

Sistema de captación de agua de lluvia para uso doméstico, Isla Jambelí, cantón Santa Rosa

Rainwater collection system for domestic use, Jambelí Island, cantón Santa Rosa

*Solano, C.¹; Gonzaga, F.¹; Espinoza, F.¹; Espinoza, J.¹

¹Universidad Técnica de Machala

*csolano@utmachala.edu.ec

RESUMEN

Actualmente, la isla Jambelí presenta un grave problema de abastecimiento de agua potable. Debido a su ubicación, esta no cuenta con una fuente natural de agua dulce, el sistema de suministro actual provee a sus habitantes agua no apta para el consumo, por lo que compran agua potable traída desde el continente, lo que ocasiona gastos adicionales en su economía. Ante esta problemática, el presente estudio pretende adaptar posibles soluciones que ayuden a mitigar el problema, utilizando la recolección y almacenamiento de aguas lluvias de una manera sustentable y sostenible. Se realizó una investigación bibliográfica sobre alternativas existentes a nivel regional y mundial y un estudio de campo que permitieron adaptar una posible solución al problema de esta comunidad. Se diseñan cada uno de los componentes del sistema estableciendo las actividades correspondientes para su correcto funcionamiento en una vivienda unifamiliar promedio de la isla. Se establecen costos de implementación, ejecución y mantenimiento del sistema y un análisis socio-económico que justifica su implementación como alternativa al sistema actual.

Palabras clave: Abastecimiento de agua, aguas lluvias, sistema de recolección, sistema de almacenamiento, demanda de agua.

ABSTRACT

Currently, Jambelí Island presents a drinking water supply shortage. Due to its location, the island does not have a natural source of fresh water. The current system of water supply provides unsuitable water for consumption to its inhabitants. Therefore, the inhabitants of the island purchase drinking water brought from the continent; this causes additional costs in their economy. Having this issue as a reference, the present study aims to adapt potential solutions to mitigate such problem, by using the collection and storage of rainwater in a sustainable way. We conducted a bibliographic search on alternatives at the regional and global level accompanied by a field study, which allowed adapting a possible solution to the problem of this community.

We designed each component of the system, establishing the corresponding activities for their correct operation in single-family housings of the island. Costs of implementation and maintenance of the system were established as well as a socio-economic analysis justifying its implementation as an alternative to the current system.

Keywords: Water, Rainwater, system of collection, storage, demand for a water system.

INTRODUCCIÓN

La creciente demanda de agua apta para el consumo humano, debido al aumento de la población, nos impulsa a aprovechar hasta la última gota que utilizamos. A esto se le suma su utilización en aspectos industriales de una sociedad, que produce a su vez el auge económico de las misma (Che-Ani, Shaari, Sairi, Zain, & Tahir, 2009). Sin embargo, debido a su sobreexplotación, su uso incorrecto y a eventos catastróficos naturales, este recurso hídrico se ha visto afectado, por lo que es necesario considerar alternativas innovadoras que permitan mejorar el abastecimiento, saneamiento e higiene del agua potable, lo que permitirá prevenir, aproximadamente, el 9,1% de la carga mundial de morbilidad y el 6,3% de todas las muertes causadas por efectos relacionados a dichos problemas (Gentry-Shields & Bartram, 2014).

La recolección de agua lluvia es un sistema que se ha desarrollado desde la antigüedad, el cual consiste en captar el agua lluvia dependiendo de la climatología del sector. La principal función de este sistema es la de almacenar el mayor volumen de agua producido por las precipitacio-

nes para posteriormente ser distribuida en diferentes necesidades básicas, ya sea potables como no potables (Campisano & Modica, 2014).

La importancia de este tipo de sistemas cada vez aumenta, especialmente donde el agua potabilizada resulta inaccesible y las condiciones climáticas son favorables (Thomas, 2010), como sucede en la comunidad objeto de estudio.

