

Sistemas de captación de agua de lluvia: paralelismos entre África y América, y desarrollo de un captador portátil

Recio Díaz, María del Mar*
Armisen Bobo, Pedro*
Mancebo Piqueras José Antonio*/**
Esteban Zazo, Ana**

**Departamento de Ingeniería Mecánica, Química y Diseño Industrial (Universidad Politécnica de Madrid-UPM), Madrid, España*

mariadelmar.recio@upm.es

pedro.armisen@upm.es

***Grupo de Cooperación Sistemas de Agua y Saneamiento para el Desarrollo (Universidad Politécnica Madrid-UPM), Madrid, España*

ja.mancebo@upm.es

anae.zazo@gmail.com

Sistema de coleta de agua da chuva. Paralelos entre a África e a América. Desenvolvimento de um sensor portátil.

Recibido: 2 de diciembre de 2018

Aceptado: 17 de octubre de 2019

Resumen

Cada día, y con mayor frecuencia, se están focalizando intereses e investigaciones en el abastecimiento de agua potable procedente de la lluvia, como una opción válida para mejorar el acceso al agua potable de calidad. La apreciable similitud climática entre algunas regiones de África y América permite desarrollar soluciones parecidas a ambos lados del Atlántico. Por tanto, se abre un gran abanico de colaboraciones entre todos los actores interesados en la cooperación al desarrollo en materias afines al agua: saneamiento, habitabilidad, energía, alimentación, etc. El presente trabajo aborda estos paralelismos y plantea algunas vías de colaboración, basadas en las experiencias adquiridas en los últimos años en Brasil y Tanzania. A su vez, se presenta el trabajo piloto realizado por la empresa social Your Own Water¹ (YOW), en colaboración con el Grupo de Cooperación Sistemas de Agua y Saneamiento para el Desarrollo de la Universidad Politécnica de Madrid (SAySPD-UPM)², relacionado con el diseño y desarrollo de sistemas de captación de agua de lluvia.

¹ <http://www.yourownwater.org/>

² <http://www.etsidi.upm.es/Escuela/CoopDesarrollo>

Palabras clave: agua de lluvia, semiárido, cisternas, abastecimiento, agua potable, captación de agua de lluvia.

Resumo

Cada dia mais frequentemente e interesses de pesquisa estão se concentrando no fornecimento de água potável a partir da chuva, como uma opção para melhorar o acesso à qualidade da água potável. A semelhança climática significativa entre algumas regiões da África e da América pode desenvolver semelhante em ambos os lados das soluções do Atlântico. Portanto, uma ampla gama de colaborações se abre entre todos os intervenientes na cooperação para o desenvolvimento em áreas relacionadas com a água: saneamento, habitação, energia, alimentos, etc. Este artigo aborda esses paralelos e levanta algumas avenidas de colaboração, com base na experiência adquirida nos últimos anos no Brasil e Tanzânia. Ao mesmo tempo, é apresentado o trabalho piloto realizado pela empresa social Your Own Water (YOW), em colaboração com o Grupo de Sistemas de Água e Saneamento para o Desenvolvimento da Universidade Politécnica de Madrid (SAySPD -UPM), relacionado com a concepção e desenvolvimento de sistemas de recolha de águas pluviais.

Palavras-chave: água da chuva, semi-árido, tanques, fornecimento, água potável, coleta de água da chuva.

