



GUÍA
INTRODUCTORIA
PARA LA COLECTA
DE AGUA PLUVIAL
EN AMBOS NOGALES

Guía introductoria para la colecta de agua pluvial en ambos Nogales.

Escrito Por:

Lyssa D. Goins
Departamento de Suelo, Agua, y Ciencias Ambientales
Centro de Investigaciones en Antropología Aplicada
Universidad de Arizona

Traducido Por:

Eda Saynes-Vasquez
Centro de Investigaciones en Antropología Aplicada
Universidad de Arizona

Gracias a Dr. Jim Riley, Melanie Maguire, y Dee Walters

Mayo 2002

Fondos para este proyecto son de Socios Fronterizos en Acción/CONAHEC– Consorcio para la Colaboración de la Educación Superior en América del Norte, Universidad de Arizona-Tucson, con el apoyo financiero generoso de la Fundación Ford, de la Fundación de William y Flora Hewlett, y de la Fundación Nacional de Ciencias.

INDICE

1.0 INTRODUCCION	1-4
1.1 ¿Qué Es la Colección de Agua Pluvial?	2
1.2 Principios para la Colección de Agua Pluvial	3-4
<i>1.2.1 Manejo del agua en la superficie de la vertiente</i>	3
<i>1.2.2 Creación de múltiples microdiques</i>	3
<i>1.2.3 Colección, disminución de la velocidad e infiltración de agua</i>	4
<i>1.2.4 Cómo prepararse para inundaciones</i>	4
<i>1.2.5 Abono para evitar la evaporación</i>	4
<i>1.2.6 Cómo aprovechar el agua colectada</i>	4
<i>1.2.7 Observar y ajustar los sistemas conforme se necesite</i>	4
2.0 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE COLECCIÓN DE AGUA	5-13
2.1 Elaboración de un Plano del Sitio	5
2.2 Cálculo de la Posible Cantidad de Agua de las Áreas de Colección	5-8
<i>2.2.1 Precipitación pluvial</i>	5-6
<i>2.2.2 Factor de conversión de 7.48 gal/pie³</i>	6
<i>2.2.3 Área de colección</i>	6
<i>2.2.4 Coeficiente de la afluencia de agua</i>	7
<i>2.2.5 Ejemplo de cálculos</i>	8
2.3 Ubicación de la planta y agua que se requiere	8
2.4 Reencauzar, disminuir la velocidad e infiltrar agua	8-10
<i>2.4.1 Construcción de vertederos</i>	9
<i>2.4.2 Construcción de diques superficiales</i>	9
<i>2.4.3 Construcción de bermas</i>	9
<i>2.4.4 Construcción de terrenos pantanosos</i>	9
<i>2.4.5 Construcción de drenes franceses</i>	10
2.5 Abono	10
2.6 Colección y almacenamiento de agua pluvial	11-13
<i>2.6.1 Afluencia del agua en el techo</i>	11
<i>2.6.2 Tinaco</i>	11-13
2.7 Observar y ajustar los sistemas	13
APÉNDICE A	14
REFERENCIAS	15

FIGURAS

Figura 1	Diagrama de agricultura de aprovechamiento de planos inclinados	1
Figura 2a	Restos de una cisterna maya en la península de Yucatán, México	1
Figura 2b	Vista transversal de una cisterna maya	1
Figura 3	Tinaco de colección de agua pluvial, península de Yucatán (fotografía)	2
Figura 4	Área de colección (fotografía)	3
Figura 5	Microdique (fotografía)	3
Figura 6	Cisterna de acero (fotografía)	3
Figura 7	Canal (fotografía)	4
Figura 8	Área de colección de agua en el techo (dibujo)	6
Figura 9	Afluencia del agua pluvial (fotografía)	7
Figura 10	Canal (fotografía)	9
Figura 11	Dique de poca profundidad (fotografía)	9
Figura 12	Berma (fotografía)	9
Figura 13	Construcción de un terreno pantanoso (fotografía)	10
Figura 14	Dren francés (fotografía)	10
Figura 15	Tubo de descarga (fotografía)	11

Figuras (continuado)

Figura 16	Salido de tubo de descarga (fotografía)	11
Figura 17	Planos del diseño de una cisterna	12
Figura 18	Manguera adaptada a la tubería de la cisterna (fotografía)	12
Figura 19	Cisterna de acero (fotografía)	13

TABLAS

Tabla 1	Porcentaje de precipitación pluvial en Nogales	6
Tabla 2	Coefficiente de la afluencia de agua pluvial	7

