvias las pilas se llenan totalmente de agua de ocho a nueve veces.

**Cuadro 4** Duración de agua almacenada, ahorro por acarreo y utilización de pilas de almacenamiento de agua, 1992.

Código finca	Grupo familiar	Número de animales	Capacidad (m <sup>3</sup> )	Duración (días)			Consumo 1992		Consumo 1993	
				1992	1993		litros/día	litros/persona/día	litros/persona/día	
					invierno	verano			invierno	verano
1	6	6	3,69	10	15	13	369	61,5	41,0	47,3
2	6	22	3,58	8	15	40	448	74,7	39,8	14,9
4	9	4	4,40	12	15	22	367	40,8	32,6	22,2
5	5	0	1,03	5	nd	nd	206	41,2	nd	nd

En el Cuadro 5 se aprecia que los usos que la familia da al agua almacenada en las pilas recolectoras es muy diverso. Todos los coejecutores y sus familias indicaron estar utilizando el agua para lavado de ropa (35%), aseo personal (24%), uso doméstico en la cocina (21%), consumo animal (11%) y riego suplementario (4%) especialmente de pequeños huertos hortícolas. Los coejecutores 1 y 5 no usaron la pila para irrigación y este último tampoco la utilizó para consumo del ganado por poseer otras fuentes de agua dentro de su finca para esos propósitos. Se estimó apenas un 5% de pérdida debido a infiltración y evaporación.

**Cuadro 5** Porcentajes estimados, según reporte de usos diversos del agua almacenada en las pilas de almacenamiento de agua.

Usos	Código de fincas				
	1	2	4	5	Promedio
Lavado de ropa	40	30	35	35	35
Aseo personal	25	20	25	25	24
Otros usos domésticos	15	15	20	35	21
Consumo animal	15	20	10	0	11
Riego suplementario	0	10	5	0	4
Pérdida (estimada)	5	5	5	5	5

Además de los diversos usos que la familia da a las pilas de captación de agua, se destaca un beneficio económico adicional, representado por el ingreso neto o ahorro de dinero al interior de la finca, durante el período de utilización (duración) del agua, tal como se indica en el Cuadro 6. Nótese que éste varía

de Lps. 25 a Lps. 312 por cada evento de uso de la pila calculado en base a la duración del agua captada (según datos de 1992), y es en otras palabras la suma de dinero que la familia ahorra al reducir o eliminar la contratación de mano de obra para acarreo de agua o, por otro lado, representa una liberación de mano de obra dentro de la finca, especialmente de niños, la cual puede ser aprovechada para realizar otras actividades productivas. En total, por año, se estima que el ahorro en mano de obra de recolección de agua (asumiendo que tuviese un costo de oportunidad), va de Lps. 200 a más de Lps. 2.000.

**Cuadro 6** Presupuestos parciales, costos en ingresos por ahorro en mano de obra por acarreo de agua.

Descripción	Código de Fincas			
	1	2	4	5
Duración del agua captada (días)	10	8	12	5
Mano de obra por acarreo de agua (Lps./día)	19,00	39,00	12,71	5,00
Ahorro bruto (Lps.) por cada uso	190,00	312,00	152,52	25,00
Veces de uso de la pila/año (estimado)	8	8	8	8
Ahorro en mano de obra/año (Lps.)	1.520,00	2.496,00	1.220,00	200,00

La calidad del agua almacenada en las pilas no se evaluó excepto por apreciación, y es alta; sin embargo, en algunas se observaron larvas de zancudos porque no se había construido la cubierta protectora, la cual es necesaria.

### 3.1.3 Otras consideraciones

Después de más de un año de uso, todos los coejecutores manifiestan estar muy satisfechos con los beneficios de las pilas, las cuales siguen utilizando y además existe interés en ampliar la capacidad o número de pilas en la finca. El único problema que se presentó hasta el momento con una de las estructuras fue de filtración hacia adentro de las paredes de la casa; sin embargo, ello fue debido a deficiencias en el pulido de las paredes, situación que se superó haciendo un nuevo pulido, cuyo costo fue de únicamente Lps. 16,50.

