

## HISTORIA DE LOS SISTEMAS DE APROVECHAMIENTO DE AGUA LLUVIA

José Alejandro Ballén Suárez<sup>1</sup>, Miguel Ángel Galarza García<sup>2</sup>, Rafael Orlando Ortiz Mosquera<sup>3</sup>

**Resumen:** Según evaluaciones del IDEAM<sup>4</sup>, cerca del 50% de la población colombiana que vive en las áreas urbanas municipales está expuesta a sufrir problemas de suministro de agua, como consecuencia de la presión sobre las cuencas hidrográficas y las restricciones de uso por contaminación de las aguas superficiales. Como agravante, más del 80% de las cabeceras municipales tienen como fuente de suministro de agua pequeños riachuelos o quebradas que en épocas de estiaje no garantizaran el abastecimiento a la población. Debido a esta preocupante situación se realizó una revisión de las experiencias de diferentes países en sistemas de aprovechamiento de agua lluvia, con el fin de conocer y estudiar esta tecnología como un sistema alternativo de abastecimiento de agua. En la realización del estudio se evidenció la antigüedad del tema, por ello se realizó un recuento histórico desde los primeros sistemas de aprovechamiento de agua lluvia, los cuáles datan de 4.000 años a.C. hasta los sistemas actuales, los cuales se utilizan intensivamente en muchas zonas del planeta. Estas metodologías utilizadas para la captación y almacenamiento del agua lluvia, son el resultado de las necesidades (demanda de agua), los recursos disponibles (dinero para invertir y materiales de construcción), las condiciones ambientales (contaminación del agua, disponibilidad de agua subterránea y superficial, precipitación y temperatura), las prácticas culturales y la legislación vigente de cada región. Los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia sólo se implementan cuando no existe una red de acueducto, el suministro es deficiente, la calidad del agua es muy baja o los costos del agua potable son muy altos; algunas de estas condiciones son las predominantes en varios municipios de Colombia y pueden llegar a darse a largo o mediano plazo en la mayoría de los municipios del País.

**Summary:** According to evaluations of the IDEAM, near 50% of Colombian population that lives in the municipal urban areas is exposed to suffer water supply problems, as consequence of the pressure on the hydrography basins and the use restrictions due to the contamination of the superficial waters. As added difficulty, more than 80% of the municipal heads have as source of water supply small creeks or gulches that didn't guarantee the supply to the population in low water times. Due to this concerned situation, was carried out a revision of the different experiences countries in systems of water rain use, with the purpose of to know and to study this technology like an alternative system of water supply. In the realization of the study, the antiquity of the topic was evidenced, for this was carried out a historical recount from the first systems of water rain use, those which date 4.000 years B.C. until the current systems, which are used intensively in many areas planet. These methodologies used for the water rain's reception and storage, are the result of the necessities (water demand), the available resources (money to invest and construction materials), the environmental conditions (water contamination, underground and superficial water availability, precipitation and temperature), cultural practices and the effective legislation of each region. The systems of water rain use are only implemented when doesn't exist an aqueduct

---

<sup>1</sup> Universidad Nacional de Colombia - Ingeniero Civil – Departamento de Ingeniería civil y Agrícola –Unidad de Hidráulica –Bogotá, Colombia. E-mail: [jballens@unal.edu.co](mailto:jballens@unal.edu.co)

<sup>2</sup> Universidad Nacional de Colombia - Ingeniero Civil – Departamento de Ingeniería civil y Agrícola –Unidad de Hidráulica –Bogotá, Colombia. E-mail: [magalarzag@unal.edu.co](mailto:magalarzag@unal.edu.co)

<sup>3</sup> Universidad Nacional de Colombia - Ingeniero Civil – Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola –Unidad de Hidráulica – M. Sc. En Docencia – Candidato a M. Sc. en Recursos Hidráulicos – Director de la Unidad de Hidráulica - Integrante GIREH ( Grupo de investigación de Recursos Hídricos) - Bogotá, Colombia. Tel: (+57) 1 3165000 Ext. 13474 – Fax: (+57) 1 3165563 E-mail: [roortizm@unal.edu.co](mailto:roortizm@unal.edu.co)

<sup>4</sup> INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES –IDEAM-. “Estudio Nacional del Agua”. Bogotá, D.C., 2000.

service, the supply is faulty, the water quality is very low or the drinkable water's costs are very high; some of these conditions are predominant in several Colombia municipalities and can give to long or medium term in most of the country's municipalities.