1.0 INTRODUCCIÓN

Varias civilizaciones antiguas utilizaron de manera efectiva métodos para encauzar, coleccionar y almacenar las aguas pluviales para consumo doméstico y para irrigación. Se cree que la técnica de colección de agua se desarrolló en el antiguo Irak hace 4000 ó 6000 años (1). La agricultura de aprovechamiento de planos inclinados, cuya irrigación se realizaba con la colecta de aguas pluviales a través de canales en las laderas (ver figura 1), era muy común entre varias civilizaciones que moraban en áreas desérticas. Los agricultores del desierto de Negev en Israel encauzaban el agua desde montañas para irrigar sus cultivos hace unos 4000 años (2). Existen indicaciones que hace 500 años los indígenas del suroeste americano también aplicaron técnicas de colecta de agua para irrigar sus cultivos (3).

Los investigadores han descubierto que antes de la llegada de los europeos la agricultura de aprovechamiento de planos inclinados era practicada por grupos indígenas en regiones semi-áridas (4). El maíz se sembraba en los sedimentos acumulados por la caída de agua. En este periodo la agricultura fértil se extendió en las zonas semi-áridas, más de lo que ahora se conoce. Estas condiciones no se atribuyen a condiciones climáticas más favorables, sino al uso de colección de agua pluvial y técnicas de conservación (5). Antes de la conquista de los españoles, en la península de Yucatán, México se construían cisternas bajo el suelo con el fin de almacenar agua pluvial (ver figura 2a). Un área de colección hecha por el hombre encauzaba el torrente de agua hacia una cisterna construida bajo la piedra caliza (6, ver figura 2 b).



Figura 1
Diagrama de agricultura de aprovechamiento de planos inclinados

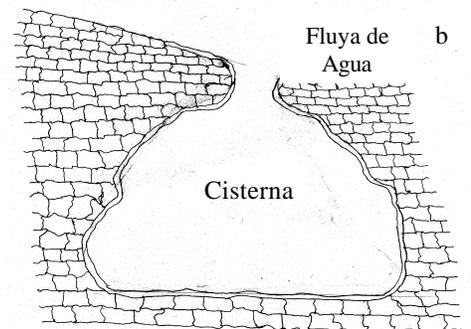


Figura 2
a) Restos de una cisterna maya en la península de Yucatán, México
b) Vista transversal de una cisterna maya

Actualmente, especialmente en las ciudades grandes de México, no es muy frecuente observar métodos tradicionales de colección de aguas pluviales (ver figura 3). Quizás debido a que la migración de la población de zonas rurales a zonas urbanas, estos métodos no eran utilizados porque los municipios proporcionaban agua a los residentes. Conforme los municipios fueron creciendo, crecía también la capacidad de proporcionar más agua a las poblaciones alejadas de los centros urbanos. Debido a la fácil disponibilidad de agua, la gente olvidó o abandonó las viejas tradiciones de coleccionar aguas pluviales. Sin embargo, actualmente existe un renovado interés en la colección de aguas pluviales en los Estados Unidos. La creciente preocupación sobre la provisión de agua para satisfacer a la población ha obligado a reconsiderar las formas tradicionales de colección y conservación del agua.



Figura 3
Tinaco de colección de agua pluvial, península de Yucatán

En el pasado, el agua pluvial colectada era fuente de agua potable. Sin embargo, debido al incremento de contaminantes atmosféricos solubles en el agua, el agua pluvial debe ser tratada cuidadosamente antes de beberla. Se pueden instalar sistemas de filtros a los almacenes de agua para mejorar la calidad de agua; sin embargo esas técnicas van más allá de los fines de esta guía. Esta guía ha sido desarrollada para proporcionar una breve historia acerca de la colección de agua pluvial y explicar algunos principios básicos sobre la colección de agua. La guía será de utilidad para desarrollar algunos diseños sencillos tanto activos como pasivos para encauzar, coleccionar y almacenar el agua para complementar la irrigación.

1.1 ¿Qué es la colección de agua pluvial?