Respecto a otros criterios de la validación de una tecnología (Radulovich y Karremans, 1993), la tecnología es de gran aceptación pues, tras una breve explicación, los cinco coejecutores decidieron implementarla, costeados ellos

totalmente todos los gastos. Durante la implementación se brindó asesoría gratuita. La adopción de la tecnología es muy alta, pues tras más de un año de uso no solo continúan las pilas en uso sino que los productores desean ampliarlas o aumentar su número (uno lo hizo por su iniciativa en 1992).

Sobre la difusión de la tecnología, durante 1993 se implementaron tres sistemas similares en fincas de la vecindad, por propia iniciativa de los vecinos. Otros cinco vecinos han indicado que implementarán sistemas similares en la estación seca de 1993-94. A pesar de este relativamente alto grado de difusión espontánea, la difusión facilitada podría acelerar enormemente el proceso de adopción masiva de esta tan necesitada y simple tecnología.

### **3.2 Reservorios de concreto**

Mediante la asesoría de W. Santos (1992), se construyó un reservorio de concreto en la finca de un productor asociado al Proyecto Agrosilvopastoril, en la comunidad de Llano Largo, municipio de La Trinidad, Nicaragua. En esta zona la población hace uso de agua almacenada por escorrentía superficial en lagunas cavadas manualmente, la cual es a veces consumida sin ningún tratamiento previo.

En esta comunidad, en muchos casos, el agua es acarreada desde 4 km de distancia. Por cada viaje se abastecen como máximo 15 galones permitiendo estimar el consumo mínimo en 7,5 litros diarios por persona (Santos, 1992).

La precipitación promedio anual donde se ubicó el reservorio de concreto es de 800 mm, el área de captación de agua de lluvia corresponde a 108 m<sup>2</sup> de superficie techada de la casa. El reservorio de concreto que se construyó, para investigar la tecnología en la región, es una pila rectangular de 4 m de ancho, 9 m de largo y 1 m de profundidad, para un volumen total de 36 m<sup>3</sup> con las siguientes estructuras:

- Muro para piso de arena, cemento, pedrín (piedra triturada) y bolón (piedra procedente de ríos).
- Paredes (arena, cemento, hierro 1/4' y ladrillos de barro).
- Vigas y columnas (arena, cemento, pedrín, hierro de 3/8' y 1/4' y alambre de amarre).
- Piso o loza (arena, cemento, hierro 3/8' y 1/4' y alambre de amarre).
- Repello (arena y cemento).

- Afinado (arena y cemento).
- Filtros interno y externo (arena, piedrín, carbón vegetal, cemento y ladrillo de barro, instalados en la entrada de agua al tanque y a la salida).
- Canales (de madera, zinc o tubos para riego).

El reservorio de concreto fue techado con forraje seco, aunque posteriormente se techará con zinc o teja de barro, para usarlo para captación, ampliando el área de captación en 36 m<sup>2</sup>. Así, con un área de captación de 144 m<sup>2</sup>, se consideró que un tanque de 36 m<sup>3</sup> no está sobredimensionado, al menos para los años con lluvia normal o superior (ver 2.5).

En el seguimiento de la validación de esta tecnología, se registraron datos relacionados con costos de mano de obra e insumos, capacidad de almacenamiento y utilización del reservorio.

### **3.2.1 Costos**

Debido a que representa la primera experiencia en este tipo de obras, hubo exigencia por el coejecutor para asegurar la estructura, mediante el uso de lozas sobredimensionadas (una base fuerte de hierro, cemento, arena y piedra); como consecuencia, los costos se incrementaron y fueron asumidos por el coejecutor, quien recibió financiamiento externo al Proyecto. El costo total incluyendo materiales, mano de obra y transporte de materiales fue de C\$ 5.470,00<sup>1</sup>. En el Cuadro 7 se detallan cantidades de materiales y costos del reservorio de concreto.