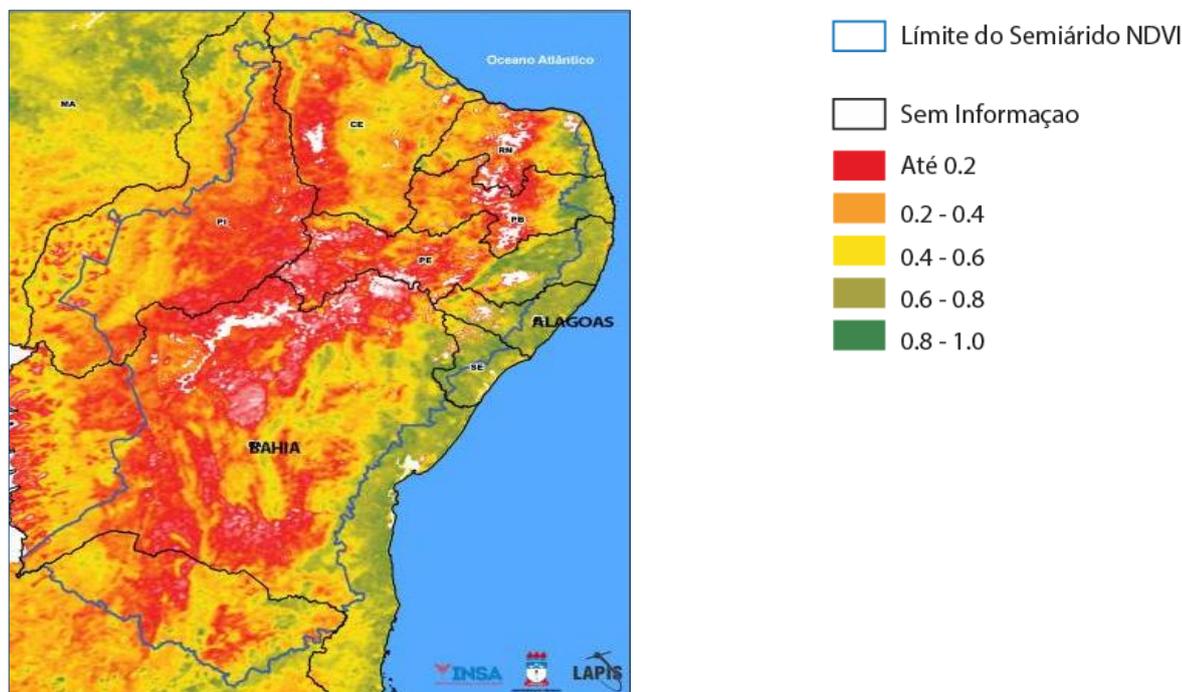
1. Introducción

Hace varias décadas, el Gobierno de Brasil emprendió el programa "Un millón de cisternas" como medida de choque para paliar las graves consecuencias de la falta de acceso al agua en algunas regiones del nordeste del país, el Semiárido Brasileño. Se trata de una extensa región (figura 1), con unos 900.000 km² de superficie, en la que los recursos hídricos se caracterizan por varios aspectos, en general negativos, que dificultan el acceso al agua:

- Escasez de lluvias o estacionalidad acusada de las mismas, con precipitaciones intensas concentradas en pocos días. Incluso con periodos de sequía prolongados (varios años).
- Terrenos de elevada permeabilidad, que reducen o anulan las corrientes

- superficiales, un ejemplo es el río Ipanema, apenas una sucesión de charcos. En los casos de suelos impermeables, por el contrario, se producen elevadas escorrentías con fuertes erosiones superficiales del terreno.
- Acuíferos con nivel freático profundo, con aguas salinas prácticamente inadecuadas para el consumo humano. En otros casos, el acuífero ha sido capturado por potentes ríos que circulan encajonados en valles excavados en los materiales fácilmente erosionables, aumentando así la profundidad del suelo saturado en sales minerales. Como ejemplo representativo de este doble fenómeno, puede citarse el río San Francisco.

NDVI- MÉDIA MENSAL DE AGOSTO/2013



Todo ello determina una combinación de factores cuyas consecuencias sobre el conjunto de la población y, sobre los ecosistemas en general con un marcado carácter de equilibrio inestable, por no decir de acusada dificultad de supervivencia. Así, en años de sequía, buena parte del ganado desaparece, con todo lo que ello implica. La escasa resistencia a la carencia de agua, se agrava con los indicadores económicos de una de las regiones más pobres del país.

Sin embargo, la convivencia con el Semiárido se ha convertido en todo un reto, especialmente en los estados que comparten este amplio espacio, fomentándose múltiples intervenciones a todos los nive-

les (Ventura, 2013), tanto en las fases de estudio y caracterización, como en las de planificación y promoción de soluciones para la adaptación a un contexto tan exigente de resiliencia. Entre estas intervenciones destacan el esfuerzo de las universidades, de los gobiernos (federal y estatal), de institutos vinculados al Semiárido, de las agencias e institutos de desarrollo, como AECID, IABS, etc.

Este caso supone ya un verdadero paradigma de adaptación a un medio duro y a la vez muy vulnerable. En todo este contexto juega un papel importante la captación y gestión del agua de lluvia (figura 2).