La colección de agua pluvial es el proceso de desviar, coleccionar y almacenar el torrente de agua pluvial que corre en la superficie del suelo y el uso de esta agua con fines benéficos. Los sistemas de colección de agua pueden ser activos y pasivos. Los sistemas pasivos son simples modificaciones del entorno que utiliza la gravedad para encauzar el agua pluvial. Necesitan una atención mínima y encauzan inmediatamente el agua hacia el área donde se necesite. Los sistemas activos no sólo encauzan el agua pluvial, también coleccionan y almacenan temporalmente el agua coleccionada. Estos sistemas requieren mantenimiento adicional y una participación

activa después de una lluvia y para aplicar el agua colectada. Cualquiera de estos sistemas o la combinación de ambos es muy simple de instalar si se siguen ciertos principios y si se diseñan cuidadosamente.

1.2 Principios para la colección de agua pluvial

Manejar el torrente del agua pluvial en el suelo podrá parecer imposible al principio, pero si se siguen simples pasos, el proceso es relativamente simple. De acuerdo con el Gremio de Maestros de Permacultura de Sonora, existen 7 principios para la colección de agua pluvial (7).



Figura 4
Área de colección

1.2.1 Manejo del agua de la superficie de la vertiente

Para coleccionar el agua de manera eficiente, hay que examinar la topografía del sitio para ver cómo corre el agua en toda la superficie del área. Identificando las áreas de colección y manejando el agua en los puntos más altos de la vertiente ayudará a prevenir la erosión y a reducir la necesidad de controlar grandes volúmenes de agua en las zonas bajas de la propiedad.



Figura 5
Microdique

1.2.2 Creación de múltiples microdiques

Los microdiques son pequeñas depresiones cóncavas en el suelo en donde se captura agua pluvial, permitiendo su captura para que escurra y penetre en el suelo. Estos incluyen diques superficiales, diques berma, terrenos pantanosos y drenes franceses o gabiones (ver la sección 2.4 Reencauzar, disminuir la velocidad e infiltrar agua, página 8 para conocer más acerca de estos tipos de microdiques)



Figura 6
Cisterna de acero

¹Gabiones son usados para desviar volúmenes largos de agua. Esta guía no se habla de la construcción de los gabiones.

1.2.3 Colectar, disminuir la velocidad e infiltrar agua

El lugar más económico para almacenar el agua es el suelo. Al permitir que el agua fluya lentamente en un área lo más extensa posible, incrementa la cantidad de filtración y reduce la erosión. El agua de los techos puede colectarse y ser desviado con canales de tejados o tubos de descarga. El agua pluvial colectada de los techos también puede ser dirigida a una cisterna y almacenarla para utilizarla posteriormente.

1.2.4 Prepararse para los desbordamientos

Todos los sistemas de colección de agua pluvial deben estar diseñados para que el agua se desborde o fluya cuando haya exceso de ésta. Las lluvias intensas pueden causar que los sistemas se llenen de prisa. Por ello se deben construir vertederos en las áreas con bermas que permita el cauce del agua. Se deben instalar mecanismos para el desagüe y mantenerlos de manera regular.



Figura 7
Canal

1.2.5 Abono para reducir la evaporación

Los suelos poseen distintas capacidades retentivas, no obstante, la evaporación puede reducir la cantidad de agua que pueda ser colectada y almacenada en el suelo. Colocando gruesas capas de abono sobre el suelo se disminuye la evaporación. El abono puede ser tanto orgánico como inorgánico.

1.2.6 Cómo aprovechar el agua colectada

Los suelos bien abonados incrementan la disponibilidad de agua para sembrar durante o después de las lluvias. El agua almacenada en tinacos o cisternas puede ser utilizada cuando otras fuentes de agua no están al alcance.

1.2.7 Observar y ajustar los sistemas conforme se necesite

Se debe observar cuidadosamente cómo está funcionando el sistema, sea éste activo o pasivo. Los diques pueden necesitar expandirse para permitir que las plantas crezcan y se pueden agregar más tinacos para capturar más agua.

2.0 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE COLECCIÓN DE AGUA

El aspecto más crítico de la colección de agua es la planeación. Los sistemas de colección de agua eficientes se construyen solamente después de haber observado la topografía de manera detenida y de haber considerado algunos factores para la planeación.

2.1 Elaboración de un plano del sitio

Haga un croquis del sitio (ver ejemplo en el apéndice A). Estudie la forma en que su terreno se inclina y regístrelo en su croquis. Identifique y anote las áreas de colección (techos, estacionamientos, aceras y suelos). Dibuje con líneas cómo corre el agua sobre su terreno. Cualquier indicación de erosión también debe ser registrado en su plano. Conociendo la topografía del sitio le ayudará a aprovechar las áreas por donde el agua se corre de manera natural, disminuyendo de esta forma esfuerzos para crear nuevos sistemas de colección.