---

<sup>1</sup>C. 5.00 = US 1.00, 1992.

**Cuadro 7 Presupuesto para un reservorio de concreto con capacidad de 36 m<sup>3</sup> con arranque y lozas de concreto con hierro.**  
**Proyecto Agrosilvopastoril MAG/CATIE/ACDI, Estell, Nicaragua, 1992.**

N°	Descripción estructuras	Arena (m <sup>3</sup> )	Piedrín (m <sup>3</sup> )	Carbón vegetal (lb)	Cemento (qq)	Hierro varilla 3/8"	Hierro varilla 1/4"	Ladrillo barro (Unid.)	Bolón (m <sup>3</sup> )	Alambre (lb)	Zinc liso (lámina)
1	Muro de loza	2,40	2,00	-	12,00	-	-	-	2,50	-	-
2	Paredes	1,20	-	-	9,50	-	12,00	1,350,00	-	-	-
3	Vigas/columnas	1,80	0,50	-	15,00	30,00	10,00	-	-	3,00	-
4	Piso (loza)	3,20	-	-	23,00	20,00	28,00	-	-	3,00	-
5	Repello	1,00	-	-	5,00	-	-	-	-	-	-
6	Afinado	0,40	-	-	2,00	-	-	-	-	-	-
7	Filtros	0,02	0,05	40,00	0,10	-	-	50,00	-	-	-
8	Canales	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8,00
	<b>Total material</b>	<b>10,02</b>	<b>2,55</b>	<b>40,00</b>	<b>66,60</b>	<b>50,00</b>	<b>50,00</b>	<b>1,400,00</b>	<b>2,50</b>	<b>6,00</b>	<b>8,00</b>
	<b>Costo Unitario C\$</b>	<b>50,00</b>	<b>50,00</b>	<b>1,00</b>	<b>20,00</b>	<b>10,00</b>	<b>60,00</b>	<b>0,30</b>	<b>30,00</b>	<b>3,50</b>	<b>30,00</b>
	<b>Costo total/material</b>	<b>501,00</b>	<b>127,50</b>	<b>40,00</b>	<b>1,330,20</b>	<b>500,00</b>	<b>300,00</b>	<b>420,00</b>	<b>75,00</b>	<b>21,00</b>	<b>240,00</b>

Total material C\$ 3.554,70  
 Mano de obra<sup>1</sup> 1.150,00  
 Transporte 450,00  
 Techo cisterna 300,00

Gran Total C\$ 5.474,70 (US\$1.090,94)

<sup>1</sup>Incluye jornaleros, acarreo y mano de obra especializada.

### **3.2.2 Usos**

El volumen almacenado durante las lluvias de postrera de 1992 fue de 4,54 m<sup>3</sup> ó 1.199 galones de agua (con área de captación de solo 108 m<sup>2</sup>), la cual fue utilizada por una familia de 5 miembros durante 3,7 meses (8,2 litros/persona/día), reduciendo el empleo de mano de obra (familiar o contratada) en 170 jornales para acarreo de agua, lo cual representa un ahorro de C\$ 1.021,00 durante el período de aprovechamiento del agua de la pila (asumiendo la existencia de un costo de oportunidad para dicha mano de obra).

El agua almacenada fue usada para el consumo humano y labores de cocina. Se usó un promedio de 40 litros por día durante 3,7 meses, aun habiendo captado solamente 4,54 m<sup>3</sup> en el reservorio.

