



Grupo de Análisis: Captación y aprovechamiento de Agua de Lluvia

Acopio documental del Estado del Arte

KINKADE-LEVARIO, HEATHER. *Design for water, rainwater harvesting, stormwater catchment and alternate water reuse*. 2007. New Society Publishers. Canada

Con base en recomendaciones de la Coordinación Técnica de la Red del Agua UNAM, la presente investigación centra su atención en el estado del arte desarrollado en Canadá. La información obtenida se muestra a continuación.

La crisis hídrica que se vive en algunas zonas del planeta, en donde las fuentes de agua superficial y subterránea ya no son aptas para consumo humano, ya sea por contaminación y/o por escasez, ha hecho que se mire a la lluvia como una fuente obligatoria para abastecer a los poblados y a los edificios. Después de un periodo de olvido en donde la cosecha de agua estaba siendo menospreciada para abastecer edificios y asentamientos humanos, los conocimientos de ésta se están retomando y repensando para verla desde otra perspectiva.

Aunado al problema de escasez, existe el de las inundaciones, causadas por el exceso de escurrimientos torrenciales que saturan los drenajes urbanos. Los canales y ríos que llevan el agua en época de lluvias han incrementado su volumen debido al crecimiento de las ciudades. Esto se debe a que se han impermeabilizado las superficies que antes permeaban el agua hacia el subsuelo y a que se ha mezclado el drenaje de aguas pluviales con el de aguas negras; por lo tanto, ha aumentado la cantidad de ambas en los sistemas de drenaje.

Tomando en cuenta los problemas hídricos de las urbes se muestra una oportunidad. La cosecha de agua en la parte alta y baja de las cuencas protege la calidad y la cantidad de ésta, ya que reduce el exceso de escurrimientos urbanos, contaminación, erosión e inundaciones y al mismo tiempo se abastece a las comunidades. La lluvia es un tema que le concierne a todo aquel que quiera cambiar el paradigma que existe en las ciudades en cuanto abastecimiento de agua potable y control de inundaciones.

El agua que se utiliza para limpieza de edificios, excusados, jardinería, lavado de ropa, entre otras actividades, no necesita la calidad del agua que se utiliza para beber.



Debido a esto el agua de lluvia es una excelente opción para sustituir las acciones costosas que se aplican actualmente para obtener agua (tanto de la superficie como de los acuíferos en el subsuelo), y por otro lado abastecer esta agua a los seres humanos.

La cantidad de agua potable consumida por un negocio o nación para producir bienes y servicios es conocida como la huella hídrica (water footprint). Es indispensable minimizar nuestra huella hídrica como un acto de consciencia y de respeto hacia la naturaleza. El agua de lluvia ya era utilizada en la antigüedad en Madaba, Petra, Roma, y México. Captando el agua de los techos y en las plazas se abastecía parte del recurso que se requería en las ciudades y se disminuía la cantidad suministrada desde otras fuentes.

En la actualidad el ser humano obtiene el agua que requiere de fuentes secundarias como lo son los ríos, lagos y acuíferos subterráneos. Estas fuentes secundarias son alimentadas por la fuente primaria que es el agua de lluvia; recurso que ha sido desaprovechado. La cosecha de agua pluvial puede ser usada por el ser humano para riego en áreas rurales, uso doméstico en los hogares, en centros comerciales, escuelas, hospitales, industrias, universidades, etc. La idea principal es que se aproveche justo en el lugar donde cae.

Algunos beneficios de los sistemas de captación de agua de lluvia (SCALLs) son: proveer de una fuente de agua autosuficiente localizada cerca del usuario, se reduce el costo y la necesidad de bombear el agua del subsuelo, el agua de lluvia es baja en minerales y es de alta calidad, el agua cosechada de manera pasiva ayuda a realimentar los mantos acuíferos, mitiga los efectos de las inundaciones, es de menor costo, los sistemas SCALL son fáciles de construir, operar y mantener, ocasionalmente hay ventajas económicas como descuentos en los pagos de agua a la delegación.