2.2 Cálculo de la posible cantidad de agua de las áreas de colección

La cantidad de agua que puede ser obtenida con técnicas de colección de agua pluvial se calcula de la siguiente manera:

Posible cantidad =

(gal)

Precipitación pluvial x 7.48 x área de colección x Coeficiente de afluencia de agua

(pies) (gal/pies³) (pies²)

Precipitación pluvial x 264.2 x área de colección x Coeficiente de afluencia de agua

(m) (m²) (gal/m³)

2.2.1 Precipitación pluvial

El aspecto más importante en la colección de agua es la cantidad de precipitación pluvial que se obtiene durante un año, la cual puede variar en el área de Nogales. En ese sentido, el valor del promedio mensual de precipitación pluvial es utilizado para calcular la cantidad de lluvia que pueda ocurrir en un mes. La tabla 1 enumera el promedio mensual de precipitación pluvial en Nogales, Arizona.

Tabla 1: Promedio Mensual de Precipitación en Nogales²

<u>Mes</u>	<u>Centímetros</u> (r e d o n d e a d o s)	<u>Pulgadas</u>	<u>Pies</u>
Enero	2.36	0.93	0.077
Febrero	2.25	0.88	0.074
Marzo	1.66	0.65	0.054
Abril	0.69	0.27	0.023
Mayo	0.31	0.12	0.010
Junio	1.15	0.45	0.038
Julio	11.04	4.35	0.36
Agosto	10.95	4.31	0.36
Septiembre	3.98	1.57	0.13
Octubre	2.09	0.82	0.069
Noviembre	1.59	0.63	0.052
Diciembre	3.43	1.35	0.113
Total	42.49	16.73	1.36

2.2.2 Factor de conversión: 7.48 gal/pie³

Para convertir la cantidad de agua pluvial colectada de metros cúbicos a galones, se utiliza el factor de conversión de 7.48 gal/pies³. Para convertir la cantidad de centímetros cúbicos a galones se utiliza 264.2 gal/m³.

2.2.3 Área de colección

Un área de colección es cualquier superficie que permita que el agua resbale, tales como techos, estacionamientos, aceras y suelos. La cantidad de agua que puede ser retenida depende del tamaño del área de colección y del material de la superficie. El área de colección de un techo puede ser calculada multiplicando el largo por el ancho del edificio.



Figura 8
Área de colección de agua en el techo
Largo x Ancho

² El autor no pudo encontrar información consistente sobre el clima de Nogales, México. El autor usó información climatológica de cuarenta años (1931-1972) de Nogales, Arizona para calcular la cantidad de agua lluvia. La información se tomó de la publicación Arizona Climate (referencia numero 8)

2.2.4 Coeficiente de la afluencia de agua

Se pueden coleccionar diferentes cantidades de agua en áreas específicas. Algunas superficies son más permeables al agua que otras. El agua se desliza inmediatamente en aquellas superficies que son impermeables. La cantidad de agua que corre de una superficie en particular puede también variar debido a la temperatura y la saturación de agua del material en cuestión. La afluencia en suelos y pastos no ocurre hasta que el índice de la afluencia de la precipitación pluvial excede el índice de infiltración del suelo. La tabla 2 enlista los coeficientes bajos y altos de afluencia de agua, incluyendo el porcentaje de agua que puede llegar a correr en cada superficie en especial. Los coeficientes bajos de afluencia de agua describen el porcentaje de afluencia de agua pluvial que pueden tener lugar después de condiciones secas. Los coeficientes altos de afluencia son utilizados cuando las superficies están saturadas.



Figura 9
Afluencia del agua pluvial

Tabla 2: Coeficiente de afluencia de agua (10)
Referencia: Harvesting Water for Landscape Use (9)

	Alto	Bajo	
Techo			
Metal, grava, asfalto, madera, fibra de vidrio, papel mineral	0.95	0.90	
Pavimento			
Concreto, asfalto	1.00	0.90	
Grava	0.70	0.25	
Suelo			
Plano	0.75	0.20	
Plano con vegetación		0.60	0.10
Césped			
Plano, tierra suelta	0.10	0.05	
Plano, suelo compacto	0.17	0.13	

2.2.5 Ejemplo de cálculos

Considerando que una casa tiene una superficie de 1,500 pies cuadrados (139.4 m²) con techo de madera, la cantidad aproximada de agua pluvial que se puede coleccionar con técnicas de colección de agua pluvial en un año en Nogales es:

$$1.36 \text{ pies} \times 7.48 \text{ (gal/pies}^3\text{)} \times 1,500 \text{ pie}^2 \times .90 = 13,733 \text{ galones.}$$