En 1993, a pesar de la capacitación que se dio a la familia respecto al uso eficiente del agua almacenada y a que no se repararon algunas fugas, al 30 de noviembre se contaba con un volumen de agua almacenada de 14,5 m<sup>3</sup>. Asumiendo pérdidas normales de un 10%, 13.000 litros de agua a 75 litros/familia/día (casi el doble de lo que se consumió durante la estación seca 1992-93) alcanzarán para 173,3 días, prácticamente lo requerido durante la estación seca. Sin embargo, estos resultados enfatizan la necesidad de capacitar bien a las familias sobre el uso del agua y la necesidad de reparar los tanques cuando hay fugas evidentes.

### **3.2.3 Análisis de agua**

Durante el mes de diciembre, 1992 y enero, 1993 se hicieron los análisis bacteriológicos y físico-químicos del agua en el reservorio y después de filtrada<sup>1</sup>. Los análisis fueron realizados por el Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (INAA), Región I. En el Cuadro 8 se observa que las muestras de agua filtrada (provenientes del grifo) se encontraron libres de contaminación fecal, las cuales obviamente se eliminaron a través del filtro, pues las muestras no filtradas presentaron, aunque bajos, niveles de contaminación de coliformes fecales. Esta contaminación es normal por exponerse el agua al medio ambiente, lo cual puede evitarse con un mejor techo (el techo de paja construido deja amplias entradas para contaminación), sin embargo el agua filtrada se considera

---

<sup>1</sup>El filtro consistió de carbón en partículas gruesas.



apta para el consumo, pues cumple con las especificaciones de la OMS (Gutiérrez y Delgadillo, 1993).

**Cuadro 8** Características bacteriológicas y físicas de agua filtrada y no filtrada, proveniente de un reservorio de concreto. La Trinidad, Estelí, 1992<sup>1</sup>.

Parámetro	Tipo de Agua <sup>3</sup>	
	Filtrada	Sin filtrar
Temperatura (°C)	22	22
pH	8	8
Turbidez (unt.) <sup>2</sup>	L5	L5
Aspecto	Claro	MOS
Olor	Sin olor	Sin olor
Sabor	Sin sabor	Sin sabor
Cloro residual libre	0	0
Coliformes fecales en 100 ml de agua	0	11

<sup>1</sup>Análisis realizados por el Laboratorio de Calidad de Agua del Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados.

<sup>2</sup>La abreviatura unt. corresponde a Unidades Nefelométricas de Turbidez.

### 3.2.4 Otras consideraciones

Actualmente, más de un año después de construido el reservorio, la familia manifiesta plena satisfacción por la tecnología, pues para ellos representa la posibilidad de dedicar a otras actividades el tiempo destinado al acarreo de agua y contar con agua de calidad y relativamente abundante.

Respecto a la difusión de la tecnología, por ser esta forma de implementarla de alto costo, su difusión se logrará solamente con financiamiento. De hecho, con apoyo del MAG (Región I), se han construido otros tres sistemas similares en la Comunidad de Llano Largo, Municipio La Trinidad (Estelí), con tanques o reservorios de 24, 36 y 80 m<sup>3</sup>. En particular, para la construcción del tanque de 80 m<sup>3</sup> se utilizó piedra local en vez de ladrillo, lo cual bajó el costo de construcción de US\$ 20/m<sup>3</sup> a US\$ 13/m<sup>3</sup>, influyendo también probablemente un factor de economía de escala.