El implementar este diseño en lugares donde sean necesarios, trae consigo beneficios en cuanto a la reducción de la huella hídrica, además de que puede ser fácilmente adaptable a nivel domiciliario (Cook, Sharma, & Chong, 2013), que es lo que se pretende con el presente estudio.

El presente estudio enfatiza la búsqueda de posibles soluciones basadas en la implementación de un sistema de recolección de agua lluvia. Se consideraron diversas alternativas, desarrolladas a nivel institucional y doméstico, cada una de ellas con particularidades que dependen del objetivo del sistema. Esta técnica de aprovechamiento de agua de lluvia trae consigo ventajas como la gratuidad del agua, el costo de mantenimiento que es relativamente bajo y valoración al medio ambiente (Chiang, Kao, & Liu, 2013).

Tipos de materiales para superficie de captación, para un sistema de recolección de agua de lluvia:

Para un eficiente aprovechamiento de este sistema, se debe analizar los diferentes materiales de los tipos de cubiertas empleados en un sistema de recolección de agua lluvia. Entre los materiales más utilizados en los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia están: teja de arcilla, plancha metálica ondulada, paja, tejas de madera, tejas de concreto, techos verdes, entre otros. El tipo de material de cubierta influye directamente en la calidad físico-química y bacteriológica del agua recogida en las cubiertas, por lo que fueron analizados en una matriz de comparación de parámetros para distintos materiales de cubiertas según se hizo en Ile-Ife en el suroeste de Nigeria (Adeniyi & Olabanji, 2005).

Componentes de un sistema de captación a nivel domiciliario: Este sistema de recolección de agua lluvia consiste en la recolección por superficie de cubierta, la cual es conducida a través de canaletas y bajantes hacia el tanque de almacenamiento. Estos tipos de tanques de almacenamientos pueden ser construidos superficiales o subterráneos, pudiendo ser elaborados con diferentes tipos de materiales, dependiendo del estado económico de las familias y de las condiciones del entorno (Pachpute, Tumbo, Sally, & Mul, 2009). Los componentes que conforman este sistema son: Medios de captación, Sistema de conducción, Sistema de interceptor de primeras aguas lluvias, Sistema de almacenamiento, Sistema de tratamiento.

Medios de captación: Como se mencionó anteriormente el tipo de material de cubierta influye directamente en cuanto a la calidad de la misma y su área de captación es elemental para la cantidad de agua que se pueda captar. Los diferentes tipos de materiales que emplean para la construcción de una cubierta presentan diferentes porcentajes de escurrimiento, de acuerdo al tipo de material para cubierta. En la tabla 1 se presentan los coeficientes de escurrimiento de los materiales que predominan en las cubiertas de las viviendas de la isla.

Sistema de conducción: Este sistema cuenta con canaletas y bajantes que pueden ser instala-

Tabla 1. Coeficiente de escurrimiento

Calamina metálica	0,90
Tejas de arcilla	0,80 - 0,90
Madera	0,80 - 0,90
Paja	0,60 - 0,70

dos con diferentes materiales, el cual permite la conducción del agua lluvia captada por la cubierta hacia el tanque interceptor de primeras agua y posteriormente al tanque de almacenamiento.

Sistema de tanque interceptor de primeras aguas lluvias: La función de este tanque interceptor es captar las primeras aguas lluvias que corresponde al lavado de la cubierta en donde estas aguas estarán contaminadas debido al polvo, heces de aves, hojas, entre otros. Este dispositivo capta las impurezas que provienen de la cubierta, evitando el paso del agua contaminada hacia el tanque de almacenamiento.

Sistema de almacenamiento: Este componente es el de mayor costo en el sistema de recolección de agua lluvia, pueden ser cisternas o tanques, la actividad que realiza el tanque es almacenar el agua captada para luego ser distribuida al hogar, puede ser colocado sobre el suelo o subterráneo, dependiendo de las condiciones económicas de los habitantes (Gurung & Sharma, 2014).