La posible cantidad de agua pluvial que se puede coleccionar en Nogales durante el mes de Julio es:

$$0.1104 \text{ m} \times 264.2 \text{ (gal/m}^3\text{)} \times 139.4 \text{ m}^2 \times .90 = 3,659 \text{ galones.}$$

2.3 Ubicación de la planta y cantidad de agua que requiere

Seleccione las plantas con base en la posible cantidad de agua que se va a coleccionar y almacenar, así como en la cantidad de agua que éstas necesitan durante todo el año. Las plantas jóvenes requieren más agua que las plantas adultas. Es por esto que se requiere más información sobre los diferentes tipos de vegetación que se sembrarán en el área, teniendo siempre en mente posibles construcciones en el futuro. Con el fin de crear sistemas eficientes de colección de agua, se debe determinar la cantidad de agua que se requiere para regar en su totalidad cada una de las áreas. Ello debe incluir el tipo de plantas, la edad de las mismas y el número de plantas que se van a plantar en el área en cuestión.

Estudie su croquis y designe las áreas de siembra donde el agua fluya de manera natural. Las plantas que necesitan mayor cantidad de agua deben colocarse en microdiques o cerca de las áreas de colección (por ejemplo cerca de los edificios, en las áreas de estacionamiento y aceras). Seleccione las plantas con base en la cantidad de agua que reciben de manera natural y siembre plantas que requieran cantidades similares de agua. Plante especies resistentes a las sequías en las áreas alejadas al sistema de colección. Usar vegetación nativa también ayuda a conservar el agua. Para mayor información sobre la vegetación nativa, consulte La guía para la vegetación nativa de Nogales, Sonora.

2.4 Desviar, disminuir la velocidad e infiltrar agua

Si hay rastros de erosión, se debe atender inmediatamente. Se recomienda desviar el agua con vertederos, bermas, terrenos pantanosos o drenes franceses. Utilice la topografía natural del terreno colocando microdiques en los lugares donde corra el agua.

NOTA: Localice siempre las tuberías antes de escarbar en el terreno.

2.4.1 Construcción de vertederos

Los vertederos, (ver figura 10) sacan el agua de las áreas donde no se necesitan, a lugares donde más se requiera. Para construir un vertedero, retire la tierra de un área con insuficiente drenaje. Compacte el suelo, y coloque rocas de río en la zona excavada para evitar la erosión. Revise la estabilidad de la estructura después de una lluvia. Haga ajustes conforme sea necesario.



Figura 10
Canal

2.4.2 Construcción de diques superficiales

Los diques superficiales (ver figura 11) son sencillas de construir. Se hacen sacando algunas pulgadas de tierra con una pala, y creando así una depresión en el suelo en donde el agua pueda ser colectada, drenada e infiltrada paulatinamente. Distribuya abono orgánico en el dique para incrementar el nivel de retención de agua. Al colocar piedras de río en el extremo inferior del dique no solo ayudará a retener el agua, sino que también le agrega estética.



Figura 11
Dique de poca profundidad

2.4.3 Construcción de bermas

Las bermas se construyen primero haciendo un dique inclinado. La tierra que se saca de canal hecho es colocada al final de la inclinación en el extremo del dique, generalmente en semicírculo. A parte elevada, la berma propiamente dicha, se compacta para prevenir la erosión. Si el agua que fluye es moderada, agregue un vertedero de roca a la berma y encauce el agua hacia otro microdique. Colocando abono en el dique evita que el agua fluya con rapidez, proporcionando de esta forma más agua para las plantas. Después de una lluvia intensa revise el área para detectar problemas de derramamiento.



Figura 12
Berma

2.4.4 Construcción de terrenos pantanosos

Los terrenos pantanosos (ver figura 13) son áreas inclinadas ligeramente acanaladas que se utilizan para controlar el agua en espacios grandes de colección. Pueden construirse cerca o junto a aceras o banquetas, patios, y caminos elevados. Incline ligeramente el terreno desde la zona de colección hacia abajo y coloque una berma al otro extremo creando de esta forma un pequeño valle que permita la infiltración del agua. Asegúrese de que la inclinación sea gradual para evitar accidentes.

