



**CONAMA10**  
CONGRESO NACIONAL  
DEL MEDIO AMBIENTE

COMUNICACIÓN TÉCNICA

## **Captación de agua de lluvia, alternativa sustentable**

Autor: Pino Duran Escamilla

Institución: Instituto Politécnico Nacional

e-mail: [pduran@ipn.mx](mailto:pduran@ipn.mx)

Otros Autores: Luis Herrera Monroy (Instituto Politécnico Nacional); Pedro Guido Aldana (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua)

## RESUMEN

El excesivo crecimiento poblacional y el desarrollo industrial para cubrir las necesidades del hombre han provocado un severo calentamiento global, induciendo con esto diversos cambios en los aspectos físicos de la tierra, que repercuten directamente en la disponibilidad de los recursos hídricos como son las precipitaciones, provocando con ello lluvias o sequías extremas. Este nuevo escenario motiva la propuesta de nuevas formas de abastecimiento de agua que aseguren la sustentabilidad del recurso. Dentro de este contexto, los sistemas de captación de agua de lluvia, constituyen una solución complementaria que podría ayudar a combatir la escasez de agua en poblaciones rurales o medianas, que no cuentan con algún tipo de sistema de suministro de agua. Estos sistemas alternativos de captación son económicos, fáciles de construir y de buena aceptación por parte de la población, características que facilitan su implementación en contraste con otros tipos de sistemas.

En este artículo se muestra que los sistemas de captación de aguas pluviales, aunque dependen directamente de la precipitación de la zona, son una importante fuente alterna de abastecimiento, además de que representan una alternativa tecnológica viable, cuyo fomento contribuiría a enfrentar de manera eficaz el problema de acceso y disponibilidad de agua. Estos sistemas, cuyo empleo data de épocas prehispánicas, no solo resultan importantes para el uso humano, sino también constituyen una fuente de abastecimiento pecuario y agrícola para zonas rurales, cuya topografía, aislamiento, dispersión de caseríos, falta de fuentes de suministro, entre otros, restringen este acceso. También se presenta una clasificación de los sistemas de captación y aprovechamiento de agua de lluvia, su impacto en la sociedad y limitaciones, se hace un análisis general y finalmente se dan las conclusiones, en las cuales se enfatiza sobre la necesidad de aprovechar eficientemente los recursos hídricos con tecnologías alternativas que sean de bajo costo y fáciles de implementar.

**Palabras Clave:** Captación, lluvia, sustentable

## 0. Introducción

El futuro de la sociedad actual dependerá en gran medida del uso sustentable de los recursos naturales, Brundtland (1990). Dentro de este contexto, el recurso agua juega un papel crucial y motiva la reflexión sobre cómo darle el mejor uso. A pesar de los grandes avances tecnológicos de los últimos años, en la actualidad se tienen muchos problemas en torno a este tema. En diversas regiones del mundo incluyendo México, el acceso al agua potable es tarea difícil, sufriendo la población las consecuencias de carecer del vital líquido. Esta situación justifica la realización de investigaciones en este campo, con el fin de que la población cuente con fuentes alternas de dotación de agua, principalmente en aquellos lugares en donde los sistemas de abastecimiento son deficientes o inexistentes.

El agua es esencial para la vida. Todos los seres vivos necesitamos agua para vivir y crecer. En el caso particular del hombre, el agua es primordial para el desarrollo de muchas actividades productivas, Conant (2005). Sin embargo, en numerosos lugares del mundo, la población no cuenta con el agua necesaria para mantener un nivel de vida aceptable. Es común encontrar que sectores importantes de la población deben recorrer grandes distancias para recolectar el agua disponible, la cual no siempre es potable. Lo anterior incrementa el riesgo de epidemias y enfermedades graves. La mala calidad del agua y el saneamiento irregular afectan gravemente el estado sanitario de la población; sólo el consumo de agua contaminada causa cinco millones de muertes al año, según informes de las Naciones Unidas y la Organización Mundial de la Salud, UNESCO (2006).

Con base en esta problemática de escasez del recurso hídrico para las generaciones actuales y futuras, se propone la captación de agua de lluvia en lugares con media y baja precipitación, como fuente alterna de abastecimiento. Con el fin de entrar en contexto, en los siguientes incisos se comentarán aspectos relacionados con el cambio climático y la problemática mundial del agua y la de México en particular. Posteriormente se presentan algunas generalidades sobre los sistemas de captación de agua lluvia, su clasificación, su impacto en diversas áreas y limitaciones, un análisis general y finalmente las conclusiones.