**Palabras claves:** Aprovechamiento de agua lluvia, fuentes de abastecimiento alternativas.

## **INTRODUCCIÓN**

El Estudio Nacional del Agua –ENA- realizado por el IDEAM presenta el cálculo de la relación demanda oferta de agua para el año 2000, y proyecciones para los años 2015 y 2025, las cuales indican que el 50% de la población de las áreas urbanas municipales estarían en Alto riesgo de desabastecimiento, con condiciones hidrológicas medias. Si las condiciones hidrológicas son de año seco las proyecciones indican que el 80% de la población de las cabeceras municipales estarían en Alto riesgo desabastecimiento.

Ante este crítico panorama se propone los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia como una alternativa para el suministro de agua en las zonas urbanas de los municipios, para ello en este documento se realiza una revisión de los casos donde se aprovecha el agua lluvia como fuente de suministro, en distintos lugares del planeta.

## **RESEÑA HISTÓRICA**

Desde sus comienzos el hombre aprovecha el agua superficial como primera fuente de abastecimiento, consumo y vía de transporte, por ello el valle de los ríos es el lugar escogido para establecer las primeras civilizaciones, allí el hombre aprende a domesticar los cultivos y con ello encuentra la primera aplicación al agua lluvia; pero no depende directamente de ella para su supervivencia debido a la presencia permanente del agua superficial. Cuando las civilizaciones crecieron demográficamente y algunos pueblos debieron ocupar zonas áridas o semiáridas del planeta comenzó el desarrollo de formas de captación de aguas lluvias, como alternativa para el riego de cultivos y el consumo doméstico.

Diferentes formas de captación de agua de lluvia se han utilizado tradicionalmente a través de la historia de las civilizaciones; pero estas tecnologías sólo se han comenzado a estudiar y publicar recientemente. Con base en la distribución de restos de estructuras de captación de agua de lluvia en el mundo y el continuo uso de estas obras en la historia, se puede concluir que las técnicas de captación de agua de lluvia cumplen un papel importante en la producción agrícola y en satisfacer las necesidades domésticas, con un uso intensivo en las regiones áridas o semiáridas del planeta.

A continuación se presentan los ejemplos más relevantes de las formas de aprovechamiento de agua lluvia a través de la historia: En el Desierto de Negev, en Israel y Jordania, han sido descubiertos sistemas de captación de agua de lluvia que datan de 4.000 años o más, estos sistemas consistían en el desmonte de lomeríos para aumentar la escorrentía superficial, que era entonces dirigida a predios agrícolas en las zonas más bajas.

La Figura N° 1 muestra como en las zonas altas de Yemen donde las lluvias son escasas, se encuentran edificaciones (templos y sitios de oración) que fueron construidas antes del año 1.000 a.C., que cuentan con patios y terrazas utilizadas para captar y almacenar agua lluvia.

Durante la República Romana (siglos III y IV a.C.) la ciudad de Roma en su mayoría estaba ocupada por viviendas unifamiliares denominadas “la Domus” que contaba con un espacio principal a cielo abierto (“atrio”) y en él se instalaba un estanque central para recoger el agua lluvia llamado “impluvium”, el agua lluvia entraba por un orificio en el techo llamado “compluvium”. En Loess Plateau en la provincia de Gansu en China existían pozos y jarras para la captación de agua lluvia desde hace más de 2.000 años. En Irán se encuentran los “abarbans”, los cuales son los sistemas tradicionales locales para la captación y almacenamiento de aguas lluvias.

En Centroamérica se conoce el caso del Imperio Maya donde sus reyes sostenían a sus pueblos de modos prácticos, ocupándose de la construcción de obras públicas. Al sur de la ciudad Oxkutzcab (estado de Yucatán) en el pie de la montaña Puuc, en el siglo X a.C. el abastecimiento de agua para la población y el riego de los cultivos se hacía a través una tecnología para el aprovechamiento de agua lluvia, el agua era recogida en un área de 100 a 200 m<sup>2</sup> y almacenada en cisternas llamadas “Chultuns”, estas cisternas tenían un diámetro aproximado de 5 m, y eran excavadas en el subsuelo e impermeabilizadas con yeso. En Cerros, una ciudad y centro ceremonial que se encuentra en el actual Belice, los habitantes cavaron canales y diques de drenaje para administrar el agua de lluvia y mediante un sistema de depósitos, estos permitían que la gente permaneciera en la zona durante la estación seca cuando escaseaba el agua potable (año 200 d.C.). En otras zonas de las tierras bajas, como en Edzná, en Campeche, los pobladores precolombinos de esta ciudad construyeron un canal de casi 50 m de ancho y de 1 m de profundidad para aprovechar el agua de lluvia, este canal proporcionaba agua para beber y regar los cultivos.



