

## La captación del agua de lluvia como solución en el pasado y el presente

Dr.C Ronnie Torres Hugues

email: [ronnie@cih.cujae.edu.cu](mailto:ronnie@cih.cujae.edu.cu)

Centro de Investigaciones Hidráulicas, Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría (Cujae), La Habana, Cuba.

### RESUMEN

El presente trabajo tiene como principal objetivo realizar una revisión bibliográfica sobre las tecnologías para el aprovechamiento del agua de lluvia que se han implementado en diferentes épocas y lugares del planeta. La necesidad de contar con este tipo de materiales en tiempos donde cada vez requieren del ahorro de los recursos es la principal motivación. Para una mayor comprensión se han fijado dos etapas: antes y después del siglo XX, así como las referencias sobre Cuba se han tratado separadas del resto del mundo. Se aprecia que el desarrollo tecnológico no solo se manifiesta en las técnicas disponibles, sino también en el uso que se le ha dado a este recurso, que como se verá, es cada vez mayor. Por tanto, constituye una recopilación actualizada sobre la temática en cuestión.

**Palabras clave:** agua de lluvia, aprovechamiento, aspectos históricos, cosecha de agua.

## Rainwater harvesting as supply solutions in the past and the present

### ABSTRACT

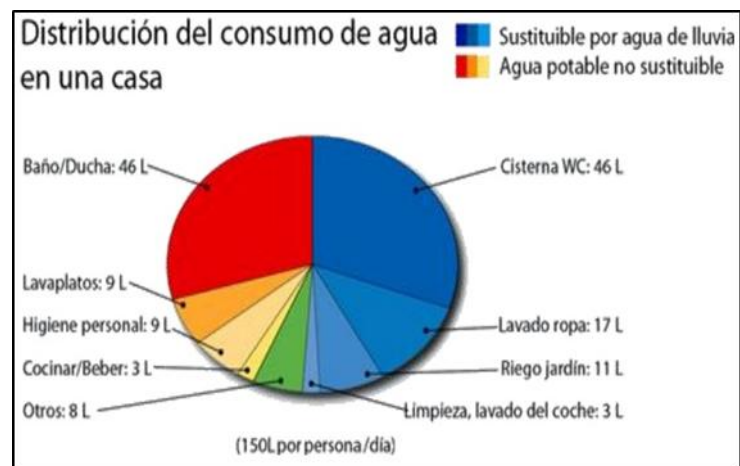
The mean objective of this work is to made a bibliographical review about technologies used for management of rainwater harvesting, which has been implemented in different times and places on the planet. For a better understanding two moments have been chosen: before and after the XX century, also reference about Cuba has been treated appart from the rest of the world. This text shows that technological development improved available techniques and increased different uses for this resource.

**Keywords:** rainwater, management, historical aspects, rainwater harvesting.

## INTRODUCCIÓN

En el afán de la supervivencia, la especie humana ha encontrado creativas soluciones para la obtención del agua a lo largo de los siglos. En sentido general, a esta práctica se le ha denominado cosecha del agua o crianza y abarca la captación del agua de lluvia y de la niebla, condensar el vapor, almacenar el agua superficialmente y, en el suelo, captar el agua subterránea y recoger agua de los ríos, entre otras (Yapa 2013).

La lluvia, al ser un mecanismo natural de limpieza, se puede emplear en una multitud de aplicaciones diarias que no requieren una calidad de potable y para las cuales el agua de lluvia es una alternativa eficaz y adecuada, pudiendo reducir más del 40% del consumo de agua potable en un hogar. La importancia de captarla, almacenarla, y utilizarla para estos fines es de gran relevancia para la mayoría de las poblaciones, sobre todo aquellas que no tienen acceso a ese vital líquido o se encuentra en escasez. En la figura 1 se aprecian algunos consumos domésticos en los cuales, por lo menos, 77 litros de agua al día son perfectamente sustituibles por agua de lluvia.



**Figura 1. Consumos sustituibles por agua de lluvia** [tomado de Fresquet 2018]

Como parte de la toma de conciencia ambiental a nivel mundial, se adoptó desde 1997 el protocolo de Kioto, que entró en vigor desde 2005 y promueve la sostenibilidad ambiental (Estupiñán y Zapata 2010). Aquellos países que se han acogido a este instrumento han tenido en cuenta el agua de lluvia para el mejoramiento o la ejecución de sistemas de suministro a nivel público o privado, agrícola, empresarial o colectivo. Por otra parte, la Asociación Internacional de Sistemas de Captación de Agua de Lluvia (IRCSA) promueve, desde 1982, el uso de los sistemas de captación de agua de lluvia con tecnologías y conferencias (Gnadlinger 2015). Otra experiencia mundial es la “Declaración Conjunta sobre el Aprovechamiento de Agua de Lluvia”, editada el día Mundial del Agua en 2011 por 40 entidades internacionales, en la que se estimula el aprovechamiento de las potencialidades de este recurso (Gnadlinger 2015).