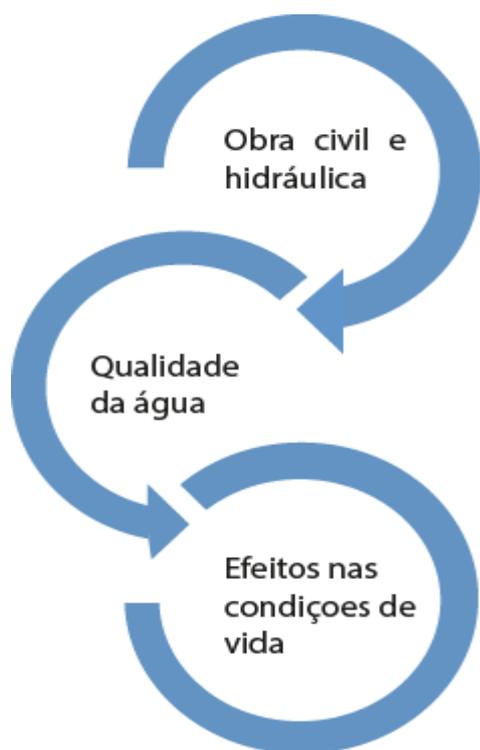
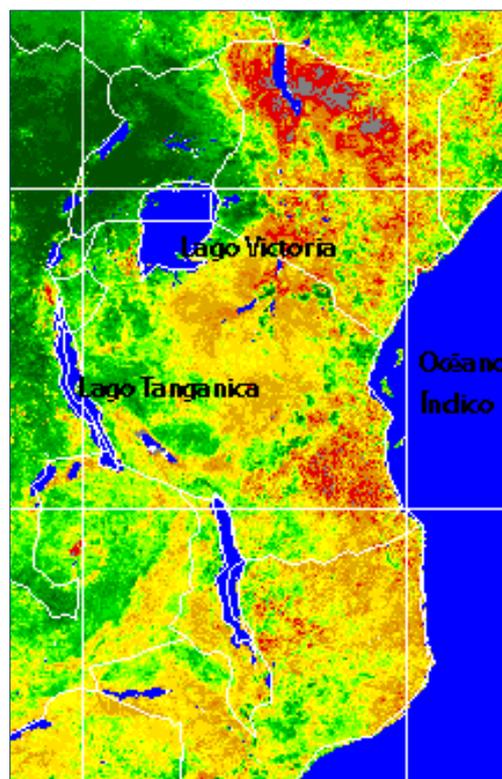


Figure 2. Principales efectos del programa "Un Millón de Cisternas". Fuente: Fernández, L (2015).

África, por su parte, comparte con el Semiárido Brasileño un buen conjunto de parámetros geoclimáticos, especialmente en la extensa región del Sahel, abarcando buena parte del territorio situado justo al sur del desierto del Sahara, desde Senegal a Sudán. Así mismo, existen otras amplias zonas con similares características, por ejemplo: en África Oriental (figura 3), las altas mesetas de Tanzania, Kenia y norte de Mozambique, además de parte de Somalia y Etiopía y, en el este, Angola y parte de Namibia y, por último, . Por último, en las regiones centrales buena parte de Zambia, Zimbabwe y Bostwana. En resumen, una gran extensión africana, participa de unas características parecidas a las existentes en el semiárido nordeste de Brasil, por lo que también podrán compartirse el planteamiento de problemas y soluciones, en lo relativo al acceso a recursos hídricos.



NDVI Normalized Difference Vegetation Index Nov 5 2009
0.0 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6

Figura 3. Región de África Oriental. Índice de Vegetación de diferencia normalizada (NDVI) Fuente: European Organization for the Explotation of Meteorological Satellites.

2. Recogida de aguas pluviales. El camino del agua

Para analizar el camino del agua primero se requiere un estudio pluviométrico de las precipitaciones mensuales históricas, si es posible en los últimos diez años. En general, se admite un aprovechamiento máximo del 70-80% de la precipitación recibida. En numerosas regiones de clima semiárido, las precipitaciones tienen una distribución peculiar, lluvias intensas pero poco duraderas y estiajes prolongados. De este modo, se tienen elevados índices pluviométricos, por encima incluso de

1000 mm/año, pero de ellos el potencial de aprovechamiento es escaso, entre otras cosas debido a la inexistencia y la carestía de sistemas de captación y almacenamiento de agua de lluvia recogida.