Sistema de tratamiento: Es importante incorporar un sistema de filtración al proceso de captación de agua lluvia para garantizar que su calidad se encuentre dentro de la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1108.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se analizaron antecedentes investigativos a nivel regional e internacional sobre recolección, almacenamiento y distribución de aguas lluvias con resultados muy satisfactorios, que sirvieron como base para el sistema presentado en esta investigación, entre los que podemos mencionar:

- Propuesta de un Sistema de Aprovechamiento de Aguas Lluvias como alternativa para el

ahorro de agua potable (Alves & Soares de Souza, 2014). Esta propuesta se realizó en una institución educativa en Caldas, Antioquia, Colombia, en el año 2010, con el cual se logró disminuir un 75% de consumo de agua potable en la institución durante 9 meses.

- Sistema de Captación de Aguas Lluvias y Tratamiento de aguas grises para la aplicación interna en Irlanda (Li, Boyle, & Reynolds, 2010). Este proyecto proporciona un ahorro entre el 30% y 92% del volumen de agua que suministra la Empresa Pública. Este recurso hídrico aprovechado en los domicilios es para uso doméstico mas no para consumo humano.
- Captación de Agua Lluvia como suministro de agua adicional para edificios de varios pisos en Arba Minch, Etiopía (Li et al., 2010). Este proyecto, tiene una contribución favorable, disminuyendo 33 m³/mes de agua potable. El aprovechamiento de aguas lluvias cubre el 19,5% de la demanda de agua tratada, disminuyendo el consumo de agua potable en 42 litros/hogar/día (Feki et al., 2014).
- Subsidiar la Sostenibilidad del Abastecimiento de agua rural: La experiencia del programa de recolección rural de agua lluvia de Brasil (Uende et al., 2014). Este programa presenta una opción viable para el abastecimiento del agua potable de comunidades locales donde el 85% de los beneficiarios se consideraron satisfechos, 13% que la cantidad era insuficiente y 2% no sabe.

Metodología

Se generó investigación de campo donde se realizaron encuestas para determinar los problemas en cuanto a la calidad y cantidad de AA.PP en la isla, para esto se tomó una muestra de la población (Feedback Networks Technologies, 2013) en

la que se obtiene el número de hogares a encuestar, los mismos que se tomaron en forma aleatoria y se plantearon preguntas que permitieron visualizar de una mejor manera los problemas de AA.PP de la isla.

Se apoyó en una investigación bibliográfica donde se recopiló información de distintas fuentes como: artículos científicos, libros, revistas, páginas web, normas internacionales, donde se observa el desarrollo a través de los años de los sistemas de recolección de AA.LL a nivel domiciliario, en lugares con características similares al de nuestro caso de estudio y que sirvan de base para ajustarlos a la realidad socio económica y climática de la isla.

Una vez analizadas las alternativas se optó por el Sistema de Captación de Aguas Lluvias y Tratamiento de aguas grises para la aplicación interna en Irlanda (Li et al., 2010), ya que cumple con varias características fácilmente adaptables al entorno de la Isla Jambelí como se describen en la tabla 2.

Se generó una investigación de campo donde se determinó el marco referencial, poblacional, la misma que se desarrolla con detalles en la sección de resultados, una revisión bibliográfica actualizada que permita argumentar y respaldar todas las decisiones tomadas en el desarrollo del proyecto, tanto en la parte técnica, ambiental y económica que justifique la implementación del sistema propuesto. Dentro de la investigación de campo, se obtuvo la población actual de los habitantes de la Isla y el número de hogares que conforman. A través de un plan de recolección de información, se realizó una encuesta para determinar varios aspectos y consideraciones que servirán como modelo para realizar el diseño propuesto.