Dado que hay una tendencia mundial a incorporar estos sistemas como vía para el desarrollo sostenible y, a su vez, Cuba se encuentra en una situación en la que se requiere la generalización de los mismos, es que se establece como objetivo en este documento la revisión bibliográfica de los casos donde se aprovecha el agua de lluvia como fuente de suministro, en distintas épocas (antes y después del siglo XX) y distintos lugares del planeta.

## **SISTEMAS DE CAPTACION DE AGUA DE LLUVIA**

A estos sistemas se les llama SCALL, por sus iniciales, y a los sistemas de captación de agua pluvial en techos se les denomina SCAPT, por la misma razón. En sentido general la literatura que aborda este tema es amplia y reporta fines tales como: cisternas de inodoros, riego de áreas verdes, limpieza de pisos, lavado de vehículos, contra incendios y lavado de ropa.

De manera general, estos sistemas interceptan y utilizan el agua de lluvia. Se componen de varios elementos que tienen como función: captar, conducir, filtrar y almacenar. Sin embargo, bajo determinadas circunstancias, como en edificios, se agregan dispositivos dedicados al bombeo y distribución.

Como todo sistema, presenta ventajas y desventajas. Dentro de las ventajas se encuentran: no queda sujeto a interrupciones en la red de abasto, reduce el escurrimiento y la erosión, la disponibilidad es independiente de empresas de servicios públicos, reduce criaderos de mosquitos, el agua es pura y suave por naturaleza, gratis para quienes la recolectan y libre de cloro y sus subproductos, pesticidas, etc., entre otras. Presenta como desventajas que el agua de lluvia no es controlable durante las épocas de sequía, puede llegar a contaminarse por los animales, materias orgánicas y contaminantes atmosféricos, las cisternas aumentan los costos de construcción y puede ser limitante para las familias de bajos recursos; si la cisterna no se protege puede inducir a la presencia de mosquitos y que no se cuente con la cantidad disponible (Fresquet 2018).

## **ANTECEDENTES HISTÓRICOS**

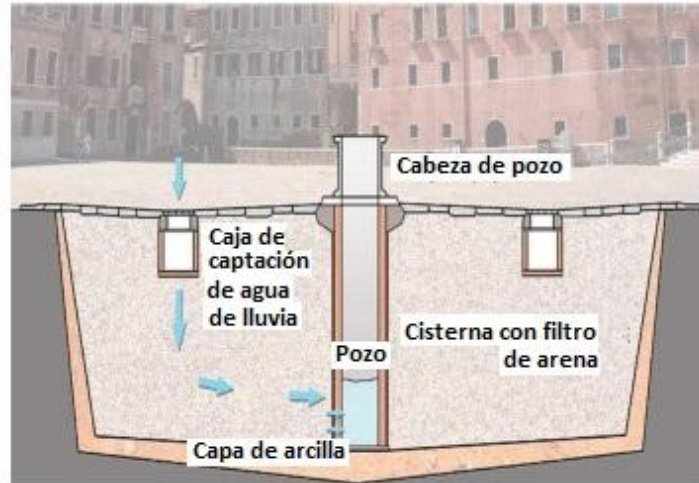
La captación del agua de lluvia como mecanismo de obtención de agua para el consumo humano y otras labores se presenta desde tiempos ancestrales. En diferentes partes del planeta, se han concebido soluciones para el problema de la disponibilidad de agua considerando este recurso. Como evidencia de lo anterior se muestran los ejemplos más significativos a nivel mundial y en Cuba.

### **Mundo**

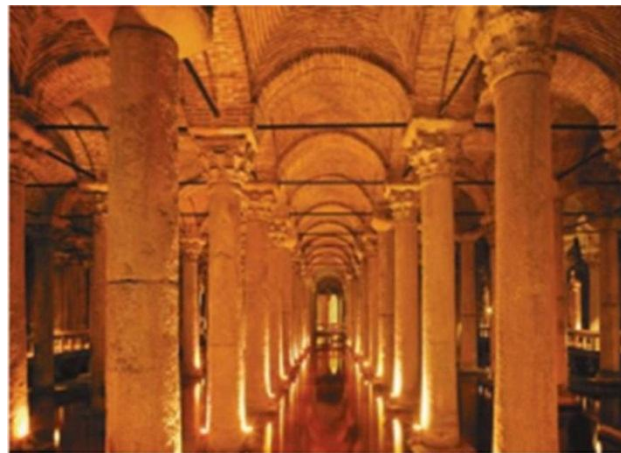
Alrededor del 1710 a.n.e. antiguos palacios europeos, como el de Knossos en Creta y el de Alhambra en Granada, contaban con sofisticados sistemas mediante la utilización de los techos y la construcción de cisternas, piscinas y fuentes. Por otra parte, Venecia es una ciudad que por varios siglos ha venido practicando esta forma de abasto y almacenamiento de agua, más de 6 700 cisternas subterráneas filtrantes, llamadas pozos, fueron construidos en la Edad Media. El sistema partía de recolectar la lluvia desde los tejados de las casas y conducirla por canales hacia estos depósitos. En su interior se encontraba un lecho de arena para mantener el agua fresca y pura, que era extraída por un pozo, bordeando la cisterna se hallaba una capa de arcilla, que servía para impedir la intrusión del agua salada (Gnadlinger 2015), ver figura 2.