## 1. El agua y el cambio climático

El término cambio climático se define como la modificación del clima con respecto al historial climático a una escala global o regional, IPCC<sup>1</sup> (2008). Tales cambios se producen a diversas escalas de tiempo y sobre todos los parámetros climáticos: temperatura, precipitaciones, nubosidad, entre otros. Expertos en el tema comentan que son debidos tanto a causas naturales, Crowley y North (1988), como antropogénicas, Oreskes (2004). De acuerdo a expertos del Grupo Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC, 2008), estos se han presentado de la siguiente manera en:

---

<sup>1</sup> IPCC: Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático establecido conjuntamente en 1998 por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA).

- Aumento de la temperatura media del planeta en (0.6 + 0.2) °C que es mayor que el aumento registrado en los últimos 10,000 años.
- Deshielo de los polos en un 10 % desde finales de los años 60's.
- Aumento del nivel medio del mar de (1.7 + 0.5) mm/año durante el siglo XX.
- Cambios en el patrón de ocurrencia de fenómenos atmosféricos (tormentas y huracanes).
- Cambios en el régimen de lluvias.

Entre las repercusiones se pueden mencionar:

- Grandes precipitaciones
- Sequías extremas
- Cambios en la precipitación en rangos de - 50 a +50 % (ver figura 1).

De acuerdo con algunos modelos de circulación global, Conde *et al.* (2008) y Gay *et al.* (2006), México será uno de los países más afectados y en 50 años tendrá una disminución de la precipitación del orden del 60 %. Algunas conclusiones de estos estudios hacen referencia al hecho de que tal situación no permitirá atender el reto del suministro de agua para todos, la escasez de agua crecerá para el año 2025 y más de la mitad de la población mundial estará en condiciones de severa escasez.

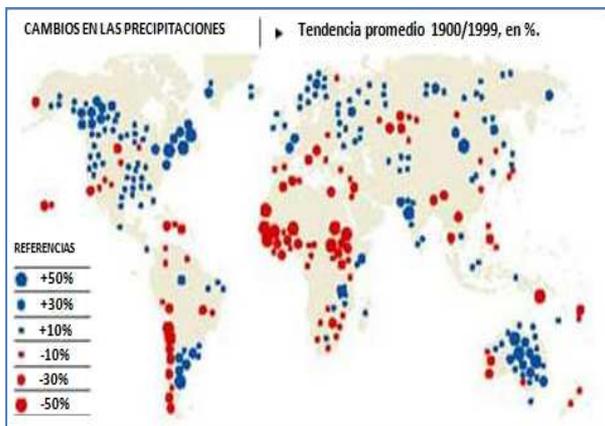


Figura 1. Cambios registrados en las precipitaciones. IPCC, 2008.

El cambio climático es un fenómeno real que por sus graves repercusiones ha llamado la atención mundial. México trabaja para enfrentar este problema y del 29 de noviembre al 10 de diciembre de 2010 acogerá la XVI Conferencia Internacional sobre Cambio Climático. Esta conferencia será organizada por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), un organismo de la ONU, que organiza conferencias anuales desde 1995. El objetivo de la conferencia es concluir un acuerdo jurídicamente vinculante sobre el clima que se aplicará a partir de 2012, después de que la Conferencia de Copenhague de 2009 fracasó en encontrar tal acuerdo, COP (2009).

#### *Situación del agua en México*

Algunas precisiones sobre la situación actual del agua en México son las siguientes (ver figura 2):

- México tiene 13 millones de habitantes sin acceso al agua entubada.
- Recibe del orden de 1,488 miles de millones de m<sup>3</sup> de agua en forma de precipitación.
- 68% de la precipitación normal mensual cae entre los meses de junio y septiembre.
- Tiene una buena cantidad de precipitación pero lamentablemente sufre una discrepancia en la distribución por entidad federativa de la misma (ver figura 2).

Teniendo conocimiento sobre el escenario hídrico actual y futuro de México, surge la necesidad de reflexionar sobre un uso más eficiente del agua y alternativas de suministro. La captación de agua lluvia constituye una opción viable, cuya implementación generalizada podría traer beneficios a la población.

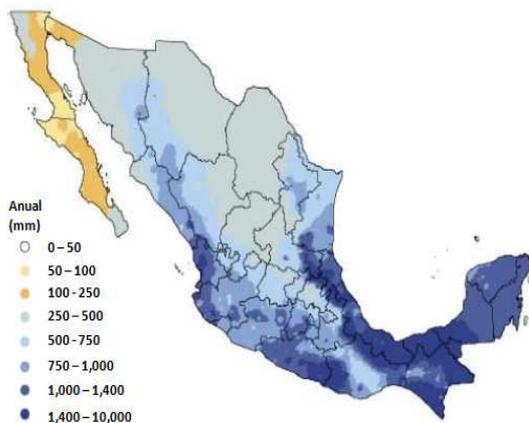


Figura 2. Distribución de la precipitación pluvial anual en México (1971-2000). CONAGUA (2008).