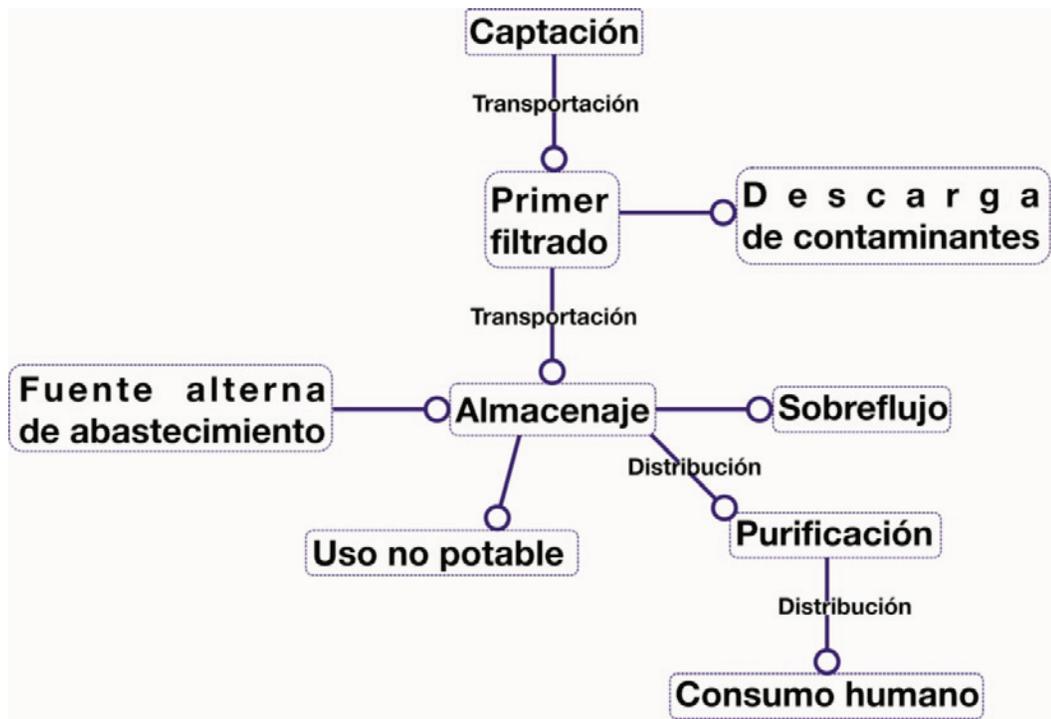
De acuerdo con Kinkade-Levario, los sistemas de cosecha de agua SCALL pueden ser clasificados como activos y pasivos. Los sistemas activos son aquellos que recolectan la lluvia, la filtran y la almacenan para reusarla. Una forma de identificar un sistema son los tanques y cisternas que se utilizan en éstos, además se utilizan partes que mueven el agua constantemente como bombas y filtros activos que en ocasiones requieren electricidad y mantenimiento para un correcto funcionamiento.

Los sistemas pasivos son aquellos que no tienen componentes mecánicos para recolectar, limpiar y recolectar el agua. La idea principal en estos sistemas es recolectar el



agua en zonas específicas en la topografía para que pueda ser absorbida por el suelo de forma natural. Esta forma de cosecha de agua es poco costosa y sencilla de diseñar y construir

Los componentes de un sistema SCALL son *Captación, Transportación, Filtración, Almacenaje, Distribución y Purificación*. El *Área de Captación* es la superficie en donde la lluvia cae, puede ser un techo o una superficie impermeable en el pavimento incluyendo alteraciones topográficas. El *Sistema de Transportación* son artefactos que llevan el agua desde la superficie de captación a la de almacenaje. El *Sistema de Filtrado* remueve contaminantes y basura antes de llegar al área de almacenaje. Posterior a esto, está el *Almacenaje* que puede ser mediante tanques y cisternas. Cuando es requerida el agua, la *Distribución* abastece mediante equipos de bombeo o bien por gravedad. Por último, el Sistema de *Purificación* destila, filtra y desinfecta.



“**Superficie de captación:** área de la superficie, comúnmente una azotea, donde el agua de lluvia es recibida y eventualmente recolectada.”