En el imperio romano, siglos III y IV a.n.e., los sistemas de captación de agua de lluvia se implementaban al diseñar y construir las casas-habitación como complementos de las cisternas para fines domésticos (Anaya 1998). Estas viviendas contaban 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” (Ballén et

al. 2006). También este recurso era aprovechado por los romanos en el norte de África y en Asia Menor, donde en Turquía se han encontrado más de 150 cisternas de la época bizantina, como la cisterna de la Basílica de Constantinopla con 80 000 m<sup>3</sup>, ver figura 3. Estas aguas eran captadas desde los techos y conducidas por canales hasta el depósito (Ballén et al. 2006).



**Figura 2. Esquema de cisterna filtrante con pozo en Venecia**  
[tomado de Gnadlinger 2015].



**Figura 3. Cisterna en la Basílica de Constantinopla**  
[tomado de Ballén et al. (2006)]

Por otra parte, en Asia se observa en el desierto de Negev, Israel, restos de más de 4 000 años de estructuras que forman parte de la colecta de la escasa precipitación en cisternas de 200 a 300 m<sup>3</sup>, para ser utilizado en el ganado y labores domésticas (Anaya 1998), (Ballén et al. 2006). En las zonas altas de Yemen se han encontrado templos y sitios de oración construidos 1 000 años a.n.e. que cuentan con patios y terrazas para captar y almacenar agua de lluvia.

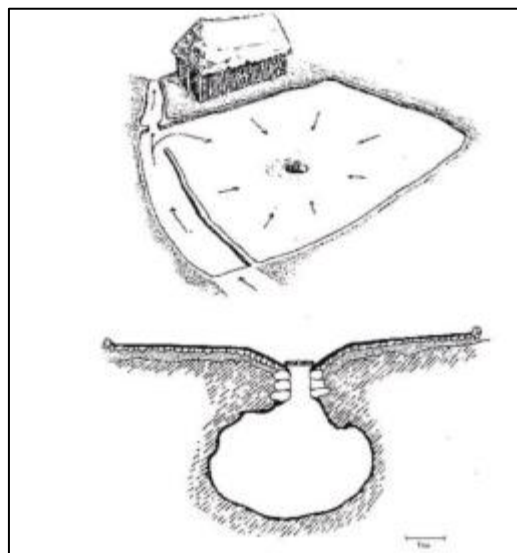
En la provincia de Gansu, en China, existían pozos y jarras para la captación de agua de lluvia desde hace más de 2 000 años. Mientras que en Irán se encuentran el “Abanbar”, el cual es un sistema tradicional comunitario para la captación y almacenamiento (Ballén et al. 2006),

(Gnadlinger 2015), ver figura 4. En Sri Lanka, entre los años 1153 y 1186, debido a la voluntad del rey, se llevó a cabo una gran infraestructura hidráulica, en la cual se destacaba la captación de agua de lluvia (Gnadlinger 2015).



**Figura 4. Abanbar, cisterna tradicional del pueblo de Isfahan, Irán**  
[tomado de Gnadlinger (2015)]

Por su parte, en América Latina y el Caribe, desde hace siglos se han practicado estos tipos de sistemas para uso doméstico, donde la recolección del agua proveniente de los techos se ha realizado en cisternas, jagüeyes y aljibes (Anaya 1998). Por ejemplo, en el imperio maya, siglo X a.n.e., se usaban cisternas excavadas en el subsuelo llamadas “Chultunes”, que tenían un diámetro de 5 m y se revestían con yeso para impermeabilizarlas, ver figura 5. En Belice, año 200 d.n.e., se empleaba un sistema de depósitos, canales y diques para administrar el agua de lluvia, y contar con agua en periodo de seca. 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 en los cultivos y el consumo humano (Ballén et al. 2006).



**Figura 5. Esquema de un chultún del pueblo maya**  
[tomado de Ballén et al. (2006)]

En Namibia y en Botsuana, desde hace miles de años se capta el agua de lluvia en huevos de avestruz, que se entierran y guardan para disponer del agua en la estación seca varios meses después (Gnadlinger 2015).

En las Américas de la época colonial eran común que las haciendas, conventos y casas contaran con este tipo de suministro. Ejemplos de esto se pueden encontrar en los conventos de Santo Domingo, en Oaxaca, en Acolman, en el Estado de México y en el convento de Zacatecas (Anaya 1998). También en la fortaleza de la isla Ratonés, cerca de la isla de Santa Catarina, en Brasil.