El camino del agua se inicia en la superficie de captación, que puede ser la cubierta de una vivienda o una parte del terreno con una cierta impermeabilización (pavimento o terreno arcilloso compactado). En el caso de que la superficie de captación sea la cubierta de una vivienda, el agua es conducida por gravedad a través de un canalón colector que desemboca en tuberías cerradas (bajantes) hasta el depósito o cisterna de almacenamiento, donde entra por la parte superior. Es muy recomendable, insertar un sistema que retire las primeras aguas tras un periodo de sequía, ya que de lo contrario la suciedad acumulada en las superficies colectoras llegará también al depósito y puede contaminar el agua (Figura 4). Este sistema, consiste en un depósito cuyo volumen está en función de la dimensión de la superficie de captación. Cuando el depósito de

primeras aguas se llene, permitirá el paso del agua limpia al depósito en el que se almacenará el agua de lluvia recogida.

La extracción del agua de la cisterna puede realizarse manualmente mediante un recipiente con cuerda, aunque es preferible utilizar una bomba manual de pistón o similar (Polo, 2014), para evitar la contaminación del agua almacenada. El agua extraída es transportada hasta los puntos de consumo, donde es filtrada y almacenada en un depósito de menor volumen, usando como filtro una tela (a modo de tamiz), sobre la que se vierte el agua, por ejemplo. La extracción del agua de estos depósitos de consumo, se efectúa a través de un grifo ubicado en la parte inferior de los mismos.

En todo su camino, el agua es susceptible de incorporar contaminantes que la invalidan como potable. Ello obliga a realizar análisis de los principales parámetros, turbidez, pH, presencia de coliformes, salinidad, etc.

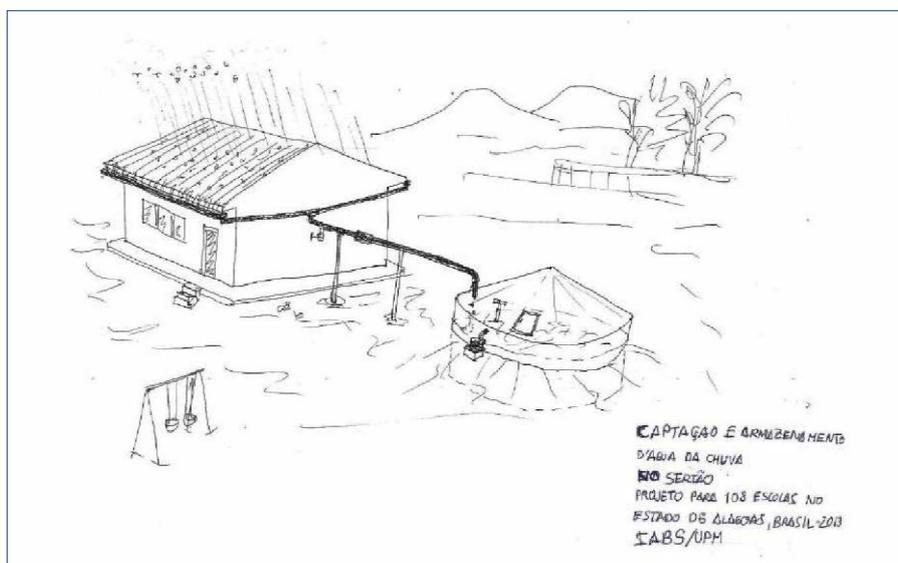


Figura 4. Esquema general del sistema de captación de agua de lluvia.

2. Recogida de agua de lluvia en Tanzania

Como se puede observar a lo largo del semiárido tanzano existe una voluntad y necesidad de recoger el agua de lluvia, para lo cual la población improvisa, con los elementos que tiene a su alcance, en general precarios, como puede verse en la figura 5. El recurso hídrico pluvial es abundante en algunas zonas, sin embargo apenas hay evidencias de su aprovechamiento. Las canalizaciones son muy deficientes y solamente capturan y conducen una pequeña parte de la precipitación. Además, permanecen en el mismo estado de un año a otro, lo que demuestra que no existe una iniciativa de mejora y mantenimiento.

En estas condiciones, se hace patente la falta de acceso al agua potable y, por tanto, un alto índice de pobreza hídrica (IPH).