**Figura N° 1.** Cisterna a cielo abierto para la recolección de agua lluvia. Yemen. Fuente: LAUREANO, Pietro.

Siglos después el uso de los sistemas de aprovechamiento de aguas lluvias decreció debido a la imposición de métodos y obras para la utilización del agua superficial y subterránea (presas, acueductos, pozos de extracción y sistemas de irrigación). En la península de Yucatán se dejó de lado el aprovechamiento de agua lluvia debido a la invasión española en el siglo XIV, los españoles colonizaron los territorios introduciendo otros sistemas de agricultura, animales domésticos, plantas y métodos de construcción europeos. Una situación similar sucedió en India con la colonización Inglesa, que obligo a los nativos a abandonar las metodologías tradicionales.

En el siglo XIX y XX las ciudades de la mayoría de los países experimentan un gran crecimiento, realizando el suministro de agua a la población por medio de la acumulación de agua superficial para luego ser distribuida por una red centralizada de acueducto. En otras ocasiones se acudió a la explotación del agua subterránea. En cualquiera de los casos se elimina la posibilidad de sistemas de aprovechamiento de agua lluvia u otros sistemas alternativos.

A comienzos del siglo XXI la situación es diferente, en muchas regiones semiáridas del mundo se establecieron poblaciones que se desarrollaron de manera vertiginosa, ejerciendo presión sobre las fuentes finitas de agua. En periodos secos el agua no es suficiente para el abastecimiento de estas poblaciones, y se dan conflictos sociales por la escasez agua y/o sus altos costos.

## **SITUACIÓN ACTUAL**

Los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia son el resultado de las necesidades (demanda), recursos disponibles (precipitación, dinero para invertir y materiales de construcción), y las condiciones ambientales en cada región. Sólo cuando no existe red de agua potable, el suministro es deficiente o el agua tiene un costo muy alto, se piensa en buscar sistemas alternativos de abastecimiento, por ello la documentación sobre sistemas de aprovechamiento de aguas lluvias, se limita a las acciones realizadas en las ultimas décadas en zonas del planeta con las deficiencias mencionadas anteriormente.

### **1. África**

La problemática del abastecimiento de agua potable es de carácter global, pero es una situación muy crítica en el continente Africano debido a la alta concentración de pobreza que imposibilita la obtención de la cantidad de recursos y la tecnología necesaria para construcción y operación de un sistema de acueducto y alcantarillado adecuado, además la escasez de fuentes apropiadas en cuanto a calidad y seguridad del suministro, ha hecho de este un problema aún mayor.

Aunque en algunas zonas de África en los últimos años se ha producido una rápida expansión de los sistemas de aprovechamiento de aguas lluvias el proceso de implantación de esta tecnología en el Sur de África ha sido lento. Esto debido en parte a la baja precipitación, el reducido número y tamaño de las cubiertas impermeabilizadas y el alto costo en la construcción de los sistemas en relación a los ingresos familiares. La falta de disponibilidad de cemento y arena, eleva el precio de las instalaciones. Sin embargo, la recolección de agua lluvia es muy difundida en África con grandes proyectos en Botswana, Togo, Mali, Malawi, Sudáfrica, Namibia, Zimbabwe, Mozambique, Sierra Leona y Tanzania.

Uno de los proyectos adelantados es el de “Sistemas de Aprovechamiento de Agua Lluvia de Muy Bajo Costo” el cual se desarrollo con el concurso de varias organizaciones Africanas y el apoyo de Development Technology Unit (Inglaterra). Las prácticas convencionales en muchos países de África de aprovechamiento de agua lluvia son de carácter informal lo que permite tener costos reducidos; obteniendo también una muy baja calidad del agua y una eficiencia del sistema muy baja. Los sistemas formales son promovidos por agencias subsidiarias o adoptadas por familias de clase media con grandes volúmenes de almacenamiento que intenta satisfacer toda la demanda de la casa. En un punto intermedio se encuentra las tecnologías de “muy bajo costo”, con estas tecnologías se pretende suplir sólo un porcentaje de la demanda total de las casas a partir de una inversión que no supera los 120 dólares y utilizando los materiales disponibles en la zona.

### **2. Asia**

La India es el segundo país con mayor población después de China. Por ello el gran problema que enfrenta el gobierno es suministrar los servicios básicos a 1.000 millones de personas. La solución que se ha tomado para enfrentar estos problemas son las técnicas de aprovechamiento de agua lluvia. En la India, el monzón es un diluvio breve, allí se dan aproximadamente 100 horas de lluvia por año. En estas 100 horas debe captar y almacenar el agua para las otras 8,660 horas que constituyen un año.