## **IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

- 1. La captación de agua por medio de techos y su almacenamiento es una tecnología de gran pertinencia y aceptación en el medio rural de bajos y medianos ingresos, particularmente en la región semiseca de Centroamérica. Su implementación cubre el rango desde tener la capacidad de almacenar algunos cientos de litros en estañones o recipientes para cubrir las necesidades de unos pocos días, hasta el poder captar y almacenar agua para cubrir las necesidades de una familia y otros usos durante todos los meses de la estación seca. Su implementación es factible también en zonas de mayor cantidad de lluvia, distribuida mejor a lo largo del año, aunque en esas condiciones no sería necesario construir grandes estructuras de almacenamiento.**
- 2. La tecnología es de muy fácil implementación y su aplicación va desde diseños muy sencillos o rústicos hasta aquellas situaciones en que se construye un tanque de gran capacidad, que utiliza gran parte o toda el área de captación disponible. En estos últimos casos es crítico el realizar un adecuado ejercicio de dimensionamiento, para no incurrir en errores (sección 2.5). En la medida que el promotor o investigador de esta tecnología se familiarice con los procedimientos de cálculo y dimensionamiento, así aumentará su eficiencia y capacidad de innovar.**
- 3. Existen varias consideraciones respecto a la implementación y manejo de la tecnología que deben ser conocidas y adaptadas a las condiciones imperantes por toda persona o institución que desea transferirla; en particular resaltan las consideraciones sobre higiene y calidad de agua, críticas si se quieren lograr plenamente las mejorías en calidad de vida que se buscan.**
- 4. Aunque en el documento se presentan algunos de los beneficios económicos que reporta la tecnología (por ej. considerable reducción de mano de obra en acarreo de agua, alguna disponibilidad de agua para actividades productivas en el hogar), los beneficios de ésta son mayormente en el campo de elevar la calidad de vida de los individuos, lo cual es sumamente difícil de cuantificar aunque sus beneficios son múltiples e innegables.**
- 5. Hay varios aspectos de la implementación de la tecnología que requieren de investigación, aunque sea de manera empírica, sobre todo para abaratar los costos de construcción de los tanques de almacenamiento y para afinar la**

implementación de los filtros. Los resultados de estas investigaciones deben ser dados a conocer a la comunidad interesada, para evitar duplicación de esfuerzos y demoras en la implementación de alternativas viables.

6. La difusión espontánea de la tecnología se da al menos en aquellos casos en que la inversión es baja y la implementación es rústica (ver caso de pilas pequeñas, sección 3.1). Sin embargo, debido sobre todo a los detalles de un buen manejo, y para lograr una difusión más rápida, es conveniente que la tecnología sea difundida por organizaciones que cuentan con capacidad de asesorar y supervisar la implementación.

7. Sobre todo considerando el caso presentado para Honduras (3.1) y teniendo en mente que en sus aspectos más rústicos de implementación prácticamente no se requieren gastos, la tecnología tiene un rango de implementación en el cual los pequeños y medianos productores no requieren de ninguna ayuda económica para establecerla en sus casas. Esto es de suma importancia en el diseño de un plan de difusión masiva, pues el único costo es el de la extensión misma, necesario solamente mientras se establece la tecnología y se afianza su manejo. Para reducir los costos de la extensión, se recomienda utilizar dos sesiones grupales: una para explicación de la tecnología/observación de los beneficios y otra de construcción de un sistema. Es conveniente asesorar en el diseño y durante la construcción de cada sistema individual; esto puede realizarse dentro del esquema de sesiones grupales, o utilizando la modalidad de productores enlace o representantes agropecuarios (personas particularmente entrenadas con ese fin en cada comunidad, que brindan asesoría sin costo a sus vecinos), con el fin de abaratar los costos de extensión.