### **Cuba**

En la mayor de las Antillas, es en la época colonial donde se comienza a utilizar la captación de agua de lluvia como fuente de abasto alternativa.

Para ello se emplearon aljibes o cisternas, pero éstos estuvieron limitados a los castillos y conventos debido a lo costoso que resultaba realizar las excavaciones en la roca viva. Es famosa la cisterna del convento de Santa Clara con una capacidad de 60 000 litros, ver figura 6.



**Figura 6. Aljibe del convento de Santa Clara en La Habana**

Estos aljibes recogían las aguas de lluvia de los techos a través de caños de ladrillos. En las viviendas esto se vino a implementar a fines del siglo XVII, pero los que no podían costear un aljibe utilizaban tinajones, solución que se hizo muy popular en Camagüey, ver figura 7. Como medida sanitaria acostumbraban desechar las aguas de los primeros aguaceros de la estación. (De las Cuevas 2001).



**Figura 7. Patio camagueyano con típicos tinajones**  
[tomado de De las Cuevas (2001)]

En Sagua la Grande hasta 1893 se vendía a dos centavos el galón de agua de lluvia y a centavo la de río (De las Cuevas 2001). En sentido general, en el censo de 1899 se reportan las fuentes de abastecimiento de agua a las ciudades con más de mil habitantes, ver tabla 1.

**Tabla 1. Proporción de moradas urbanas que obtienen agua de una fuente de abastecimiento especificada (De las Cuevas 2001)**

Ciudad	Acueducto	Aljibe	Río	Pozo	No especificada
Santiago de Cuba	94	-	3	1	2
La Habana	83	4	-	1	12
Sancti Spíritus	73	8	17	-	2
Matanzas	55	39	-	1	5
Sagua la Grande	53	1	8	36	2
Cienfuegos	42	7	-	47	4
Cárdenas	25	68	-	3	4
Guanabacoa	1	86	-	3	10
Regla	1	46	-	45	8
Manzanillo	-	31	30	38	1
Pinar del Río	-	90	6	1	3
Puerto Príncipe	-	54	-	41	5
Santa Clara	-	89	-	10	1
Trinidad	-	-	11	87	2

En cuanto a número de casas este estudio reflejó que 41 748 casas (16%) tenían agua de acueducto y 120 621 (46%) se abastecían de aguas pluviales recogidas en aljibes o en tinajones (De las Cuevas 2001).

## ACTUALIDAD

A nivel mundial el aprovechamiento del agua de lluvia se ha convertido en un incentivo para la gestión y el uso eficiente del agua. De esta forma, está siendo utilizada para una mayor variedad de fines, como se verá a continuación.

## Mundo

Se estima que alrededor de 100 millones de personas en el mundo dependen parcial o totalmente de estos sistemas, principalmente en las áreas rurales. Diversas tecnologías se emplean para la conformación de los mismos, por ejemplo: estanques, presas de tierra, aljibes, ollas de agua, molinos de vientos, bombas recíprocas de pistón, camiones cisternas, manantiales canalizados o entubados, trampas de agua de lluvia, pilas recolectoras y techos cuencas, entre otros.

Por su parte, los materiales usados en las cisternas han sido polietileno, ferrocemento, cal, placas de cemento, tela-cemento, bambú y materiales locales (Anaya 1998).

Debido a la posibilidad de su captación y disponibilidad, en las últimas décadas se han llevado a cabo acciones que se extienden por todo el planeta. Algunas de estas acciones se mencionan a continuación.

A finales del siglo pasado se implementó en Tailandia, donde la población de las zonas rurales representa cerca del 80% y el acceso al agua es muy limitado, un programa para mejorar el acceso al agua mediante estos sistemas, que consistió en la construcción de un tanque de hormigón reforzado con bambú conectado a cada casa particular. También se puede encontrar esta solución en Kenia y Singapur (Anaya 1998).

En Bangladesh, desde 1977, se han instalado cerca de 1000 SCALL por Organizaciones No Gubernamentales (ONGs) utilizando tanques de hormigón reforzado y de mampostería (Duran et al. 2010).

Para mitigar la escasez de agua, controlar inundaciones y asegurar agua para situaciones de emergencia, en Japón se han implementado los sistemas “Ronjinson” en el distrito de Mukojim, que llevan el agua de lluvia desde el techo de la casa, hasta un pozo subterráneo para almacenarla y extraerla mediante una bomba manual (Anaya 2009). Actualmente en La India, en las ciudades de Chennai y New Dehli, estos sistemas son obligatorios (Anaya 2009).

Por su parte, el gobierno chino ha implementado el proyecto llamado “1.2.1” para la captación del agua de lluvia, con el cual se está suministrando agua a millones de personas y de cabezas de ganado (Anaya 2009). En este se auxilia a cada familia a construir un área de captación de agua de lluvia, dos tanques de almacenamiento del agua y un lote para la plantación de cultivos comercializables. Como homenaje a esto fue construido en esta localidad un monumento a la captación de este recurso y así incentivar el aprovechamiento de esta fuente de agua para el consumo humano, la agricultura y el medio ambiente, ver figura 8 (Gnadlinger 2015).