Tabla 2. Características del sistema

Altos niveles de precipitaciones (de 1000 a 1250 mm al año)	Abarca distintos tipos de materiales de cubierta	Proporciona un ahorro de consumo de agua entre el 30% y el 92%	El agua recogida es utilizada para uso doméstico más no para descarga de inodoros ni limpieza de vivienda	Factibilidad en cuanto a costos de operación y mantenimiento
---	--	--	---	--

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El sistema está enfocado en la recolección de AA.LL mediante una superficie de captación (cubierta de las viviendas) a la que se le adaptan los componentes de conducción para su posterior almacenamiento y tratamiento.

El AA.LL captada, se conducirá hacia un sistema de canaletas dispuestos de tal forma que la transportará a un tanque de primeras AA.LL que recogerá aquel volumen inicial de precipitación que realiza el lavado de la cubierta. Este tanque, contará con una bajante donde se instalará un dispositivo que una vez llena la tubería de la bajante, desviará el agua hacia el tanque de almacenamiento.

Debido que el sistema de recolección de AA.LL depende directamente del clima y las precipitaciones, es necesario determinar el promedio anual y mensual de las precipitaciones de los últimos 10 años, los mismos que se obtuvieron de la estación meteorológica "Santa Inés" ubicada en la Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Machala. Se recopilaron datos desde el año 2005 hasta el 2014, los cuales fueron clasificados de forma mensual y anual para luego obtener el promedio requerido (ver tabla 3).

Tabla 3. Promedio de precipitaciones período 2005-2014

MES	PRECIPITACIÓN (MM)
Enero	109,35
Febrero	167,16
Marzo	143,12
Abril	86,235
Mayo	36,96
Junio	22,756
Julio	22,19
Agosto	22,62
Septiembre	12,44
Octubre	21,99
Noviembre	20,16
Diciembre	24,55
ANUAL	689,531
PROMEDIO MENSUAL	57,46

Para determinar la superficie de captación se consideró una vivienda tipo, siendo una cubierta de dos aguas, que cuenta con un área de captación descrita en la tabla 4.

Tabla 4. Dimensión de la vivienda tipo

No	Infraestructura	Ancho (m)	Largo (m)	Área (m ²)
1	vivienda	7	8	56

Diseño de los componentes del sistema: Para el diseño se opta por tubería de PVC de 6" que formará el sistema de canaletas dirigidas desde el área de captación hasta la bajante. La fórmula de Manning (Chow, 1994) permite determinar el caudal que transportará la canaleta y a partir de esto, realizar una comparación con el caudal de máxima precipitación.

$$Q = \frac{1}{n} A \cdot R^{2/3} S^{1/2} \quad \text{Ec. 1}$$

El sistema de conducción de PVC de 6" transportará un caudal de $1,08 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$, lo que nos indica que cumple satisfactoriamente bajo condiciones críticas de precipitación.

Tanque interceptor de primeras aguas lluvias: Para determinar el volumen del tanque interceptor se considera 1 litro por metro cuadrado de cubierta para el lavado del techo según el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS/OPS). Por lo tanto, para el lavado de cubierta se necesita un tanque interceptor con un volumen de $0,056 \text{ m}^3$ (56 litros) por lo que se selecciona un tanque comercial de plástico de 15 galones (56,78 litros).

Tanque de almacenamiento: Para determinar el volumen de almacenamiento basaremos los cálculos en el método propuesto por el Instituto Politécnico Nacional Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Oaxaca, México (IPN-CIIDIR) 2007 y el método de la Unidad de Apoyo Técnico para el Saneamiento Básico del Área Rural (UNATSA-BAR) Lima, Perú que consideran el mes de mayor

precipitación (tabla No. 3), el área de captación (tabla No. 4) y el coeficiente de escorrentía. En la tabla 5 se establece el volumen parcial de agua que será abastecida por el sistema.

Con el valor acumulado del último mes 34,76 m³ se establece la dotación por habitante promedio, obteniéndose 28 litro/hab/día. De esta dotación se puede determinar los usos para los cuales estará destinado el AA.LL captada por el sistema. La tabla 6 expone la demanda mensual obtenida a partir del número de usuarios, número de días de cada mes y la dotación calculada anteriormente.