El agua de lluvia recolectada con fines no potables puede ser captada por una superficie de cualquier material. Por el contrario, los mejores materiales para recolectar agua para *uso potable* son el concreto y el barro. Para consumo humano no se deben de usar techos que contengan recubrimientos de zinc, cobre, asbestos o componentes de asfalto ni que hayan sido pintados con productos fabricados con plomo. Un recubrimiento aceptable para las superficies que van a captar agua para consumo humano es el *Raincoat 2000*. Producto aceptado por la “NSF” (National Sanitation Foundation, Canadá) para cosecha de agua para consumo humano.

Aunque las azoteas son las superficies más usadas para captación de agua pluvial, ésta también puede ser recolectada en patios, calles y avenidas, estacionamientos o depresiones en el paisaje. Debido a que el agua que se recolecta de patios o plazas a nivel de piso puede estar contaminada por aceites y solventes, debe ser purificada antes de distribuirla para consumo humano.

Un “rainbarn” (granero de lluvia) es una cubierta al aire libre diseñada con una superficie extensa con la finalidad de captar agua de lluvia. Este tipo de estructuras pueden servir como cubierta para un patio, una cochera, guardar paja o maquinaria de granjas; sirviendo así una doble función. Comúnmente una cisterna es albergada debajo de un “rainbarn”.

El agua de lluvia es ligeramente ácida, lo que significa que disolverá y acarreará minerales desde el área de captación al sistema de almacenaje. Es necesario realizar pruebas en el agua una vez colocada la superficie de captación para ver qué componentes tienen que ser removidos por el sistema de filtrado antes de ser almacenada.

La *dotación de una superficie* (endowment) significa la cantidad de agua capaz de ser recibida. A la cantidad de agua que puede ser efectivamente cosechada se le llama *potencial de cosecha*. Un máximo de 90% de una tormenta puede ser captada por un SCALL. La calidad del agua recolectada depende, en parte, de la textura del material utilizado para captar. El agua incrementa su calidad si la superficie está hecha con materiales más impermeables. La calidad del agua recolectada también es determinada por la frecuencia y el patrón de las lluvias. La duración de una tormenta, la cantidad de lluvia en esta y la frecuencia entre una y otra son factores que afectan la captación. Entre menos sea el tiempo entre una tormenta y la que sigue, más limpia estará la superficie de



captación. Lluvias más intensas y en grandes cantidades llevarán menos basura y contaminantes al primer filtro.

“**Sistema de transportación:** son los componentes que llevan el agua desde la superficie de captación al primer filtro y desde éste hacia el sistema de almacenaje.”

Un sistema de transportación está compuesto de canales, bajantes y/o cadenas. Los canales y las bajantes dirigen la lluvia desde la azotea hacia cisternas o tanques de almacenamiento. Las cadenas cuelgan de los canales y llevan el agua a lo largo de ellas, minimizando el salpicado. En la cosecha de agua éstas pueden ser utilizadas para llevar el agua a una zona del paisaje o cuando el agua que está siendo almacenada en tanques o cisternas subterráneas.

Los canales y las bajantes son de fácil obtención en casas de materiales. Estos también pueden estar específicamente diseñados para hacer juego con la fachada de un edificio y recolectar la máxima cantidad de agua pluvial. Los materiales de las canaletas y las bajantes varían desde diversos plásticos y acero galvanizado hasta aluminio, cobre y acero inoxidable.

Las formas de las canaletas deben ser cuadradas, rectangulares o semicirculares y por lo menos de 5 o 6 pulgadas de ancho. Una de las orillas del canal debe estar más alta que la orilla de la azotea y tener guardas para evitar el salpicado en los valles de una azotea. Las pendientes deben de ser de 1/16” a 1/4” por cada 10 pies de canal y ser instaladas de acuerdo a los manuales de colgantes y secciones de conexión (aproximadamente una abrazadera cada 30 pulgadas). Un material típicamente usado desde una bajante a una cisterna es un tubo de 3 a 4 pulgadas de tubería de PVC calibre 40 o el sistema más sensible al ambiente de ABS.