Sin embargo, hay excepciones. En ciertos lugares, existen instalaciones modélicas en las que se captura una gran cantidad de agua de lluvia (figura 6). Un ejemplo

es el centro académico St Philip Theological College, en Mlanga, región de Dodoma, Tanzania. En éste centro, se ha instalado una extensa red de canalizaciones que aprovechan una considerable cantidad de agua de lluvia. Para ello, se han construido numerosos depósitos. La instalación es un ejemplo a seguir aunque en algunos aspectos sea mejorable, sobre todo en la retirada de las primeras aguas y en el mantenimiento de rejillas de filtro, diseños, etc., dado que esto influye de forma directa en la calidad del agua recolectada, ya que el uso de algún tipo de malla en el rebosadero u otros orificios de las cisternas, evita la entrada de restos orgánicos y pequeños insectos, entre ellos, los vectores del dengue (González, 2014). No obstante, éste no es el único ejemplo a mencionar pues existen otros en hospitales y centros públicos (figura 7).



Figura 5. Recogida de agua de lluvia en viviendas con sistemas deficientes. Distrito de Kongwa, Dodoma, Tanzania, 2015.



Figure 6. Cisterna de recogida de agua de St Phillip's Theological Collegue, Mlanga, Dodoma, Tanzania, 2015.



Figura 7. Cisterna de recogida de lluvia. Región de Kongwa, Dodoma, Tanzania, 2014.

4. Solución propuesta en Brasil

El programa brasileño "Un Millón de cisternas" se divide en tres subprogramas diferenciados en el uso final que se va a dar al agua recogida y en el volumen de las cisternas:

- Programa de primeras aguas: Agua cuyo uso está destinado a las viviendas, con cisternas de 16m^3 .

- Programa de segundas aguas: Para uso compartido humano y agropecuario, con cisternas de 52m^3 .
- Programa de terceras aguas: Para las escuelas y hospitales, con cisternas de 52m^3 .

Siguiendo el camino del agua, todos los tipos de sistemas de captación de agua de lluvia comparten los mismos elementos con significativas diferencias dimensiona-

les. Estos elementos (figura 8) son los siguientes:

- Cubierta o superficie de captación.
- Canalizaciones de recogida y conducción, abiertas para la recogida del agua de la cubierta (canalones) y cerradas en el resto (bajantes).

- Sistema de retirada de las primeras aguas (depósitos de primeras aguas).
- Depósito de acumulación con todos los elementos auxiliares, incluida la bomba para extracción del agua de la cisterna.
- Recipientes de transporte y recepción dentro de las viviendas.