Alemania, por su parte, cada año incorpora 50 000 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 (Duran et al. 2010).

Al otro lado del Atlántico, el gobierno de Canadá provee un subsidio en la compra de tanques para el aprovechamiento del agua de lluvia proveniente de los techos, siendo utilizada para regar los jardines y para uso doméstico (Anaya 2009).



En los Estados Unidos de América los SCALL son empleados en 15 estados de este país, siendo Texas el estado donde más se utilizan y cuenta con alrededor de 50 compañías especializadas en el diseño de SCALL (Duran et al. 2010).

Por su parte en las Islas Vírgenes, la oferta de agua se realiza con cisternas que captan, por ley, agua de lluvia, además aproximadamente el 80% de la población se abastece con estos sistemas (Anaya 2009).

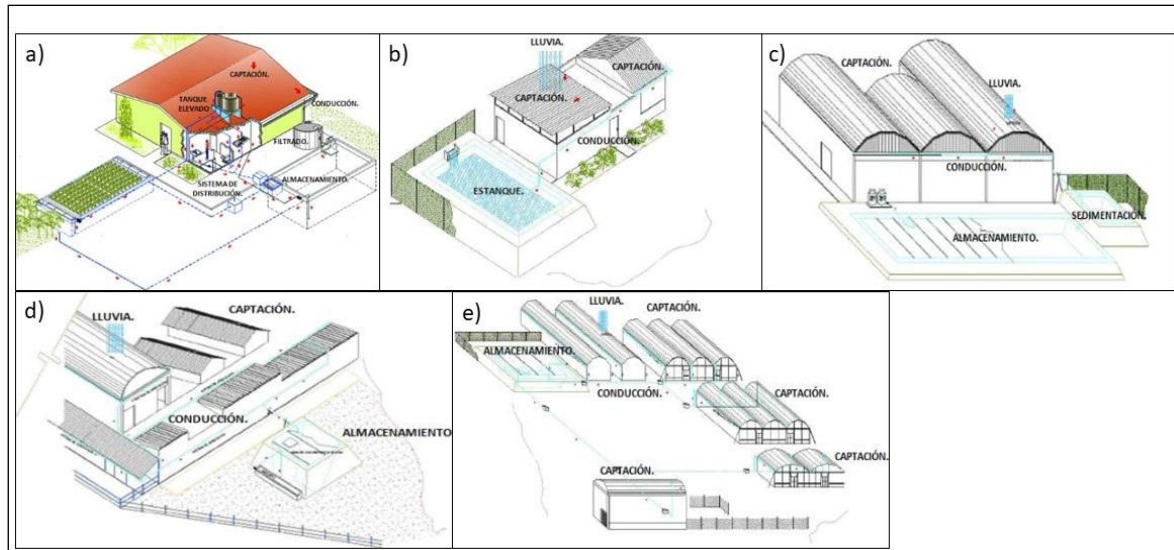


**Figura 8. Monumento en homenaje a la captación de agua de lluvia**  
[tomado de Gnadlinger (2015)]

Los SCALL han constituido en México una solución para el abastecimiento de agua para consumo humano dirigida a 13 millones de mexicanos ubicados en 3,3 millones de viviendas. Para ello han desarrollado cisternas revestidas con geomembrana, depósitos metálicos de 5 a 5 000 m<sup>3</sup>, bolsas para almacenar aguas pluviales de 1 a 400 m<sup>3</sup>, entre otras (Anaya 2009).

También han desarrollado proyectos de investigación en los que se ha adaptado tecnología en comunidades rurales de varias regiones del país para uso y consumo humano. En este sentido, se diseñó y construyó en las instalaciones del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), una casa modelo autosuficiente (Duran et al. 2010).

Por su parte, el Centro Internacional de Demostración y Capacitación en Aprovechamiento del Agua de Lluvia del Colegio de Postgraduados de la Universidad Autónoma Chapingo (México), CIDECALLI-CP, constituido en 2003, ha dirigido sus actividades para el consumo doméstico, cría de peces de ornato y comestibles en sistemas de producción libre y de jaulas flotantes con uso alternativo en el cultivo de hortalizas en huerto familiar, planta purificadora de agua de lluvia, abrevadero para pequeñas explotaciones ganaderas, riego en invernaderos, producción intensiva de conejos y riego de auxilio y cultivo comercial de peces, ver figura 9 (Duran et al. 2010).



**Figura 9. Sistemas desarrollados por el CIDECALLI-CP**  
**a) para uso doméstico, b) para cría de peces,**  
**c) para el tratamiento, d) para fines ganaderos y e) para invernaderos**

En Honduras se han diseñado sistemas basados en cisternas recolectoras, formadas con materiales locales, para almacenamiento del agua de lluvia (Anaya 2009). Algunas ONGs en República Dominicana ayudaron a instalar sistemas de captación de agua de la lluvia en más de 500 hogares (Anaya 2009).