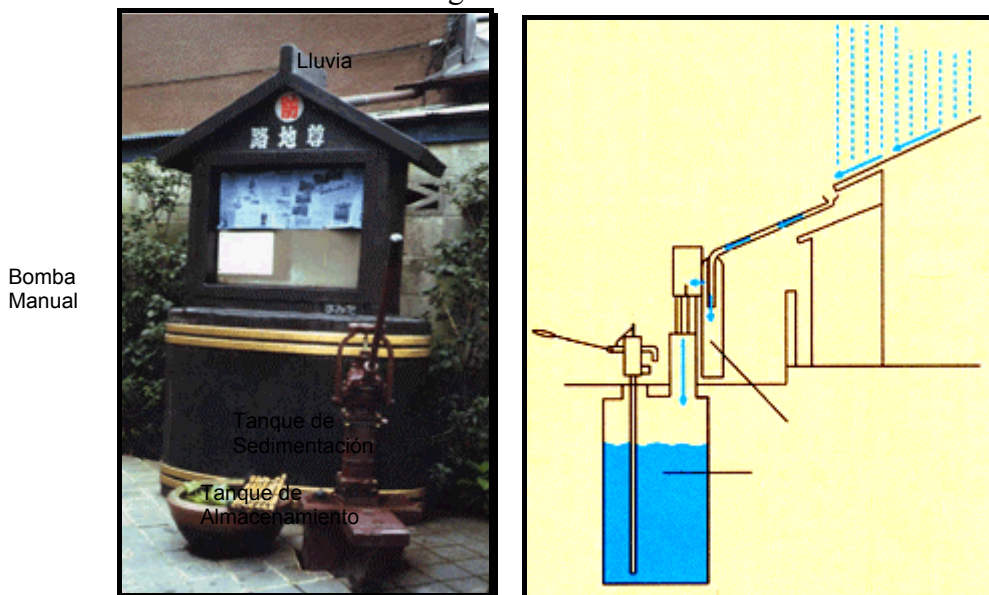
En Bangladesh, la recolección de agua lluvia se ve como una alternativa viable para el suministro de agua segura en áreas afectadas por contaminación con arsénico. Desde 1977, cerca de 1.000 sistemas de aprovechamiento de agua lluvia fueron instalados en el país por la ONG Forum for Drinking Water Supply & Sanitation. Existen varios tipos de tanques utilizados para el

almacenamiento de agua lluvia en Bangladesh: tanques de concreto reforzado, tanques de mampostería, cisternas y tanques subterráneos, estos tienen un costo que varía entre US\$ 50 y US\$ 150. El agua lluvia almacenada se usa para beber y cocinar, esta es aceptada como segura y cada vez es más utilizada por los usuarios locales.

China ha estado enfrentando serios problemas de escasez de agua que han causado grandes pérdidas económicas y medioambientales. La peor condición de escasez de agua se da en la meseta de Loess de Gansu, localizada en el noroeste del País, esta es una de las áreas más pobres de China donde el escurrimiento y el agua superficial son muy escasos. La agricultura en esta región confía en la llegada oportuna de la lluvia; por ello la mayoría de estos pueblos han padecido de sed durante siglos. Para promover el desarrollo social, económico y mejorar la calidad de vida, es necesario mejorar las condiciones de abastecimiento de agua. La única fuente de agua potencial en esta área es la lluvia. Debido a esto desde 1988, se han probado eficientes técnicas de captación de agua lluvia y de 1995 a 1996, el gobierno local ha implementado el proyecto llamado “121” para captación de agua lluvia, apoyando económicamente a cada familia para construir un campo de recolección de agua, dos almacenamiento y un terreno adecuado para cultivar. Suministrando agua a 1.2 millones de personas (260,000 familias) y 1.18 millones de cabezas de ganado.

Singapur cuenta con recursos naturales limitados y una creciente demanda de agua, esto ha llevado a la búsqueda de fuentes alternativas y métodos innovadores para el aprovechamiento del recurso agua. Alrededor del 86% de la población de Singapur vive en edificios de apartamentos. Los techos de estos edificios son utilizados para la captación de aguas lluvias. El agua lluvia es almacenada en cisternas separadas del agua potable, para darle usos diferentes al de consumo humano.

En Tokio el aprovechamiento de agua lluvia es promovido para mitigar la escasez de agua, controlar las inundaciones y asegurar agua para los estados de emergencia. A nivel comunitario se están implementado instalaciones que están introduciendo a la población en la utilización del agua lluvia, éstas son llamadas “Rojinson”, se les encuentra la vía pública del distrito de Mukojim. Esta instalación recibe el agua lluvia del techo de la casa, la cual es almacenada en un pozo subterráneo, para extraer el agua se utiliza una bomba manual como se ilustra en la *Figura N° 2*, el agua colectada es utilizada para el riego de jardines, aseo de fachadas y pisos, combatir incendios y como agua de consumo en situaciones de emergencia.