## 2. Generalidades sobre los Sistemas de Captación de Agua de Lluvia SCALL

Los SCALL son una tecnología mediante la cual se habilitan cubiertas y áreas impermeables de las construcciones con el fin de captar el agua de lluvia, para posteriormente conducirla a lugares en donde pueda almacenarse (depósitos, cisternas) y finalmente darle un uso (humano, agrícola o pecuario), Herrera (2010).

Los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia son utilizados intensivamente en muchas zonas del planeta, siendo el resultado de las necesidades de demanda de agua. Su implementación se lleva a cabo cuando:

- No existe una red de acueducto o el suministro es deficiente.
- No se dispone de recursos y los materiales de construcción son costosos.
- Baja disponibilidad de agua.
- Mala calidad del agua (contaminación).

Diferentes formas de captación de agua de lluvia se han utilizado a través de la historia, pero estas tecnologías sólo se han comenzado a estudiar y publicar recientemente. Herrera (2010) hace un estudio detallado de la evolución de los sistemas de captación de agua de lluvia y el por qué su implementación en la actualidad podría ser beneficiosa.

### *Historia de los sistemas de captación de agua de lluvia.*

La captación de agua de lluvia perdió importancia a partir del rápido crecimiento de las ciudades y cuando los avances tecnológicos permitieron introducir el agua por medio de tuberías en nuestros domicilios. Muchas obras históricas de captación de agua de lluvia se originaron principalmente en Europa y Asia; se emplearon desde que surgieron los primeros asentamientos humanos; su uso data desde hace más de 4,000 años en la antigua Mesopotamia.

En México, particularmente en la península de Yucatán, durante la época prehispánica, los Mayas y los Toltecas aprovecharon los cenotes y las cuevas de formación natural, como medio de captar y almacenar el agua de lluvia, Anaya (1999) y Herrera (2010). Utilizaron sistemas de almacenamiento como pozos, hondonadas y depósitos subterráneos denominados Chultunes. Estos sistemas tenían dos funciones, una como cisternas para almacenar el agua de lluvia y otra como silos para guardar diversos granos alimenticios.

Los Chultunes fueron trascendentes en casi todos los asentamientos prehispánicos; su construcción implicaba excavar una cisterna en forma de botellón. La captación se hacía a través de los techos y la conducción mediante canaletas de barro o piedra labrada con un área de captación de aproximadamente 5 m de diámetro formada por un piso de aplanado de estuco el cual era una mezcla de piedra caliza cocida, cal y un pegamento orgánico extraído de un árbol endémico llamado localmente *Holol en Petén*; la boca y el cuello es la entrada circular por donde escurre el agua al depósito, los cuales estaban armados con piedras y recubiertos con estuco (ver figura 3).



Figura 3. Elementos del Chultun. IMTA (2004).

Se han encontrado Chultunes con capacidad de almacenamiento de hasta 9,300 litros con un diámetro de 3 m y una altura de 2 m, con una precipitación pluvial correspondiente a Uxmal de entre 900 y 1,250 mm, esto sin tomar en cuenta pérdidas debido a la evaporación y a la filtración, se puede decir que se guardaba un litro de agua por cada metro cuadrado de área de captación, con cada milímetro de precipitación.

Su forma como tipo campana, botellón, amorfo y el de bóveda variaba debido a que aún dentro de una misma región, las condiciones del terreno para crearlos son diferentes. Con la llegada de los españoles en el siglo XIV, se adaptaron distintos sistemas para la obtención y almacenamiento del agua. Siglos después surgieron nuevos métodos; se propusieron y construyeron obras para el uso del agua superficial y subterránea como presas, acueductos, pozos de extracción y sistemas de irrigación.

### 3. Principales Sistemas de Captación de Agua de Lluvia (SCALL) utilizados en el mundo y en México

Las características del agua de lluvia la hacen perfectamente utilizable para uso doméstico e industrial y la documentación existente sobre los sistemas de aprovechamiento de agua de lluvia, se limita a las acciones realizadas en las últimas décadas en diferentes zonas del planeta. Algunas de estas acciones se mencionan a continuación:

- ✓ Australia:
  - 30.4 % de la población en zonas rurales y el 6.5% en las ciudades utilizan algún SCALL.
  - 13 % de las casas cuentan con un SCALL, utiliza el agua para beber y cocinar.
- ✓ Bangladesh:
  - Desde 1977, ha instalado cerca de 1,000 SCALL por Organizaciones No Gubernamentales (ONG's) utilizando tanques de concreto reforzado y de mampostería, con un costo que varía entre \$50 y \$150 USD.
  - Son comunes: tanques de concreto reforzado y de mampostería, cisternas y tanques subterráneos.
- ✓ Tokio, Japón:
  - Utiliza SCALL para mitigar la escasez de agua, controlar inundaciones y asegurar agua para situaciones de emergencia.
- ✓ Alemania:
  - Cada año incorpora 50 mil SCALL como parte de su política pública, ya que la oferta de agua no crece al ritmo de las aglomeraciones urbanas, utilizando cubiertas de edificios, calles y vías peatonales.
- ✓ Brasil:
  - En la década pasada, inició un proyecto cuyo objetivo era construir 1 millón de tanques para la recolección de agua de lluvia, a través de ONG's para beneficiar a 5 millones de personas, utilizando estructuras de concreto reforzado.
- ✓ Estados Unidos:
  - Los SCALL son empleados en 15 estados de este país siendo Texas el estado donde más se utilizan; cuenta con alrededor de 50 compañías especializadas en el diseño de SCALL.
  - El costo de los sistemas varía entre los U\$5000 y U\$8000 (dólares de EE.UU.) dependiendo del tamaño de la cisterna de almacenamiento.
- ✓ México:

El Instituto Mexicano de Tecnología del Agua IMTA, a través de su Coordinación de Tratamiento y Calidad del Agua ha realizado investigación en este campo. Producto de este esfuerzo ha adaptado tecnología en comunidades rurales del norte del estado de Morelos para la captación y potabilización de aguas pluviales para uso y consumo

humano. También se diseñó y construyó en sus instalaciones una casa modelo autosuficiente.

En el Instituto Politécnico Nacional se ha realizado investigación con el fin de conocer el estado del arte de los SCALL en el mundo y particularmente en México, destacando sus ventajas y considerando también sus limitaciones, Herrera (2010).

En el año 2003 se constituyó el Centro Internacional de Demostración y Capacitación en Aprovechamiento del Agua de Lluvia del Colegio de Postgraduados de la Universidad Autónoma Chapingo (CIDECALLI-CP). Algunas de sus actividades han sido:

- Elaboración y ejecución de proyectos sobre SCALL para consumo humano y uso doméstico, en las comunidades Mazahua y Purépecha, en el Estado de Michoacán, en la Mixteca Oaxaqueña y Guadalajara, entre otros.
- Ha diseñado y construido cinco diferentes modelos de SCALL; se encuentran en el Campus Montecillo, del Colegio de Posgraduados de la Universidad Autónoma Chapingo y los ha denominado COLPOS 1 a COLPOS 5, CIDECALLI (2008).

Además de los anteriores sistemas, el CIDECALLI también ha desarrollado una cisterna para el sistema de producción intensiva de conejos con capacidad de 500 m<sup>3</sup> (COLPOS 6) y un reservorio para riego de auxilio y cultivo comercial de peces con capacidad de 10,000 m<sup>3</sup> (COLPOS 7).

Dada la relevancia de las investigaciones efectuadas por el CIDECALLI, a continuación se describen algunos de los sistemas COLPOS (del 1 al 5).

COLPOS 1. Cisterna para uso doméstico (ver figura 4):

- Capacidad de dotar a una familia de 4 personas.
- Consumo per cápita de 100 litros diarios durante todo el año.
- Área de captación 120 m<sup>2</sup>.
- Precipitación pluvial anual 610 mm.
- Tanque de almacenaje 73 m<sup>3</sup>.
- Costo ~ U\$3900.

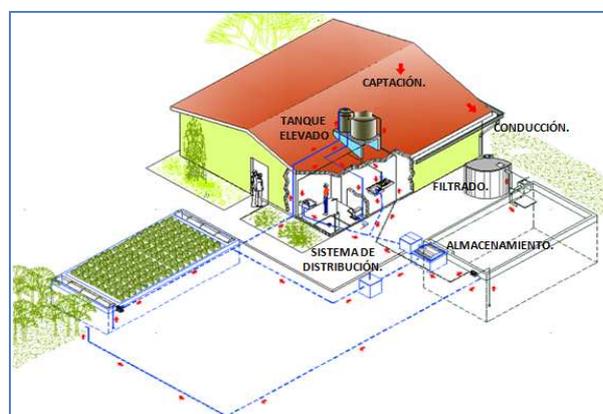


Figura 4. Sistema de captación Colpos 1.

COLPOS 2. Estanque para peces de ornato y comestibles en sistemas de producción libre y de jaulas flotantes. Un uso alternativo del agua es en el cultivo de hortalizas en huerto familiar (ver figura 5):

- Capacidad de 70 m<sup>3</sup>
- Costo ~ U\$1900.