Instalar una cerca alrededor evita mayores problemas y proporciona mayor protección. Al igual que en los anteriores ejemplos, revise el área después de una lluvia para detectar problemas de derramamiento y agregue vertederos si se observa erosión.



Figura 13
Construcción de un terreno pantanoso

2.4.5 Construcción de drenes franceses

Los drenes franceses (ver figura 14) son depresiones en la tierra rellenas de piedras que retienen momentáneamente cantidades moderadas de agua. Coloque el dren por lo menos 6 pies alejado de cualquier edificio o estructura para evitar que el agua dañe los cimientos (8).

El agua de los tubos de descarga (ver la sección de colección y almacenamiento de agua pluvial) puede ser encauzada con tubos y liberada en los drenes franceses con tubos perforados. Para usar esta agua, colocar plantas cerca del área donde se ubican los drenes franceses. Se debe colectar la basura de la superficie para evitar que se tape la tubería; las tuberías perforadas deben tener mantenimiento para evitar la concentración de calcio.



Figura 14
Dren francés

2.5 Abono

Los niveles de evaporación pueden llegar hasta 0.25 pulgadas diarias (5). Para reducir la evaporación, rellene los bacías entre 3 y 6 pulgadas de abono (9). El abono orgánico se utiliza en áreas en donde la velocidad del agua es relativamente baja. El abono orgánico incluye paja, briznas de madera, cortezas de árbol, y composta. Los abonos inorgánicos tales como piedras y

grava funcionan mejor en inclinaciones muy pronunciadas donde el agua se desliza rápidamente. Con el tiempo, los abonos orgánicos desaparecen, por lo que es conveniente aplicar más cubierta conforme se necesite. Hay que revisar las cubiertas orgánicas periódicamente para asegurarse de que no haya desgastado el área.

2.6 Colección y almacenamiento de agua pluvial

Se pueden instalar badenes y tubos de descarga (ver figura 15) en los techos con el fin de coleccionar y encauzar el agua pluvial. En un sistema pasivo, la tubería aleja el agua de los edificios (recuerde que son 6 pies alejados de los edificios). Se puede coleccionar una gran cantidad de agua del techo, en este sentido es necesario instalar tuberías perforadas con el fin de disminuir la velocidad del agua. Al encauzar el agua hacia un dren francés se permitirá que el agua se filtre lentamente en el suelo.



Figura 15
Tubo de Descargo

Un sistema activo de colección de agua pluvial incluye la colección y el almacenamiento del agua en un tinaco o cisterna para utilizar el agua posteriormente. Los tubos de descarga se conectan directamente a una cisterna o a una serie de cisternas. Los tinacos de almacenamiento pueden ser pequeños recipientes hasta grandes tinacos bajo el suelo. Esta guía describe solamente los tinacos externos de almacenamiento de agua.

2.6.1. Afluencia de agua en el techo

Mida el borde de su techo para saber qué tanto de material va a necesitar. Por cada 600 pies cuadrado de techo se necesita una toma de agua (ver figura 17). Los badenes que midan más de 20 pies requieren de un tubo de descarga en cada extremo del techo. Los deben ser por lo menos de 4 a 5 pulgadas de ancho (5). Cubra los badenes con alguna malla para evitar que caigan hojas que impida el cauce del agua y el funcionamiento del sistema.



Figura 16
Salido de Tubo de Descargo

2.6.2 Tinaco

Los tinacos (ver figura 16) deben ser colocados por lo menos 6 pies alejados de los edificios y deben estar en una superficie firme que no esté en peligro de resbalarse o de hundirse

(9). Por razones de seguridad, se deben instalar aditamentos para evitar derrames. Instale una salida de agua de mayor capacidad que la toma de agua o del tubo de descargo. Un extremo del tubo de salida de agua queda aproximadamente dos pulgadas dentro del tinaco (7). El otro extremo del tubo sale del tinaco y debe ser encauzado a un drén francés o hacia cualquier otra área de drenaje. Si se instala un tinaco adicional el tubo de salida del tinaco que ya existe puede ser conectado al nuevo tinaco.

El tinaco necesita una tapadera para evitar que niños o animales caigan al interior. Al cubrir el tinaco también estaremos reduciendo la evaporación del agua y evitaremos que los mosquitos depositen sus huevos en el sistema. La tapadera debe tener dos aperturas: una para el tubo de descargo y la otra apertura para una entrada de aire (para equilibrar la diferencia de presión entre el aire y el agua). Además la tapadera no debe ser fija sino que debe quitarse y ponerse; de este modo permitirá la limpieza y el crecimiento de algas.