**Figura N° 2.** “Rojinson”, instalación para la utilización de agua lluvia a nivel comunitario en Tokio, Japón.

Fuente: UNEP

El almacenamiento de agua lluvia proveniente del escurrimiento de los techos en vasijas de arcilla es un sistema apropiado y económico para obtener agua de alta calidad en Tailandia. Las vasijas se consiguen para diferentes volúmenes, desde 1.000 hasta 3.000 litros y están equipadas con tapa, grifo y un dispositivo de drenaje. El tamaño más popular es 2.000 litros, esta vasija tiene un costo de US\$ 20 y puede suministrar agua lluvia suficiente para una casa con seis personas durante el periodo seco.

### **3. Sur América**

En la década pasada en Brasil, muchas ONG y organizaciones ambientales se enfocaron en trabajar en el suministro de agua para consumo humano usando sistemas de aprovechamiento de agua lluvia. En la región noroeste de Brasil de clima semiárido, en promedio anual de lluvia varía desde 200 hasta 1.000 mm. Las comunidades nativas tradicionalmente han recogido agua lluvia en pozos excavados a mano en rocas, pero este sistema no logra satisfacer las necesidades de la población, por ello una ONG y el gobierno de Brasil iniciaron un proyecto para construir un millón de tanques para la recolección de agua lluvia en un periodo de 5 años, para beneficiar a 5 millones de personas. La mayoría de estos tanques fueron hechos con estructuras de concreto prefabricado o concreto reforzado con mallas de alambre.

### **4. Centro América**

San Felipe está ubicado en el Estado de Guanajuato, Mexico, a una altura de 2.140 metros sobre el nivel del mar, su clima es templado y seco de tipo desértico. En este municipio el Ingeniero Agrónomo fallecido Hugo Velasco Molina, con el apoyo de la División de Agricultura y Tecnología de Alimentos, del Tecnológico de Monterrey desarrolló su proyecto “Agua y Vida” el cuál comenzó en 1.996 con almacenamientos de agua, ya que en esta población se dan periodos sin lluvia que superan los dos meses, el primer desarrollo tecnológico fue un sistema de aprovechamiento de agua lluvia que cuenta con una cisterna con capacidad de almacenamiento de 500.000 litros y un área de captación cubierta de piedra laja. La siguiente obra fue construida a las afueras del municipio y se llamo “Techo – Cuenca” y consta de dos cubiertas con pendiente que se unen en una canal la cuál está conectada a una tubería que conduce el agua a un deposito con capacidad para almacenar 285.000 litros de agua ubicado dentro del municipio, que se ha denominado “Casa del Agua y Vida” donde se distribuye agua potable a las familias que la necesiten. Varias de las construcciones de tipos institucional como el jardín de niños y la escuela municipal están equipados con sistemas de aprovechamiento de agua lluvia que es utilizada para la descarga de inodoros, el aseo de pisos y baños y para regar los jardines. La población en seis años ha sido transformada y la mayoría de sus necesidades de agua han sido suplidas por los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia.

En los barrios Israel Norte y Villa Nueva de Tegucigalpa, Honduras, se pueden encontrar viviendas acondicionadas con precarios sistemas de aprovechamiento de aguas lluvias, algunos faltos mantenimiento y limpieza. Estos sistemas aún con sus deficiencias logran mejorar el nivel de vida de los habitantes que ponen en práctica las metodologías para aprovechar el agua lluvia. Muchos de estos sistemas utilizan materiales reciclables y algunos prototipos muestran grandes niveles de iniciativa e ingenio.

### **5. Norte América**

Los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia son usados en los siguientes 15 Estados y territorios de los Estados Unidos: Alaska, Hawai, Washington, Oregon, Arizona, Nuevo México, Texas, Kentucky, Ohio, Pennsylvania, Tennessee, North Carolina, Virginia, West Virginia y las