Actualmente, en Colombia esta práctica se concentra a través de experiencias tradicionales de captación por medio de canecas, vasijas y pozos artesanales para usos no potables (Estupiñán y Zapata 2010).

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 ONGs para beneficiar a 5 millones de personas, utilizando estructuras de hormigón reforzado (Duran et al. 2010).

También ha liderado diferentes proyectos de mediana y pequeña escala en centros comerciales, industriales y residenciales, complejos deportivos, estaciones de servicio y sistemas de demanda para agricultura, en más de 62 ciudades (Estupiñán y Zapata 2010).

En Australia, el 30,4 % de la población en zonas rurales y el 6,5 % en las ciudades utilizan algún SCALL, por su parte, el 13 % de las casas cuentan con uno y utilizan el agua para beber y cocinar (Duran et al. 2010), para usos agrícolas como la Universidad de Western Sydney y en rascacielos y zonas residenciales en Melbourne, Sydney, Perth y Darwin (Estupiñán y Zapata 2010).

Para lograr esto se ha recurrido a la generación de políticas de aprovechamiento, de conjunto con incentivos tributarios y conciencia ambiental. De esta forma encabeza la recolección de agua de lluvia a nivel mundial (Estupiñán y Zapata 2010).

En sentido general, Estados Unidos, Suecia, China, Japón, Australia, Indonesia, Alemania, España, Francia, Nigeria y Sudáfrica son países que lideran estas prácticas, mediante concepciones técnicas, científicas, normativas y socioeconómicas, asociadas con procesos de construcción sostenible.

Del mismo modo, Brasil, México y Chile guían en Latinoamérica esta experiencia para usos no potables en conjuntos residenciales, escuelas, estaciones de servicios, parques, sistemas de riego, paisajismo y zonas duras (Estupiñán y Zapata 2010).

Países como España, Islas Vírgenes, Islas Caicos y Turkos, Tailandia, Brasil, México, Singapur y Japón, entre otros, han desarrollado un marco legal y normativo que obliga a la captación de agua de lluvia empleando los techos (Duran et al. 2010).

### Edificios inteligentes

En la actualidad, donde se hace necesario tanto el incremento del fondo habitacional como la disminución del impacto ambiental de las edificaciones, la conciencia ambiental aplicada a las construcciones viene a ser una solución necesaria. En este sentido (Fresquet 2018) aborda la temática desde la arquitectura sostenible y su manifestación en los edificios inteligentes.

El primero de estos términos se asocia el modo de concebir el diseño arquitectónico buscando optimizar recursos naturales y sistemas de la edificación de tal modo que minimicen el impacto ambiental sobre el medio ambiente y sus habitantes.

Los segundos se pueden definir como aquel inmueble que desde su diseño incluye aspectos que permitan el ahorro de energía en su operación y el cuidado del medio ambiente. Deben asegurar un mantenimiento eficaz a bajo costo.

Asimismo, garantizar una larga vida al inmueble y que sea flexible a las adecuaciones para su ocupación. Los mismos pueden tener distintos grados de inteligencia, así como otras categorías, ver figura 10. La diferencia fundamental entre ellos se encuentra en la medida en que logran la eficiencia energética.

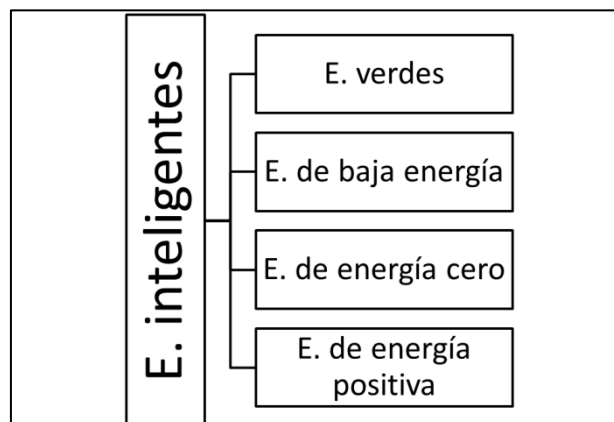


Figura 10. Clasificación de los edificios inteligentes

En cuanto al agua, para disminuir notablemente el impacto ambiental de actividades que se realizan, se han implementado alternativas encaminadas al reúso o el manejo del agua en las distintas áreas de la industria y el sector energético, el tratamiento de las aguas residuales y la captación de agua de lluvia.

A nivel mundial se han establecido varios sistemas de certificación para los edificios sostenibles, uno de los más empleados es el LEED (acrónimo de “Leadership in Energy & Environmental Design”), desarrollado por el Consejo de la Construcción Verde de Estados Unidos (en inglés: “U.S. Green Building Council”, con las siglas USGBC).