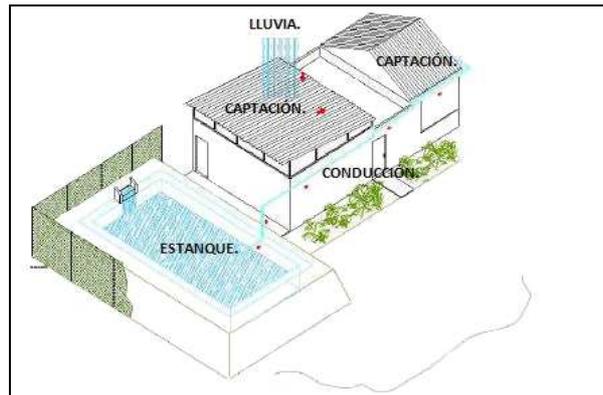


Figura 5. Sistema de captación Colpos 2.

COLPOS 3. Cisterna para planta purificadora de agua de lluvia (ver figura 6):

- Abastecimiento del agua de lluvia purificada a nivel comunitario.
- Inversión por persona de U\$40 a U\$50.
- Capacidad de la cisterna: 1,980 m<sup>3</sup>.
- Beneficia a 2,300 personas.

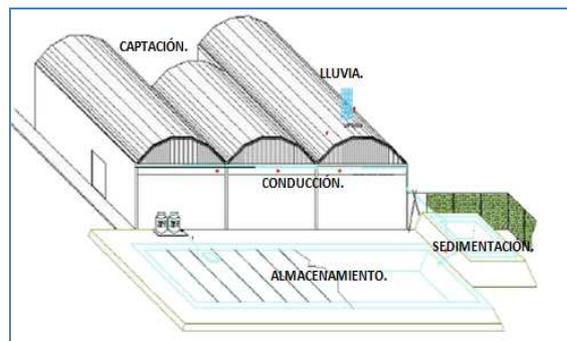


Figura 6. Sistema de captación Colpos 3.

COLPOS 4. Abrevadero para pequeñas explotaciones ganaderas (ver figura 7):

- Modelo capaz de servir una ganadería o granja familiar.
- Proporciona agua con una dotación de 50 litros por cabeza animal por día.
- Capacidad: 500 m<sup>3</sup>.
- Costo ~ U\$4100.

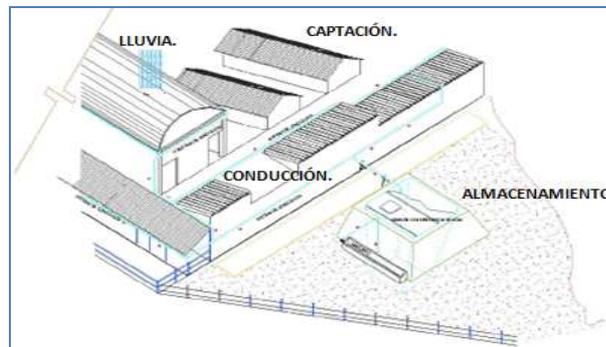


Figura 7. Sistema de captación Colpos 4

COLPOS 5. Cisterna para riego en invernaderos (ver figura 8):

- Capacidad de 2,000 m<sup>3</sup>
- Costo ~ U\$18300.
- El agua de lluvia captada por la cubierta es almacenada y conservada en condiciones adecuadas para el riego de cultivos bajo el sistema hidropónico.

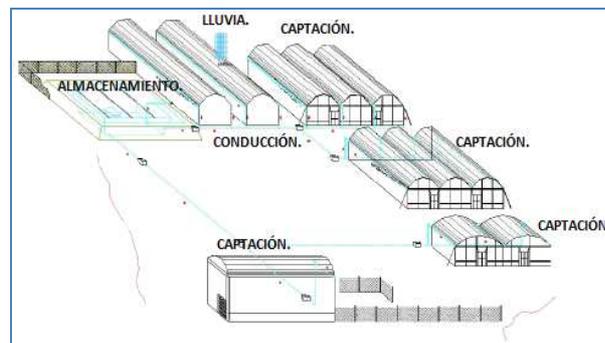


Figura 8. Sistema de captación Colpos 5.

El éxito de los proyectos que han sido impulsados por el CIDECALLI se ha visto reflejado en las comunidades que han puesto en marcha algunos de estos sistemas para captar el agua de lluvia, lo que motiva la continuidad de estos trabajos.