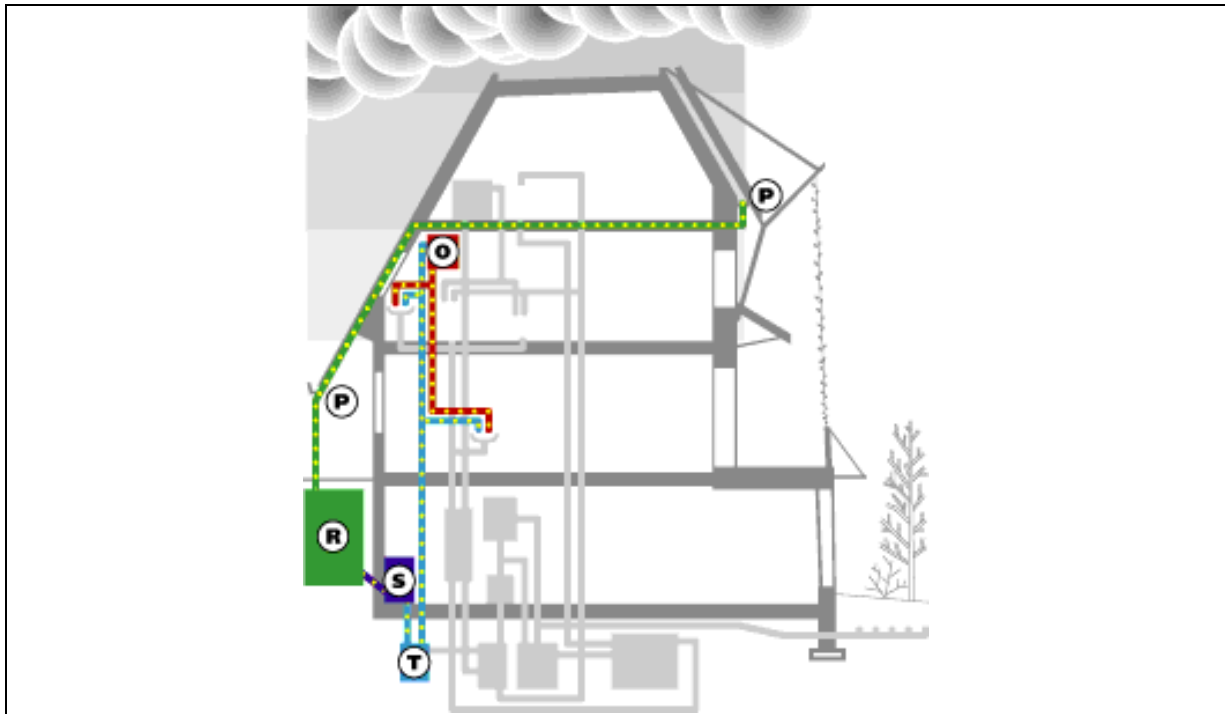
Islas Vírgenes. Se estima que más de medio millón de personas en los Estados Unidos utilizan sistemas de aprovechamiento de agua lluvia abasteciéndose de agua para usos doméstico o propósitos agrícolas, comerciales o industriales. Existen más de 50 compañías especializadas en el diseño y construcción de sistemas de aprovechamiento de aguas lluvias.

Texas es el estado donde más se utilizan los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia. Una casa típica en Texas tiene un área de 200 m<sup>2</sup> de cubierta y puede producir más de 150.000 litros de agua al año con una precipitación anual media de 850 mm. El costo de los sistemas depende básicamente del tamaño de la cisterna de almacenamiento, el sistema para una casa puede costar entre US\$5,000 y US\$8,000 (año 2000), incluyendo los canales y tuberías para conducir el agua a la cisterna, el costo de la cisterna, la bomba y el sistema de tratamiento.

En Vancouver, Canadá se provee de un subsidio para la compra de barriles para el aprovechamiento del agua lluvia, como parte de un programa piloto para la conservación del agua. Los barriles de agua lluvia son tanques plásticos de 75 galones (284 litros) que se entregan por U\$ 40 incluidos los impuestos. El barril se utiliza para recolectar agua lluvia proveniente de los techos, siendo utilizada para regar los jardines y el césped, estas actividades demandan más del 40% del agua total que llega a las viviendas durante el verano. Las proyecciones indican que cada barril podría ahorrar cerca de 1.3000 galones (4.920 litros) de agua durante los meses de verano donde la demanda de agua es más alta.

“HEALTHY HOUSE” es una casa familiar de tres habitaciones con un área de 158 m<sup>2</sup> ubicada en Riverdale área metropolitana de Toronto, Canadá. Esta edificación es totalmente autosuficiente, no depende del sistema de acueducto municipal. En la *Figura N° 3* se muestra el esquema general del funcionamiento del sistema de aprovechamiento de agua lluvia. El agua para consumo humano se suministra por medio de un sistema de canales que conducen el agua lluvia hacia un tanque de almacenamiento donde se le adiciona cal, esta es utilizada para reducir la acidez del agua y darle un sabor fresco, posteriormente el agua pasa a través de un filtro de arena fina y carbón activado para remover todas las impurezas y por último es sometida a un proceso de desinfección mediante luz ultravioleta.





Fuente: <http://www.cmhc-schl.gc.ca/popup/hhtoronto/suppl.htm>

**O:** Tanque de Agua caliente de consumo, abastece la cocina y baños.

**P:** Tragantes, el agua lluvia es pasa a través de un filtro de pantalla y luego va a la cisterna

**R:** Tanque de almacenamiento de agua lluvia de 20 m<sup>3</sup>.

**S:** Filtro Combinado. El agua pasa a través de una combinación rugosa, arena fina y un filtro de carbón, luego pasa a través de un sistema de desinfección de luz ultravioleta, después es almacenada para consumo.

**T:** Tanque de agua fría para beber, abastece la cocina y los baños, el exceso es traído nuevamente hacia el tanque de agua fría.