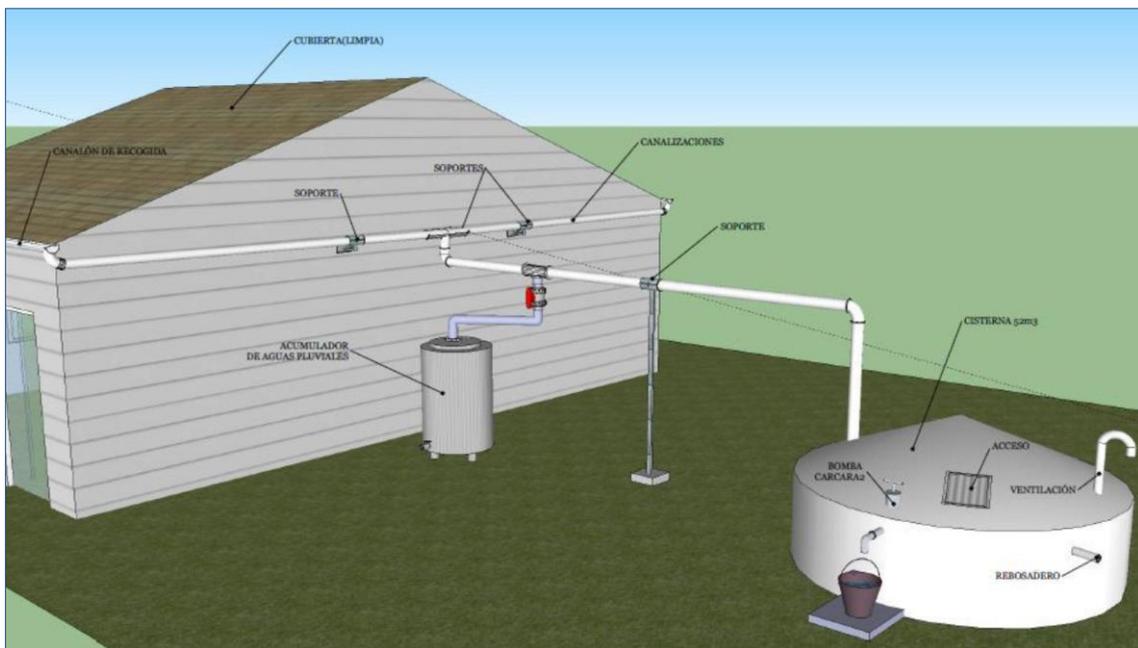


Figure 8. Sistema de recogida de agua de lluvia con sistema de retirada de las primeras aguas y cisterna. Fuente: Orquín, 2013.

5. Diseño y desarrollo de sistemas portátiles de captación de agua de lluvia

En los sistemas de recogida de agua de lluvia anteriormente mencionados, se requiere de una superficie colectora tipo tejado, aunque sea precario, como superficie de captación del agua de lluvia. Sin embargo, existen localidades en África, en las que los tejados no son adecuados para realizar dicha captación; es el caso de Kara-Kara; barrio de Zinder, en el que se

localizaba en los años 50, cuando llegaron a la zona las Hermanas de la Asunción, la leprosería. Desde aquellos años hasta la actualidad, las Hermanas de la Asunción han realizado un gran trabajo en la zona mejorando las condiciones de vida de sus habitantes, pero las viviendas siguen siendo precarias: las paredes son de pellas de arcilla y, los tejados se presentan en forma de cubiertas planas, con estructura de madera y rellenos de arcilla y arena (figura 9); propios de zonas con baja pluviometría (figura 10).



Figura 9. Calle de Kara-Kara (Zinder-Niger). Fuente: Etude des possibilites reelles el modalites. Applicables au projet de dépôt el collecte des eaux de pluies dans le quartier Kara-Kara (junio 2015)

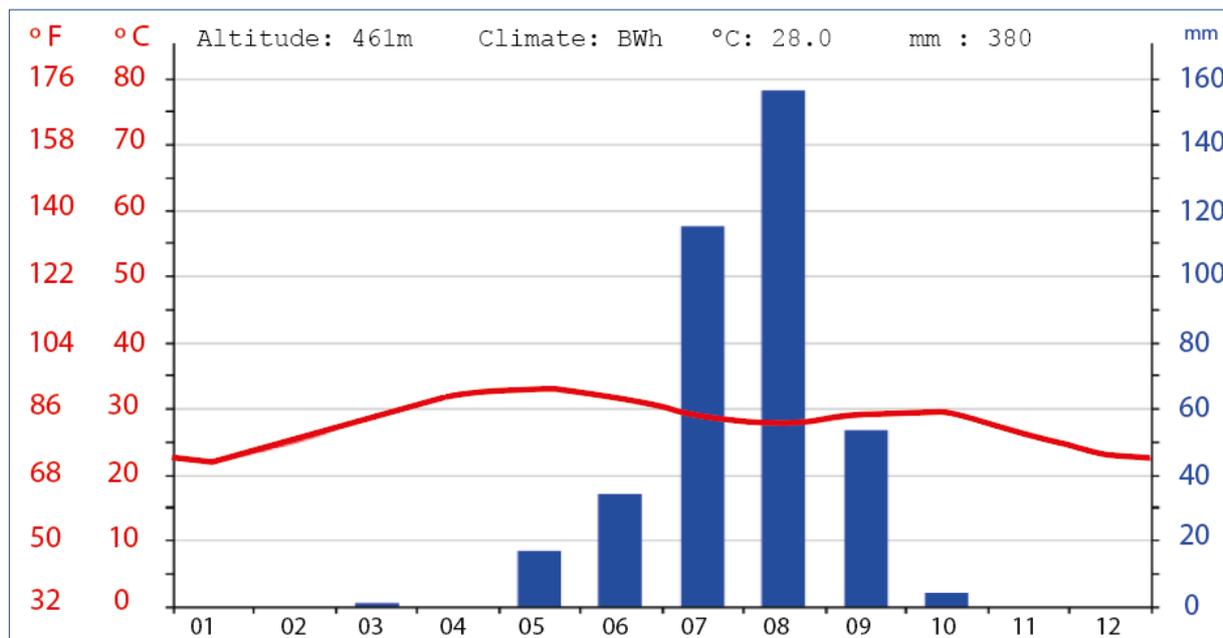


Figura 10. Gráfico de las precipitaciones mensuales junto con la variación de temperatura media en Zínder. Fuente: en.climate-data.org

Ante la imposibilidad de utilizar los tejados de las viviendas como superficies de captación de agua de lluvia (Recio, 2017), se propone el diseño de captadores de agua de lluvia con los siguientes requisitos de diseño:

1. El sistema debe ser portátil y plegable, dado que las lluvias están concentradas entre los meses de junio a septiembre, es recomendable recoger y

guardar el sistema, para reducir el deterioro del mismo por los rayos UVA, o por la acción de los animales.