#### 4. Clasificación de los Sistemas de Captación y Aprovechamiento de Agua de Lluvia (SCALL)

A continuación se presenta una clasificación de los métodos alternativos de captación y uso eficiente de agua, la cual está basada en la forma en que el agua escurre como también en el uso que se le da:

- Sistemas para uso humano.
- Sistemas para uso agrícola y ganadero.
- Recarga de mantos acuíferos en zonas urbanas.

#### *Sistemas para uso humano*

Son todos aquellos sistemas que aprovechan el escurrimiento superficial captado a través de techados o superficies terrestres para ser almacenado luego en diversos tipos de cisternas y utilizarse en la vida diaria, ejemplos de ellos son los sistemas COLPOS.

#### *Sistemas para uso agrícola y ganadero*

Son aquellos que tienen por objetivo mejorar la producción de cultivos, árboles y pastizales en áreas propensas a sequía en lugar de que el escurrimiento superficial provoque erosión. Funcionan bajo el concepto de micro captación in situ, el cual manipula los escurrimientos superficiales para su almacenamiento en presas de tierra, atajados, estanques, hondonadas, jagüeyes, terrazas de cultivo y aljibes. Las técnicas de micro captación in situ involucran conservación del suelo, aumentan la disponibilidad de agua para los cultivos, mitigan los efectos de sequía y mejoran el entorno ecológico. Estos sistemas de captación de agua de lluvia son más relevantes para zonas áridas y semiáridas y donde los problemas de degradación ambiental, sequía y presiones de población son más evidentes, (ver figura 9).



Figura 9. Sistemas para uso agrícola y ganadero. Cajina (2006).

#### *Recarga de mantos acuíferos en zonas urbanas*

Tienen por objetivo la regulación y almacenamiento de agua en un acuífero, asegurando una gestión racional del potencial hidráulico de cualquier cuenca hidrológica o sistema de explotación. Se da a través de la infiltración natural en: suelos permeables, cunetas verdes, estanques de retención, humedales, entre otros (ver figura 10).



Figura 10. Recarga de mantos acuíferos en zonas urbanas. Perales y Andrés (2000).

## 5. Impacto y limitaciones de SCALL

La implementación de los SCALL puede impactar diferentes aspectos de la sociedad, tal como se comenta a continuación:

- ✓ Economía:
  - El agua de lluvia es un recurso gratuito y fácil de mantener.
  - La reducción en el consumo de agua potable entubada reduce la tarifa que pagan las familias.
  - Empleo de mano de obra y materiales locales.
  - No requiere energía para la operación del sistema.
  - Comodidad y ahorro de tiempo en la recolección del agua.
- ✓ Medio ambiente:
  - Ahorro energético en potabilización, desalinización o transporte de agua.
  - Conservación de las reservas de agua potable en acuíferos.
  - Podría disminuirse el 50 % de la contaminación por detergentes y suavizantes al utilizar agua de lluvia ya que ella es más blanda.
- ✓ Salud
  - Agua limpia en comparación con las otras fuentes de agua por mantenerse en menor contacto con contaminantes.
  - El agua se mantiene en óptima calidad para su uso.
- ✓ Social
  - Educación y disciplina de la población para que haga un buen uso del agua.

En cuanto a las limitaciones de los SCALL puede mencionarse:

- ✓ Dependen directamente de la cantidad de precipitación que se presente en la zona.
- ✓ Alto costo inicial en algunos casos lo cual limita su implementación por parte de familias de bajos recursos. Lo anterior pone de manifiesto la necesidad de establecer nuevas políticas de gobierno que incentiven el uso de los SCALL.

## 6. Análisis general

Como se ha podido apreciar existe una gran variedad de SCALL con distintas aplicaciones, los cuales presentan mayores ventajas que desventajas en su aplicación.

La evolución de estos sistemas ha sido lenta, debido a que fueron substituidos por sistemas modernos de distribución de agua. Algunos países como Alemania han retomado estos sistemas tradicionales, los han mejorado y en la actualidad han puesto en marcha sistemas muy tecnificados, Herrera (2010).

Los SCALL son una alternativa práctica y relativamente económica que podría contribuir con el abatimiento de la escasez de agua en medios rurales donde resulta muy costoso y en ocasiones imposible distribuir el recurso agua mediante una red o vehículos adaptados para tal fin.

Resulta crucial que los tomadores de decisiones consideren el establecimiento de nuevas normas y leyes que obliguen a los urbanizadores e industriales a la implementación de SCALL en el desarrollo de sus proyectos. Países como España, Islas Vírgenes, Islas Caicos y Turkos, Tailandia, Singapur y Japón, entre otros, cuentan con un marco legal y normativo que obliga a la captación de agua de lluvia empleando los techos.