**Figura N° 3.** Esquema de funcionamiento del sistema de aprovechamiento de agua lluvia en “Healty House”, Toronto, Canadá.

## 6. Europa

En octubre de 1998, los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia fueron introducidos en Berlín, Alemania como parte de un redesarrollo urbano a gran escala, DaimlerChrysler Potsdamer Platz, con el fin de controlar las inundaciones, utilizar racionalmente el agua de la ciudad y crear un mejor micro clima. El agua lluvia cae en las cubiertas de 19 edificios (32.000 m<sup>2</sup>), se recoge y almacena en un tanque subterráneo de 3500 m<sup>3</sup>. Esta agua es usada para la descarga de inodoros, el riego de zonas verdes (incluyendo techos verdes) y llenar un estanque artificial.

En otro proyecto Belss-Luedecke-Strasse Building State en Berlín, el agua lluvia de todas las cubiertas (7.000 m<sup>2</sup>) es descargada a una cisterna con capacidad de 160 m<sup>3</sup>, junto con el agua de escurrimiento de las calles, espacios de parqueadero y vías peatonales (área de 4.200 m<sup>2</sup>). El agua es tratada en varios pasos y usada en la descarga de sanitarios y el riego de jardines. El sistema está diseñado para que la mayoría de los contaminantes del flujo inicial sean evacuados al alcantarillado de aguas lluvias. El sistema retiene aproximadamente el 58% del agua lluvia que cae dentro del perímetro de las instalaciones. A través de un modelo basado en 10 años de simulación se estimó que el ahorro de agua potable con la utilización de agua lluvia es de 2.430 m<sup>3</sup> por año, con este volumen se puede preservar el reservorio de agua subterránea de Berlín.

## **7. Oceanía**

A excepción de las grandes urbes y las poblaciones mayores, la densidad de población en Australia es muy baja, debido a esto el agua debe recorrer grandes distancias a través de kilómetros de tubería, haciendo que esta sea muy costosa o que en algunos lugares remotos no se suministre el servicio. En Australia se utiliza el aprovechamiento de agua lluvia se como una solución muy común al problema de suministro de agua. En 1994 el Australian Bureau of Statistics (Oficina Australiana de Estadística) realizó un estudio mostrando que el 30.4 % de los hogares australianos ubicados en las zonas rurales y el 6.5% de los hogares en las ciudades utilizan algún sistema de aprovechamiento de agua lluvia, también se indica en el estudio que el 13 % de las casas donde se ha implementado un sistema de aprovechamiento de agua lluvia, el agua se utiliza para beber y cocinar.

## **8. Pequeñas Islas**

La mayoría de pequeñas islas en el planeta tienen una vegetación exuberante y climas cálidos con mucha humedad, pero las corrientes de agua superficial suelen ser escasas, por ello las poblaciones ubicadas en dichos territorios tienen problemas de abastecimiento de agua potable por ello utilizan los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia como su forma de suministro, es te el caso de: Los Estados Federados de Micronesia, Rapa-Nui, Bermudas, Islas Vírgenes, Hawai, San Andrés entre otras.

## **9. Colombia**

Colombia se caracteriza por tener una gran riqueza hídrica, por esta razón la mayoría de las poblaciones se abastecen de fuentes superficiales de agua (embalses, ríos, lagos y quebradas). La facilidad de acceder al recurso ha dejado de lado el desarrollo de tecnologías alternativas para el suministro de agua, entre ellas el aprovechamiento de agua lluvia. Sólo en algunos casos de comunidades con problemas de abastecimiento de agua potable se utilizan sistemas para el aprovechamiento de agua lluvia, la mayoría de ellos son poco tecnificados lo cual ocasiona una baja calidad en el agua y baja eficiencia de los sistemas. Este es el caso de la comunidad de la Bocana en Buenaventura, algunos asentamientos de la isla de San Andrés, la vereda Casuarito del municipio de Puerto Carreño (Vichada), el Barrio el Ponzón de Cartagena, el asentamiento subnormal de Altos de Menga en la ciudad de Cali, entre muchos otros.

Como casos aislados existen algunas edificaciones de tipo institucional o comercial, donde se realizaron diseños de instalaciones hidráulicas para el aprovechamiento del agua lluvia cubriendo total o parcialmente la demanda, entre ellos se cuenta:

- El almacén Alkosto Venecia (Bogotá), donde se aprovechan 6.000 m<sup>2</sup> de cubierta para captar alrededor de 4.820 m<sup>3</sup> de agua lluvia al año, con lo cual se satisface el 75% de la demanda actual de agua potable de la edificación.
- El almacén Alkosto de Villavicencio, esta edificación tiene una cubierta de 1.061 m<sup>2</sup> con la cual se capta el agua lluvia para ser almacenada en un tanque de 150 m<sup>3</sup>, posteriormente el agua es tratada por medio de los procesos de floculación, filtrado y cloración realizados en una planta de tratamiento, el sistema proporciona agua potable para todas las necesidades del almacén durante todo el año.
- El edificio de Postgrados de Ciencias Humanas de la sede Bogotá de la Universidad Nacional, cuenta con un sistema en el cual en su cubierta protegida con grava se capta agua lluvia que es llevada a un tanque subterráneo, desde el que se bombea agua para la descarga de los inodoros, y alimentar las fuentes y los espejos de agua.