2. El sistema debe ser de bajo coste, aunque parte del coste final debe sufragarlo el propietario final del sistema.
3. El sistema debe presentar un bajo nivel de mantenimiento, por tanto, to-

dos los materiales que se utilizarían en los sistemas de captación, tienen que estar disponibles en la zona de implantación.

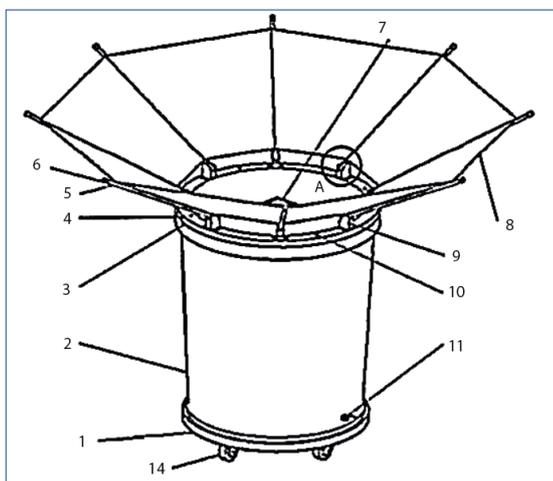


Figura 11. Sistema de captación de agua de lluvia. Leyenda: (1) base soporte, (2) depósito, (3) junta de estanqueidad, (4) tapa, (5) varillas, (6) tapón, (7) malla quita hojas, (8) lona de captación, (9) pieza de sujeción, (10) elementos de fijación desmontables, (11) grifo, (14) ruedas.

El resultado del trabajo es un sistema portátil, con captador plegable, destinado a la recogida de aguas pluviales y, con depósito vinculado, apto para su tratamiento y almacenamiento³ (figura 11).

Se trata de un sistema compuesto por una superficie de captación (8) que se adapta y fija a una estructura compuesta por varillas (5). Las varillas pueden girar sobre sí mismas y recoger mediante plegado, la superficie de captación. El agua de lluvia recogida, pasa al interior del depósito de almacenamiento a través de un sumidero situado en la tapa (7). Se vacía el depósito mediante un grifo (11) ubicado en la parte inferior del mismo.

El prototipo del sistema fue desarrollado con diferentes materiales, tanto para la superficie de captación como para los depósitos (figura 12).

Tras la fabricación del prototipo, se procedió al ensayo del mismo en condiciones reales para conocer su comportamiento frente al viento (figura 13), detectar mejoras a efectuar en el diseño e incorporarlas en los nuevos modelos.

El análisis de los fallos detectados, se resume en:

1. Roturas en la superficie de captación en los extremos de anclaje de la misma al sistema de varillaje.
2. El sistema precisa ser lastrado con un peso en el interior del depósito, o bien ser fijado el mismo al terreno, de modo que se evite la tendencia al vuelco por efecto del viento.
3. El sistema de unión de la superficie de captación al sistema de varillaje, mediante jaretas textiles confeccionadas en la superficie captadora, limita la posición del sistema de varillaje provocando diferente tensión en la superficie captadora.
4. Reforzar los extremos de las jaretas para evitar roturas.

³ U201600500



Figura 12. Desarrollo del sistema de captación de agua de lluvia: captador desplegado (a) y captador recogido (b).



Figura 13. Sistema de captación durante el primer proceso de prueba (a), tensión en la superficie de captación debido a un incorrecto ajuste de las jaretas (b), rotura de la superficie de captación debido a la tensión de las varillas (c) .