Recordando que en México se precipitan  $\sim 1,500 \text{ km}^3$  de agua (Anaya, 2004), si se aprovechara solo el 3% de esta agua se podrían obtener, entre otros, los siguientes beneficios:

- ✓ Se podría abastecer a los 13 millones de mexicanos que actualmente no cuentan con agua potable.
- ✓ Se darían dos riegos de auxilio a 18 millones de hectáreas de temporal.
- ✓ Se abastecerían cincuenta millones de animales.
- ✓ Se regarían cien mil hectáreas de invernadero.
- ✓ Se podrían evitar inundaciones.

Enfocando los SCALL para uso humano y doméstico como el lavado de ropa, trastes, limpieza, inodoro y riego, el agua de lluvia puede reemplazar perfectamente al agua potable. En la figura 11 se aprecian algunos consumos domésticos en los cuales por lo menos 77 litros de agua son perfectamente sustituibles por agua de lluvia.

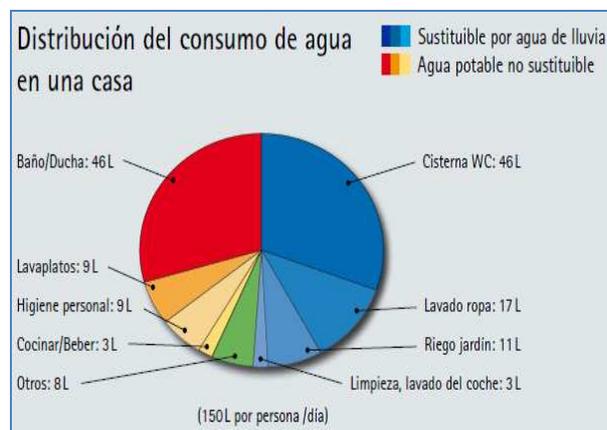


Figura 11. Consumos sustituibles por agua de lluvia. Herrera (2010).

Dado el escenario actual en materia de agua, es necesario adoptar un nuevo modelo de gestión integral del agua que optimice su trato como recurso, es decir, que las poblaciones puedan contar con un sistema que permita el uso eficiente y responsable del agua desde su captación hasta su devolución al medio, López *et al.* (2007).

La aplicación de los SCALL en combinación con medidas de ahorro de agua, impulso a una verdadera cultura del agua, tratamiento y reuso del agua (dotar las nuevas urbanizaciones con sistemas duales), entre otros, contribuiría no solo con el mejoramiento del nivel de vida de muchas poblaciones, sino con el desarrollo sustentable del país.

La calidad del agua de lluvia debe verificarse mediante la realización de pruebas de laboratorio, de tal forma que los parámetros físico-químicos cumplan con la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994. El CIDECALLI ha llevado a cabo tales pruebas para el sistema COLPOS 3 en la zona de Texcoco, Estado de México. De igual forma, el IMTA, por medio de su Coordinación de Tratamiento y Calidad del Agua, ha realizado estudios similares en la zona norte del Estado de Morelos (Jumiltepec y Villa Nicolás Zapata) en el 2008. Tales estudios han demostrado que la calidad del agua lluvia es buena en términos generales, excepto por la presencia de coliformes fecales producto de la presencia de aves y pequeños roedores en los sistemas de captación. Esta situación ha sido corregida mediante la cloración la cual permite la desinfección del agua, obteniendo agua para uso y consumo humano, de calidad y a bajo costo.

## 7. Conclusiones

Frente al escenario actual que involucra aspectos relacionados con el cambio climático (variaciones en el régimen de las lluvias), el aumento de la población, la escasez de agua en calidad y cantidades necesarias para suplir diversas necesidades, resulta tarea importante aprovechar eficientemente los recursos hídricos con tecnologías alternativas que sean de bajo costo y fáciles de implementar.

La construcción de SCALL debería ser considerada en cualquier obra de edificación como un sistema complementario de abastecimiento de agua potable. De esta forma, es necesario que las leyes incentiven y en su caso obliguen a los urbanizadores a implementar este tipo de tecnología; de igual forma a los industriales y empresarios.

Si se utilizaran las diferentes tecnologías de SCALL existentes, de manera conjunta, como un sistema integral de gestión del agua, se lograrían beneficios tales como: proteger los sistemas naturales, mejorar el ciclo del agua en entornos urbanos, reducir volúmenes de escorrentía y caudales punta procedentes de zonas urbanizadas minimizando el costo de la infraestructura de drenaje; también se pueden reducir los costos en los recibos de agua y de luz al disminuir la cantidad de agua que se tiene que bombear por las redes de distribución. La utilización de los SCALL y su difusión podrían ayudar a la sustentabilidad de los recursos hídricos.