Figura 17
Planos del diseño de una cisterna

Existen dos métodos para obtener el agua de la cisterna. Se puede utilizar una cubeta para sacar el agua de la cisterna y ponerla en una regadera. Si se conecta una manguera al sistema, entonces se necesitará que se instale una toma de agua para esa manguera (ver figura 18). Sin embargo la presión del agua en la manguera será muy débil. Se puede utilizar la fuerza de gravedad para incrementar la presión del agua colocando el tinaco en una base de metal más alto que el suelo. El agua obtenida con el sistema **no es potable**. Coloque un anuncio en su sistema indicando que el agua no se debe tomar.



Figura 18
Manguera adaptada a la tubería de la cisterna

Existen tinacos de distintas formas y tamaños. La mayoría de los tinacos externos son de forma cilíndrica. El volumen de agua que pueden contener depende de su diámetro y tamaño. Para calcular la capacidad de almacenamiento en galones de una cisterna se utiliza la siguiente ecuación:

$$(p) \times (r)^2 \times (h) \times (7.48 \text{ gal/pies}^3)$$

$$(p) \times (r)^2 \times (h) \times (264.2 \text{ gal/pies}^2)$$

en donde r es el radio (la mitad del diámetro) de la cisterna en pies (o metros), h es la altura en pies (o metros), 7.48 es el factor de conversión al convertir pies cuadrados en galones y 264.2 es el factor de conversión de pies o metros cuadrados a galones. Si el diámetro de la cisterna es de 1 ½ pies y la altura es de 4 ¼ pies, entonces su capacidad de almacenamiento es:

$$(\pi) \times (1.5/2)^2 \times (4.25) \times (7.48 \text{ gal/pies}^2) = 56 \text{ galones.}$$

La capacidad de la mayoría de barriles y tambos es de 50 a 60 galones. Es posible comprar cisternas de acero (ver figura 19) de distintos tamaños, pero requieren una base de concreto sellada y su instalación es mucho más laboriosa.