Como resultado del mismo se rediseñó el modelo (figura 14), incorporando las siguientes mejoras básicas:

1. Las jaretas se han suprimido. La fijación de la superficie de captación se realiza en dos puntos: en el sumidero central ubicado en la tapa del depósito y en el extremo de la varilla; dando una mejor respuesta frente al viento.
2. Incorporación de una tubería de desagüe que sirve, a su vez, para conocer el nivel de agua en el interior del depósito (aforador).

La fiabilidad del sistema es del 61,5%. Este bajo valor se debe principalmente a posibles variaciones de la pluviometría entre la zona en la que se probó el captador y la zona en la que se encuentra ubicada la estación meteorológica y, a la proximidad y altura de los edificios colindantes al captador.



Figura 14. Sistema de captación durante el segundo proceso de prueba.

6. Conclusiones

Las soluciones encontradas en Tanzania, no disponen de un sistema de retirada de las primeras aguas de lluvia, lo que incide en la calidad de agua recolectada. Por ello, en las construidas en Brasil, sí se incorporó este sistema, lo que supuso una mejora de la calidad del agua del 93% en comparación con las cisternas que no retiraban las primeras aguas. También debe considerarse el uso de una malla en el rebosadero y su lavado y mantenimiento, para evitar la entrada en la cisterna de restos orgánicos, siempre colocado después de la línea de flujo de la retirada de las primeras aguas (González, 2014).

Para el éxito y un impacto positivo de sistemas de recogida de agua de lluvia, es importante tener en cuenta las capacitaciones, tanto de los constructores como de los usuarios finales, para asegurar su mantenimiento y con ello la calidad del agua. Por ello, se recomienda que los materiales docentes para la capacitación del personal encargado del mantenimiento del sistema, deben tener en cuenta: la retirada de las primeras aguas, explicación de las enfermedades relacionadas con el agua y cómo evitarlas, el uso de la bomba (si la hubiese) y limpieza de los diferentes

elementos que componen el sistema de recogida (tejado, cisterna, tuberías).

Las similitudes encontradas entre los dos casos de estudio, permiten establecer un intercambio y transferencia de conocimientos y lecciones aprendidas de gestión y tecnología social creando nuevas redes de conexión de cooperación Sur-Sur.

Por último, hace unos años, se inició el diseño y desarrollo de sistemas portátiles de captación de agua de lluvia de bajo coste. En estos novedosos sistemas de recogida de agua de lluvia no es necesario la retirada de las primeras aguas, ya que resulta fácil mantener la superficie de captación limpia, siempre que se recoja adecuadamente el sistema en caso de que no haya precipitaciones. Además, presentan la ventaja de que no precisan de una cubierta o tejado que actúe como superficie captadora por lo que resultan idóneos para localidades aisladas con precipitaciones estacionales. Por otro lado, estos sistemas presentan como principal inconveniente, su precio. En pro de abaratar costes en el sistema, se propone la realización del mismo con mano de obra local, debidamente formada y, con los materiales disponibles en la ubicación de la implantación.

REFERENCIAS

- Fernandez, L., Guldani, C., Lumbreras, J., (2015). Avaliação de cisternas escolares no semiárido Alagoano
- González, M. 2014. Estudio de la calidad del agua en cisternas de captación de agua de lluvia. En escuelas rurales de Alagoas, Brasil. Trabajo de Fin de Máster. Universidad Politécnica de Madrid
- Orquín, J.M., Mancebo, J.A. 2013. Análisis Estructuras de Cisternas Semienterradas con bombas manuales. DisTecD, Diseño y Tecnología para el Desarrollo, 1, p. 88-96
- Polo, C. 2014. Diseño y construcción de una bomba manual de émbolo para cisternas de aguas pluviales y pozos someros. Trabajo fin de carrera. Universidad Politécnica de Madrid
- Recio, M., Armisen, P., Rodríguez, O. (2017). Diseño y desarrollo de un sistema de captación de agua de lluvia para su utilización en lugares semiáridos. DisTecD, Diseño y Tecnología para el Desarrollo, 4, p. 13-23
- Rodríguez, O. Diseño y desarrollo de un sistema de captación hidráulica parcialmente portátil para la recogida y potabilización de aguas pluviales en lugares semiáridos. Trabajo Fin de Grado. Universidad Politécnica de Madrid.
- Ventura, A. 2013. Convivencia com o semiárido. Tesis Doctoral. Universidad Federal de Bahia, Brasil
- Organización Panamericana de la Salud. 2004. Guía de diseño para la captación del agua de lluvia.