Para fines potables, únicamente la tubería de PVC es la adecuada, ya que sólo este tipo de tubería es fabricada con materiales vírgenes o no reciclados que pudieron haber obtenido contaminantes de usos previos. Tuberías recubiertas de aluminio también son aptas para usos potables. Las que no son: ABS, DWV, PVC, cobre y las que contienen plomo y las galvanizadas. Las bajantes son instaladas apropiadamente para permitir que haya una pulgada cuadrada de bajante por cada 100 pies cuadrados de superficie de azotea. Como ejemplo, una bajada de 4 pulgadas de diámetro debe drenar una superficie de 400 pies cuadrados.



Existen los sistemas de transportación secos y los húmedos. En un sistema húmedo las bajantes llevan el agua a otro de almacenaje donde parte del agua se queda estancada en las tuberías; las bajantes corren por los muros y hacia el subsuelo para luego subir y depositar el agua en un tanque. En un sistema seco las bajantes drenan el agua hacia abajo al sistema de almacenaje, eliminando así el agua estancada que propensa la formación de hábitats propios para la atracción de mosquitos. Los últimos son los sistemas más apropiados.

Las canales deben mantenerse limpias y libres de basura para garantizar la longevidad del material. Las canales limpias secan mucho mejor después de una lluvia y entonces las canales secas duran hasta tres veces más que las húmedas, lo que significa un ahorro monetario. El “Uniform Plumbing Code” (Código de estandarización para plomeros, Canadá) tiene un apéndice dedicado a SCALL; ahí se detallan tamaños de canales, bajantes y tuberías laterales.

Para evitar la transportación de hojas y basura desde una azotea, es importante tomar en cuenta la colocación de una rejilla en un marco metálico que cubra toda la canal que recolectará el agua pluvial. Las rejillas son importantes ya que reducen la frecuencia en el mantenimiento, eliminan materiales inflamables de la azotea y reducen ambientes aptos para la formación de mosquitos.

“Primer filtrado: Es el primer proceso por el cual se reduce la cantidad de basura y contaminantes solubles que pudieran entrar a un sistema SCALL.” Está compuesto de uno o más componentes que filtran y recolectan basura y contaminantes, incluyendo: las rejillas para canales, cabezales de bajantes, pantallas y/o sistemas de primer filtrado. El buen uso de los primeros tres antes mencionados permitirá que el sistema de primer filtrado recolecte la mayor cantidad de agua posible. El uso de un sistema de primer filtrado es importante cuando el agua de lluvia es recolectada sin el uso de rejillas para canales, pantallas para hojas o cabezales de bajantes o si el agua de lluvia va a ser usada para consumo humano.

Las azoteas, así como otras áreas expuestas al intemperie reciben basura, hojas de árboles, sedimentos y contaminantes constantemente en su superficie. El agua de lluvia, por lo tanto, arrastra estos componentes durante cualquier tormenta. El agua que cae al principio de la tormenta arrastra la más alta concentración de estos desechos y contaminantes. Los sistemas de primer filtrado recolectan y expulsan la primera parte del agua de la tormenta para que no contaminen la ya almacenada. Los sistemas de primer



filtrado permiten: reducir la frecuencia del lavado de los tanques, disminuir el afluente de bacterias que está adherido a los sólidos, reducir las partículas que ayudan a la formación de mosquitos y disminuir la cantidad de materia orgánica que produce malos olores.

El sistema de primer filtrado más sencillo consiste en una tubería vertical, el contenedor para recolectar el agua que cae al inicio de una tormenta y una canal-bajante ubicada antes de la cisterna o tanque de almacenamiento. Debido a que una tubería vertical no desaloja los sólidos automáticamente a una coladera, una tapa registro debe colocarse al final de la tubería vertical. La tubería debe de ser limpiada después de cada evento pluvial para preparar el sistema para el siguiente. De esta forma estaremos evitando la formación de bacterias y más contaminantes que puedan afectar el agua después recolectada.