Este fue inicialmente implantado en el año 1993 y se ha venido poniendo en práctica en varios países desde entonces (Fresquet 2018). Consiste en el otorgamiento de créditos o puntos en base a 110, según ocho criterios, ver figura 11. Del total de puntos, 100 son considerados básicos (constituidos por los seis primeros criterios), seis para innovaciones en el diseño y cuatro según la prioridad regional. Es de destacar que al uso eficiente del agua (tercer criterio) se le ha otorgado diez puntos, y tiene el objetivo de incentivar la utilización del recurso agua de la manera más eficiente.

Este sistema es también aplicable a viviendas, barrios y colegios. En América Latina hay cerca de 1 000 edificios con la certificación LEED o en proceso, destacándose países como Brasil, México y Argentina.

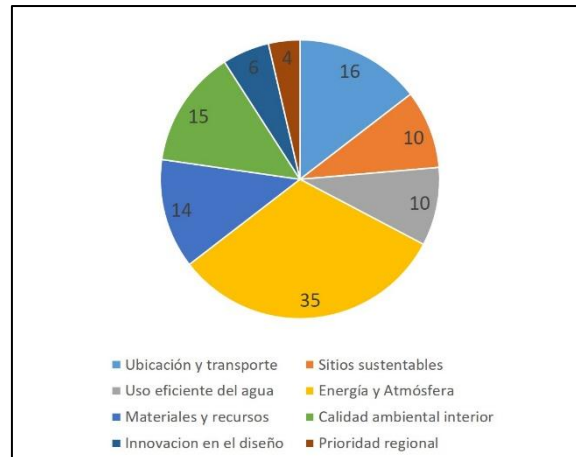
Como ejemplos de edificios a nivel mundial se encuentran: el edificio de oficinas “Bullit Center” que, en cuanto al agua, posee baños con sanitarios que crean compost, y su sistema de recolección de aguas lluvias captan suficiente agua para sobrevivir a una sequía de 100 días; el Centro para la Investigación Interactiva en Sostenibilidad, en Canadá, que desarrollan la captación de agua de lluvia, el tratamiento y reciclaje de aguas residuales y la recarga de mantos acuíferos con el escurrimiento de agua que no se puede utilizar para ser consumida como agua potable; el edificio “The Change Initiative” (TCI) en Dubai, que tiene sistemas recolectores de agua que utilizan en riegos y refrigeración y reutilización del agua, este ha alcanzado 107 de los 110 puntos LEED, lo que lo convierte en el edificio más sostenible del mundo y, por último, la Base de la Sostenibilidad de la NASA, en Estados Unidos, que presenta sistema de reciclaje de aguas grises y recibió el máximo sello de la certificación LEED, al obtener Platino (Fresquet 2018).

Por su parte, la Alianza por la Sustentabilidad Hídrica en el Turismo, conformada por autoridades y organizaciones turísticas y ambientales mexicanas e internacionales, ha lanzado el Distintivo Hotel Hidrosustentable en respuesta a la creciente preferencia del turista hacia los establecimientos con desempeño ecológico (Fresquet 2018).

## **Cuba**

En Cuba también se reporta la aplicación de este tipo de sistemas. El Centro de Investigaciones de Energía Solar (CIES), ver figura 12, con más de 30 años, consiste en un edificio experimental de 5 plantas, con laboratorios y oficinas en las dos primeras plantas y 12 apartamentos en las tres plantas superiores, abastecidos todos con fuentes renovables de energía (Fresquet 2018).

En cuanto al agua, la granja avícola se limpiaba por golpes de agua que, junto a la gallinaza, iban a un tanque sedimentador. En este tanque se separaba la parte líquida de la sólida. La parte líquida iba a un cultivador de microalgas y la sólida al digestor de biogás.



**Figura 11. Otorgamiento de créditos por el LEED**

Además, el agua potable se recibía por gravedad en dos cisternas que funcionaban también como aljibes, donde se recogía el agua de lluvia y se bombeaba a tanques superiores mediante molinos de viento.

En uno de los aljibes-cisternas se recogía el agua de la azotea del edificio, y en el otro, el agua de la plataforma del cultivador de microalgas, de 1 000 m<sup>2</sup> de área horizontal. Se caracterizó por ser el primer edificio de energía positiva conocido (en la era de los combustibles fósiles) hasta ese momento en el mundo.

Otras experiencias que se han documentado en el uso de este recurso son los sistemas de refrigeración en un frigorífico en Consolación del Sur; la cisterna para almacenar 60 mil galones de agua de lluvia de la fábrica de calzado Nguyen Van Troi, en la carretera Monumental (Fresquet 2018) y las ideas conceptuales para un edificio alto en el municipio Vedado, La Habana (Torres y Fresquet 2019).

En cuanto al marco legal, en el Plan Hidráulico Nacional 2015 -2020, elaborado por especialistas del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos, se plantea que ha habido una reducción de 40 mm del promedio anual de precipitación en Cuba en el período 1961-2000.