## **V. BIBLIOGRAFIA**

- Carmona, G. y R. Radulovich. 1988. Metodología de evaluación de veranillos y de siembra temprana como estrategia para minimizar sus efectos. Turrialba, 38:215-222.
- CATIE. 1983. Cultivos resistentes a sequía (FASE I) CATIE, Turrialba, Costa Rica. [informe interno].
- CATIE. 1994. Estufas ahorradoras de leña para el hogar rural: validación y construcción. Serie Técnica, Informe Técnico No. 216, CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- Gutiérrez, M. y A.J. Delgadillo. 1993. Informe de análisis físicos y químicos de agua. Laboratorio de control de calidad de agua. Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (INAA), Nicaragua.
- Hawkings, R. 1982. Reconocimiento de cultivos y sistemas de producción en Centroamérica. Documento presentado en el curso de adiestramiento en investigación sobre la eficiencia de los fertilizantes en el trópico. Escuela Agrícola Panamericana, Honduras.
- ICA. (s.f.). Almacenamiento de agua lluvia. Ref. 979-2, ICA, Servicio Nacional de Planos, Sección de Infraestructura, Colombia.
- IPGH. 1976. Atlas climatológico e hidrológico del Istmo Centroamericano. IPGH, Guatemala.
- Radulovich, R. y J. Karremans. 1993. Validación de tecnologías en sistemas agrícolas. Serie Técnica, Informe Técnico No. 212, CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- Sharma, P. 1990. Manual on soil conservation by agro-forestry methods, for the uplands of the Maribios Mountains of Nicaragua. IRENA/FAO, León, Nicaragua.
- Santos Walter Wil. 1992. Informe de asesoría técnica. Proyecto Agrosilvopastoril de Nicaragua, MAG/CATIE/ACDI. Nicaragua, 23 p.

- Ulate, E. y L. Muñoz. 1994. Situación alimentaria-nutricional de familias rurales del trópico semiseco de Centroamérica. Serie Técnica, Informe Técnico No. 217, CATIE, Turrialba, Costa Rica.**
- UNEP. 1983. Rain and stormwater harvesting in rural areas. Water Resources Series, Vol. 5, Tycooly International, Dublin.**
- UNESCO-ROSTLAC. 1991. Agua, vida y desarrollo. Manual de uso y conservación de agua en zonas rurales de América Latina y el Caribe. Tomo 3, Técnicas. UNESCO, ORCYT, Montevideo.**

## **PERSONAL DEL PROYECTO AGROSILVOPASTORIL-CATIE Año 1993 - 1994**

### **Costa Rica (sede)**

Ricardo Radulovich, Ph.D., Líder  
Jan A. J. Karremans, Drs., Antropólogo/Sociólogo  
Ana M. Castillo, M.Sc., Zootecnista  
Hetty Denen, Ir., Economista Agrícola  
Joost van Dijk, Ir., Analista de Sistemas  
Miguel Madrigal, Oficial Administrativo  
Wagner Hernández, Dipl., Operador de Cómputo  
Rosa Elena Chacón, Dipl., Operadora de Cómputo  
Ingrid Salazar, Digitadora  
Lilliam Mena, Secretaria Ejecutiva  
Marisol Cedeño, Secretaria Ejecutiva  
Patricia Morales, Secretaria Ejecutiva

### **Nicaragua:**

Orlando Moncada, M.Sc., Coordinador Nacional  
Juan A. Rivera, M.Sc., Asistente Técnico  
Jazmina Ruiz, Lic., Asistente Técnico  
Lesbia Tórrez, Lic., Secretaria

### **Honduras:**

Roduel Rodríguez, Ph.D., Coordinador Nacional  
Mauro Tejada, M.Sc., Asistente Técnico  
Rosemary Nasser, Ing. Agrónomo, Asistente Técnico  
Marla Meléndez, Lic., Digitadora/Análisis  
Iris Valladares, Secretaria

### **El Salvador:**

Héctor Medrano, Ph.D., Coordinador Nacional  
Jorge Mercado, M.Sc., Asistente Técnico<sup>1</sup>  
Cecilia Velasco, M.Sc., Asistente Técnico/Economista Agrícola  
Reina Moreira, Lic., Asistente Técnico  
Maritza Velasco, Dipl., Digitadora  
Patricia Hasbún, Secretaria

---

<sup>1</sup>Coordinador Nacional a partir de octubre, 1993.

**Guatemala:**

**Carlos Heer, M.Sc., Coordinador Nacional**

**Claudia Velásquez, Lic., Asistente Técnico<sup>2</sup>**

**Manuel Estrada, Lic., Asistente Técnico**

**Iris Chavarría, Secretaria**

**Betzi Rodríguez, Dipl., Digitadora**

---

<sup>2</sup>Coordinadora Nacional a partir de julio, 1993.