Una compañía alemana desarrolló un filtro de limpieza llamado WISY que combina los componentes del sistema de tubería vertical/bajante para generar un sistema de filtrado. El filtro WISY no desaloja los primeros litros de una tormenta como lo hace el sistema de tubería vertical, en cambio, el interior del filtro tiene una fina malla que separa los sólidos del agua haciéndola pasar a través de ésta. El 90% del recurso es recolectado por medio de la tubería sofisticada que lleva el agua hacia la cisterna libre de hojas y basura no deseada.

El tamaño de los sistemas de filtrado depende del tamaño de la superficie de captación y el uso final del agua. El agua recolectada de una azotea estará más limpia que la recolectada de un patio o un pavimento, lo cual significa que el filtro no tendrá que ser tan grande. La lluvia recolectada por medio de un pavimento requiere de periodos más largos de decantación para separar los sedimentos, además de una trampa de grasas que retire los aceites y solventes; por lo tanto el sistema de filtrado debe de ser mucho más grande.

Un sistema de primer filtrado para una azotea de aproximadamente 93 m² debe tener capacidad para almacenar los primeros 20 litros de lluvia recolectada. Azoteas más grandes deben poder almacenar los primeros 40 litros de una tormenta por cada 93 m² de superficie. Los SCALL con las superficies de captación más grandes deben de almacenar como máximo los primeros 2,000 litros de una tormenta y desechados por un sistema de primer filtrado. Algunos pequeños sistemas para residencias se auto-limpian y se ajustan a la cantidad de lluvia recibida o la frecuencia con la que la lluvia entra al sistema.



Los sistemas de primer filtrado son importantes cuando un evento pluvial es seguido de un largo periodo de sequía. La basura se acumula en las superficies de captado y se requerirá una mayor cantidad de agua para lavar la superficie que la que un sistema de filtrado es capaz de remover, dejando pasar basura y contaminantes al tanque de almacenado. Si el tiempo transcurrido entre una tormenta y otra es menor, es probable que el filtro no sea requerido.

El cabezal de bajante es un sistema que puede aumentar la efectividad del filtrado. Éste es un embudo de forma cuadrada cubierta de una rejilla con una inclinación de aproximadamente 33 grados hacia el borde horizontal bajo del embudo. La basura arrastrada por el agua será detenida por la rejilla para que después sea desalojada.

Una caja separadora de hojas es otro componente que, al igual que un cabezal de bajante, aprovecha la caída vertical del agua permitiendo la limpieza automática del filtro.

“**Almacenaje:** Las cisternas y los tanques almacenado son aquellos componentes que permiten guardar el agua para un futuro uso.” Los tanques de almacenado y las cisternas son los componentes más caros de un sistema SCALL. Estos sistemas pueden dividirse en tres tipos: almacenado afuera de la superficie de la tierra, sistemas subterráneo y sistemas integrados a un edificio comercial. Tienen tres partes: la base, las paredes y la cubierta. Las tres tienen que ser impermeables.

La entrada de agua, la salida de agua, la forma de drenado y la tapa de acceso son partes importantes en el sistema de almacenaje. Algunos materiales para su fabricación son recubiertos y fabricados con piedra, acero, concreto, ferrocemento, plástico o fibra de vidrio. Un tanque o cisterna debe de ser duradero, atractivo, resistente al empuje del agua, impermeable, limpio, con una superficie tersa en el interior, debe de usar selladores no tóxicos y tienen que ser fáciles de operar.

La tapa que selle apropiadamente ayudará a prevenir la evaporación, la generación de mosquitos y la intrusión de insectos, lagartijas, roedores y pájaros. Los tanques no deben permitir que entre la luz del sol ni que propicien el crecimiento de algas. Algunos tanques tienen compartimentos que permiten que los sedimentos se asienten en vez de que queden suspendidos. La entrada de agua a un tanque puede venir de filtros de arena o de otros sistemas de filtrado previos al almacenamiento.

El sobre-flujo de un tanque o cisterna debe desalojar el exceso de agua. La salida de este componente conviene que sea recibido por un área previamente preparada al



exterior, o bien a un sistema de drenaje. La salida de agua del tanque lleva al sistema de distribución. El sistema de sobre-flujo tiene que ser colocado para aprovechar el máximo volumen de agua.