Esto, acompañado de la demanda de agua para una gran cantidad de habitantes, trae como consecuencia que la institución ha hecho un llamado para implementar estrategias con el fin de revertir la situación de estrés a partir de lograr un uso más eficiente y productivo del agua, la cual deberá encaminarse al incremento de disponibilidades relativas de la misma comenzando por incrementar la cantidad y calidad de agua a partir de otras formas no convencionales como la captación directa de agua de lluvia, la desalación y la recarga artificial de acuíferos (Fresquet

2018). También aparecen referencias a la captación de agua de lluvia en la NC 775-13:2012 y en la Ley de las Aguas Terrestres, aprobada recientemente por el parlamento cubano.



**Figura 12. Imagen del Centro de Investigaciones de Energía Solar (CIES)**  
[tomado de Fresquet (2018)]

## CONCLUSIONES

Los sistemas de captación de agua de lluvia, teniendo en cuenta su diversidad, tuvieron gran difusión en tiempos ancestrales, pudiéndolos encontrar en Europa, América, Asia y África, sobre todo en las regiones con escasez. Los usos más frecuentes a los que se destinó este recurso fueron doméstico, consumo humano y agrícolas, tanto en zonas rurales como urbanas.

Por su parte, en Cuba esta tecnología fue desarrollada como fuente de abasto alternativa. A lo largo del siglo XIX gozó de gran expansión, 12 de las 14 grandes ciudades se abastecían de esta manera, en alguna medida y cinco en una proporción mayor del 50%. Una de las tecnologías que más la caracterizó fue el tinajón, destacándose Camagüey por su fabricación.

Desde mediados del siglo XX, a raíz de la conciencia ambiental se retomó esta tecnología, incorporando materiales novedosos como ferrocemento, geomembranas y polietileno, entre otros. Por otra parte, dado el desarrollo social se ha diversificado el uso de este recurso destinándolo no solo al consumo doméstico y agrícola, sino también para la cría de peces, lavado de autos, contra incendio, etc. Además, se ha ganado terreno en lo legislativo, donde varios países han desarrollado un amplio marco legal. Incluso a nivel mundial se han creado organizaciones para promoverlos y otras se han dirigido a la incorporación en la arquitectura y construcción de estructuras.

La mayor de las Antillas también se ha volcado en la utilización de estos sistemas contando con varios ejemplos y promoviendo su uso en el marco legal. No obstante, el mismo órgano rector del agua reconoce que es insuficiente y necesario, teniendo en cuenta la tendencia decreciente del comportamiento de las precipitaciones.

Los elementos expuestos brindan un amplio panorama de la situación de estos sistemas a nivel mundial y nacional, de forma tal que se dispone de un documento de gran utilidad para la consulta e implementación de estos.

## REFERENCIAS

- Anaya M.** (1998). “Sistemas de captación de agua de lluvia para uso doméstico en América Latina y El Caribe. Manual Técnico”, Ed. Agencia de Cooperación Técnica IICA-México, México.
- Anaya M.** (2009). “Antecedentes de la captación del agua de lluvia”, Centro Internacional de Demostración y Capacitación en Aprovechamiento del Agua de Lluvia CIDECALLI – CP, Reporte DDCTS, México, septiembre.
- Ballén J. A., Galarza M. A., Ortiz R. O.** (2006). “Historia de los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia”, VI SEREA. Seminario Iberoamericano sobre Sistemas de Abastecimiento Urbano de Agua, Joao Pessoa, Brasil.
- De las Cuevas J.** (2001). “500 años de construcciones en Cuba”. Chavín, Servicios Gráficos y Editoriales, S.I. Madrid.
- Duran P., Herrera L. y Guido P.** (2010). “Captación de agua de lluvia, alternativa sustentable”, CONAMA10, Congreso Nacional del Medio Ambiente, México.
- Estupiñán J. L. y Zapata H.O.** (2010). “Requerimientos de infraestructura para el aprovechamiento sostenible del agua lluvia en el campus de la Pontificia Universidad Javeriana, sede Bogotá”, Tesis de maestría en Ingeniería Civil, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.
- Fresquet A.** (2018). “Sistema de captación de agua de lluvia para abastecer un edificio alto ubicado en 25 y J, Vedado”, Trabajo de diploma, Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría (Cujae), La Habana.
- Gnadlinger J.** (2015). “Agua de Chuva no manejo integrado dos recursos hídricos em localidades semiáridas: aspectos históricos, biofísicos, técnicos, económicos e sociopolíticos”, Instituto Nacional do Semiárido, ISBN 978-85-64265-13-4, Campina Grande. Brasil.
- Torres R. y Fresquet A.** (2019). “Captación de lluvia para descarga de olores en edificio alto en el Vedado, La Habana”, Ingeniería Hidráulica y Ambiental, Vol. 1, No. XL, pp 122-135, ISSN 1815-591X, Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría (Cujae), La Habana, Cuba.
- Yapa K.** (2013). "Prácticas ancestrales de crianza de agua", Edipcentro Cía., ISBN: 978-9942-9887-8-2, Ecuador.