## CONCLUSIONES

Las tecnologías para el aprovechamiento del agua lluvia encajan muy bien dentro de los lineamientos del desarrollo sostenible, ya que contribuyen al uso racional del agua y los recursos. Las nuevas tecnologías y los materiales modernos permiten que los sistemas para el aprovechamiento de agua lluvia sean factibles y estén al alcance de las comunidades donde se carece de un suministro adecuado de agua. Desde estas comunidades se irradian los conceptos de uso racional del agua y sus metodologías siendo ahora aplicadas en lugares donde los problemas de abastecimiento de agua no son tan graves.

Cuando se presentan problemas graves de suministro por parte de los acueductos municipales, o no se tiene acceso a la red, es factible utilizar el agua lluvia como fuente de abastecimiento para el consumo humano, esto si se cuenta con un adecuado tratamiento que potabilice el agua. Si se tiene acceso a la red del acueducto y se busca racionalizar el consumo de agua potable, el agua lluvia es una excelente fuente para cubrir la demanda de agua generada por los usos que no requieren agua potable para su desarrollo (riego de jardines y plantas, lavado de autos, descarga de inodoros, aseo de pisos y lavado de ropa).

En Colombia es necesario tecnificar la aplicación de los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia en lo que respecta al uso en viviendas, esto debido a que la mayoría de las aplicaciones realizadas son de tipo empírico sin un diseño previo que corresponda a las características ambientales de la región y a las necesidades de los usuarios, ya que del adecuado diseño y mantenimiento del sistema depende la calidad y cantidad del agua suministrada.

## REFERENCIAS

- INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES (IDEAM). “Estudio Nacional del Agua” –ENA-. Bogotá, D.C., 2000.
- FAO, Oficina Regional de la FAO para América Latina, “Manual de Captación y Aprovechamiento del Agua de Lluvia Experiencias en América Latina, Serie: Zonas Áridas y Semiáridas N° 13”. Chile, 2000.
- LAUREANO, Pietro, “Traditional Techniques of Water Management to Fight Against Desertification”. 2002
- GNADLINGER, Johann, “Rainwater Harvesting in Rural Areas”. Marzo de 2000.
- UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME –UNEP-, “Rainwater Harvesting and Utilisation”, International Environmental Technology Centre. Newsletter and Technical Publications. 2000
- DEVELOPMENT TECHNOLOGY UNIT, “Low Cost Storage for Domestic Roofwater Harvesting”, School of Engineering University of Warwick. Inglaterra.
- THOMAS, Terry y REES, Dai, “Roofwater Catchment for the Rural Poor”, Development Technology Unit, Warwick University. Inglaterra
- <http://www.rainwaterharvesting.org>, Web ONG Centre for Science and Environment-. Nueva Delhi, India.
- <http://www.rainwaterclub.org>. Página de Internet de un grupo de ingenieros y arquitectos de que estudian y promueven los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia. Bangalore India, 2004.
- QIANG, Zhu, YUANHONG, Li, “Rainwater Harvesting in the Loess Plateau of Gansu, China and Its Significance”.
- OJEDA, Aída, “Agua y vida para saciar la sed de desarrollo”. México
- <http://www.eng.warwick.ac.uk/DTU/pubs/rwh.html>.
- KRISHNA, Hari, “An Overview of Rainwater Harvesting Systems and Guidelines in the United States” Texas Water Development Board –TWAD-. Texas, Estados Unidos.

KRISHNA, Hari, "Rainwater Harvesting in Texas". Texas Water Development Board –TWDB-. Texas, Estados Unidos.

CANADA'S OFFICE OF URBAN AGRICULTURE, "Urban Agriculture Note, Rain Barrels", Canadá.

CANADA MORTGAGE AND HOUSING CORPORATION, "Healthy House in Toronto". Toronto, Canadá.

CUNLIFFE, David, "Guidance on the use of rainwater tanks". National Environment Health Forum Monographs, Water Series N° 3. Australia 1998

GARDNER, Ted, COOMBES, Peter, MARKS, Richard. "Use of Rainwater in Australian Urban Environments". Department of Natural Resources and Mines, Queensland, Australia.