## **Bibliografía.**

**Anaya, G.M.** (2004). Manual de sistemas de captación y aprovechamiento del agua de lluvia para uso doméstico en América Latina y el Caribe; IICA. Ed. Colegio de Posgraduados. Montecillo, México.

**Anaya, G.M.** 1999. Ancient and Contemporary Water Catchment Systems in México. 9<sup>th</sup> Conference of International Rainwater Catchment Systems Association (IRCSA). Petrolina, PE. Brasil.

**Brundtland, G.H.** (1987). Our common Future. Oxford University Press. (Trad. en castellano, Nuestro futuro común, Madrid, Alianza Ed., 1988).

**Cajina, M.** (2006). Alternativas de captación de agua para uso humano y productivo en la subcuenca del río Aguas Calientes, Nicaragua. Ed. del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza Tropical Agrícola CATIE. Turrialba, Costa Rica.

**CIDECALLI** (2008). Centro Internacional de Demostración y Capacitación en Aprovechamiento del Agua de Lluvia. Colegio de Posgraduados. México. <http://www.colpos.mx/ircsa/cidecall/>

**Comisión Nacional del Agua** (2008). Estadísticas del agua en México, situación de los recursos hídricos. México. Disponible en: [http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe\\_2008/06\\_agua/cap6\\_ref.html](http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_2008/06_agua/cap6_ref.html)

**Conant, J.** (2005). Agua para vivir: cómo proteger el agua comunitaria. Ed. Fundación Hesperian en colaboración con el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. EE. UU.

**Conde, C; Martínez, B; Sánchez, O; Estrada, F; Fernández, A; Zavala, J; Gay, C.** (2008). Escenarios de Cambio Climático (2030 y 2050) para México y Centro América. Disponible en: [http://www.atmosfera.unam.mx/gcclimatico/index.php?option=com\\_content&view=article&id=61&Itemid=74](http://www.atmosfera.unam.mx/gcclimatico/index.php?option=com_content&view=article&id=61&Itemid=74)

**COP** (2009). Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático 2009 (COP15) en Copenhague, Dinamarca, Diciembre 7-18, 2009. Disponible en: <http://www.denmark.dk/en/menu/Climate-Energy/COP15-Copenhagen-2009/cop15.htm>

**Crowley, T.J. and North G.R.** (1988). Abrupt Climate Change and Extinction Events in Earth History. *Science* Vol. 240 (4855), pp. 996-1002.

**Gay, C; Conde, C; Sánchez, O.** (2006). Escenarios de Cambio Climático para México. Disponible en: [http://www.atmosfera.unam.mx/cambio/escenarios/escenarios\\_3A\\_mapas\\_y\\_datos.htm](http://www.atmosfera.unam.mx/cambio/escenarios/escenarios_3A_mapas_y_datos.htm)

**Herrera, L.A.** (2010). Estudio de alternativas para el uso sustentable del agua lluvia. Tesis para obtener el grado de Maestro en Ingeniería Civil. IPN-ESIA Unidad Zacatenco, México.

**Instituto Mexicano de Tecnología del Agua - IMTA** (2004). Estudio antropológico sobre sistemas de riego y captación de agua. Informe 2004.

**IPCC** (2008). El cambio climático y el agua. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. OMM - PNUMA. Documento Técnico VI del IPCC. Disponible en: [http://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/publications\\_and\\_data\\_technical\\_papers\\_climate\\_change\\_and\\_water\\_spanish.htm](http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_and_data_technical_papers_climate_change_and_water_spanish.htm)

**López M; Ehrenfried A; Pérez P.** (2007). El ciclo urbano del agua. Un nuevo modelo de sistema integral de gestión. Eddea Arquitectura y Urbanismo S.L., No. 4. Sevilla, España.

**NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-127-SSA1-1994**, (1994). Salud ambiental, agua para uso y consumo humano-límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización. México.

**Oreskes, N.** (2004). Beyond the Ivory Tower. The Scientific Consensus on Climate Change. *Science* Vol. 306 (5702), pp. 1095-9203.

**Perales, S. y Andrés I.** (2000). Los sistemas urbanos de drenaje sostenible: una alternativa a la gestión del agua de lluvia. Biblioteca Digital Univ. Politécnica de Valencia. Disponible en: [http://www.ciccp.es/biblio\\_digital/V\\_Congreso/congreso/pdf/010310.pdf](http://www.ciccp.es/biblio_digital/V_Congreso/congreso/pdf/010310.pdf)

**UNESCO** (2006). Water, a shared responsibility. The United Nations World Water Development Report 2. Disponible en: <http://www.unesco.org/water/wwap/wwdr/wwdr2/>