Algunos tanques de almacenaje requieren una entrada de agua adicional a la del sistema SCALL, como la toma de agua de la red pública. Un sello de aire de por lo menos 14 pulgadas es necesario entre la superficie del agua y la entrada de agua alternativa. Una válvula “check” es colocada para evitar contaminación adicional desde el sistema alterno.

Los factores básicos para decidir qué sistema es el mejor para cada proyecto son: las opciones que se presentan en cada localidad, el espacio disponible, la cantidad de agua a ser almacenada, el costo de construcción, los componentes del suelo, el costo de excavación y la estética.

Existen tres capas dentro del volumen de agua almacenado. La capa superior del agua, zona aeróbica o agua con más tiempo -la capa intermedia será agua que tiene una edad media- y la capa inferior o capa anaeróbica.

Una forma de aprovechar la capa superior del sistema es que ésta sirva como un sello, ya que aquí es donde se forman partículas no deseadas que flotan. Una bomba flotante desplazaría el agua más limpia desde el estrato intermedio para que tenga una mejor calidad. El mejor sistema tendría dos tomas de agua: una flotante para uso potable y una fija, que tome el agua de la capa más baja para uso no potable y que mezcle el agua ubicada dentro del tanque.

El mejor sistema de sobre-flujo es aquel que toma el agua de estratos inferiores y que succiona los sedimentos generados al interior del tanque. Es importante mantener la temperatura dentro del tanque fría, pues esto incrementará la calidad del agua almacenada.

Las cisternas deben de estar cimentadas apropiadamente, ya que el peso del agua puede hacer que el tanque sufra daños estructurales o que se hunda en el terreno.

“**Distribución:** es el sistema que lleva el agua desde la zona de almacenaje hasta donde va a ser utilizada.” El agua almacenada puede ser distribuida por medio de sistemas de bombeo o por gravedad, todo depende de la presión requerida. La distribución comienza desde el sistema de almacenaje en las bombas de flotación. Estas



bombas deben tener válvulas que regulen los niveles de agua requeridos, si el nivel de agua dentro de una cisterna baja mucho, la bomba succionará sedimentos que deben de ser evitados.

Es necesario esperar lo suficiente entre un evento pluvial y el inicio del bombeo, ya que los sedimentos tardan tiempo en asentarse. El sobre-flujo de un tanque también es considerado como parte del sistema de distribución. Estos deben tener una rejilla que impida a los animales entrar al depósito. Para abastecer un sistema de riego es necesario colocar un filtro junto con la bomba utilizada para evitar que las tuberías para riego se tapen.

“Purificación: si el agua va a ser utilizada para consumo humano debe de purificarse.” El agua para consumo humano debe de ser llevada desde el depósito de almacenaje hasta un sistema de purificación, para finalmente ser distribuido a los diferentes puntos en donde va a ser usada. Un sistema de purificación incluye filtros, aparatos de desinfección y de control de pH.

Los sistemas de filtrado se componen de carbón activado, cartuchos múltiples puestos en línea, ósmosis inversa, nano-filtración, sistemas compuestos o arenas. Los de desinfección pueden llevarse a cabo hirviendo el agua o destilándola, utilizando tratamientos químicos, luz ultravioleta y/o ionización. El agua utilizada para consumo humano debe pasar por varios de estos procesos y tomarse muestras que demuestren que el agua es apta para este uso.

Los filtros conectados a una cisterna tienen que cambiarse más frecuentemente que lo sugerido por el fabricante. Los sistemas de destilación solar son extremadamente eficientes y son una de las formas más sencillas de purificar el agua.

La calidad del agua de lluvia purificada generalmente es aceptable, excepto cuando contiene hojas y otros orgánicos que puedan tapar los sistemas de distribución.

Es muy importante que a todos los componentes de un sistema SCALL se les dé mantenimiento continuo para evitar que la basura y otros contaminantes tapen el sistema. Para un correcto funcionamiento hay que inspeccionar y reparar partes dañadas.