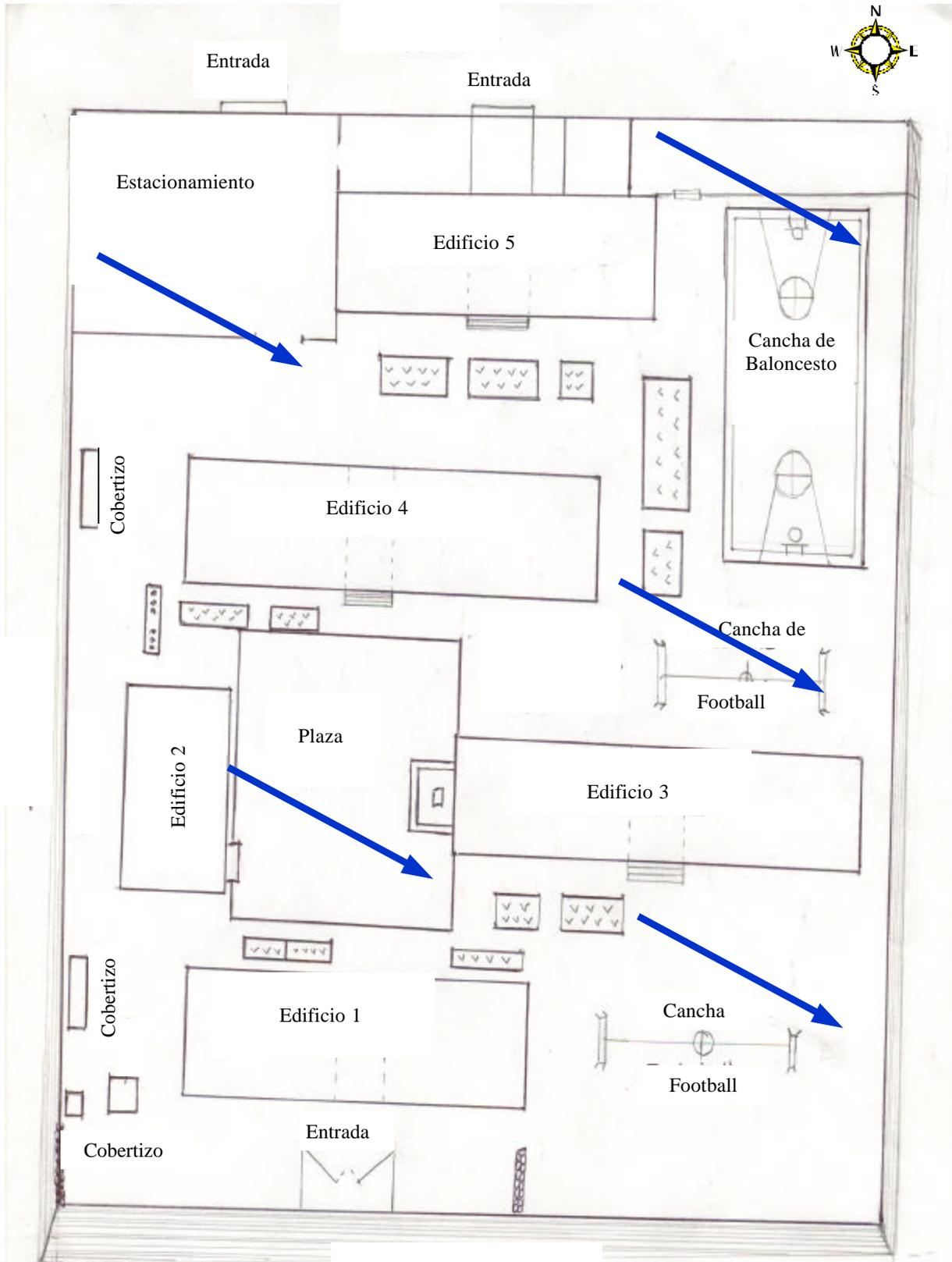
2.7 Observar y ajustar los sistemas

Después de un aguacero, siempre revise su sistema de colección de agua pluvial. Revise periódicamente sus microdiques para detectar erosión o posibles signos de desbordamiento. Asegúrese de que las bermas estén y agregue vertederos si es necesario. El agua almacenada en bacia no debe permanecer allí por más de 12 horas puesto que ello promovería la generación de mosquitos. Lo ideal es que el agua permanezca solamente 2 horas después de la lluvia (8). Esto permite que las plantas tomen agua sin que se les limite de oxígeno. Extienda los diques hacia las áreas donde el crecimiento de las plantas es limitado.



Figura 19
Cisterna de acero

Al llevar un registro del consumo del agua le ayudará a realizar ajustes que sean necesarios en su sistema de colección de agua pluvial. Ello también le permitirá determinar los beneficios financieros obtenidos con la instalación de sistemas de colección de agua pluvial. Si se instalan cisternas observe los niveles de agua del sistema en distintos periodos de año, y cuándo necesita regar su jardín con agua municipal. Expanda el sistema conforme sea necesario.



Mapa no es en proporción

Referencias

- (1) Hardan, A. 1975. Discussion: Session 1. En Proceedings of the Water Harvesting Symposium, Phoenix, Arizona, March 26-28, 1974. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service, ARS-W-22:6 (Ve referencia (5) Frasier)
- (2) Evenari, M.L., Shanaaanan, L., Tadmar, N., and Aharoni, Y. 1961. Ancient agriculture in the Negev. *Science* 133: 979-996. (Ve referencia (5) Frasier)
- (3) Woodbury, R. B. 1963. Indian adaptations to arid environments. *Aridity and Man*. Publication No. 74, American Association for the Advancement of Science, Washington, D.C. P. 55-85. (Ve referencia (5) Frasier)
- (4) Pacey, A. & Culis, A. (1986). *Rainwater Harvesting: The collection of rainfall and run-off in rural areas*. London: IT.
- (5) Frasier, G. W., & Myers, L. E. (1983). *Handbook of Water Harvesting*. U.S. Department of Agriculture, Agriculture Handbook No. 600. Washington, DC: U.S. Government Printing Office.
- (6) Gordillo, T., Gonzalez, E., and Gaona, S., 1982. History of Yucatán Cisterns. Rain Water Cistern Systems. Ve Fujimura (ed.) 1982. (Ve referencia (4) Pacey)
- (7) Sonoran Permaculture Teachers Guild. Hands-On Rainwater Harvesting. Workshop & Lecture notes. Mason Audubon Center. Tucson, Arizona. November 3, 2001.
- (8) Phillips, A. A., ed. *City of Tucson, Water Harvesting Guidance Manual*. Public Review Draft. City of Tucson, Department of Transportation, Stormwater Section. September 2001.
- (9) *Harvesting Rainwater for Landscape Use* [Brochure]. Cooperative Extension, College of Agriculture, The University of Arizona. September 1998.