Se obtiene la mayor diferencia entre el abastecimiento y la demanda acumulada mensual, que será el volumen de agua que será almacenada por el tanque de almacenamiento (ver tabla 7), que para nuestro caso corresponde al mes de abril con 14,06 m³.

Dimensionamiento del tanque: De los datos anteriores se establece un volumen de almacenamiento de 14,06 m³, que es lo máximo que se

puede acumular, por lo que se recomienda el uso de cisternas de poliestireno que las ofrece el mercado y que debido a su facilidad, rapidez de instalación, fácil mantenimiento y en especial que no es afectado por el entorno salino de la Isla es la opción más viable para el abastecimiento del agua. Sin embargo, debido al costo de los tanques y para mantener la calidad del agua, se recomienda que el sistema utilice inicialmente un solo tanque de 5 m³, de manera que el agua no permanezca mucho tiempo almacenada y de esta manera el proceso de cloración que se utiliza para la purificación de la misma sea más eficiente. Un ventaja adicional de esta propuesta es que se pueden ir incrementando con el tiempo uno o dos tanques de 5m³ mismos que se conectarán en serie con el primero, considerando que el máximo volumen que se puede captar es de 14.06 m³. Dependiendo del espacio disponible y de las condiciones del terreno, se puede optar por colocar los tanques superficiales o subterráneos, se recomienda únicamente construir una loseta de

Tabla 5. Calculo del abastecimiento acumulado

MES	PRECIPITACIÓN (MM)	ÁREA DE CAPTACIÓN (M2)	COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA (ZINC)	ABASTECIMIENTO (M ³)	
				Parcial (m ³ /mes)	Acumulado (m ³ /mes)
Febrero	167,16	56	0,90	8,42	8,42
Marzo	143,12	56	0,90	7,21	15,63
Enero	109,35	56	0,90	5,51	21,14
Abril	86,235	56	0,90	4,35	25,49
Mayo	36,96	56	0,90	1,86	27,35
Diciembre	24,55	56	0,90	1,24	28,59
Junio	22,756	56	0,90	1,15	29,74
Agosto	22,62	56	0,90	1,14	30,88
Julio	22,29	56	0,90	1,12	32,00
Octubre	21,99	56	0,90	1,11	33,11
Noviembre	20,16	56	0,90	1,02	34,13
Septiembre	12,44	56	0,90	0,63	34,76

hormigón ciclópeo para utilizar como una plataforma nivelada.

Volumen de hormigón ciclópeo para contrarrestar el efecto del empuje por nivel freático: El agua contenida en el nivel freático causará una fuerza de empuje que elevarán los tanques subterráneos. Para evitar este efecto es necesario construir una losa de hormigón ciclópeo que ayude a contrarrestar el efecto de esta fuerza de empuje. El volumen de Ho.C que debe ocupar la losa ubicada por encima de los tanques es de 3m³.

Tratamiento de AA.LL: La desinfección se la realizará por cloro, el cual garantiza la buena calidad del agua almacenada, combatiendo los microorganismos patógenos, bacterias y materia orgánica. Para la dosificación de cloro se considera una gota por cada litro de AAL.LL almacenada, habiendo un aproximado de 20 gotas en 1cm³. El presente trabajo es el resultado de una rigurosa investigación bibliográfica y de campo que permitieron identificar los problemas de abastecimiento y uso del AA.PP, su influencia dentro de

su entorno socioeconómico y analizar las posibles alternativas que permitan mitigar el problema detectado, mediante el desarrollo de un sistema de recolección de AA.LL sostenible y sustentable. Durante el desarrollo del proyecto se establecieron diferentes alternativas, todas enfocadas a la captación de agua lluvia, cuyos componentes presentaron variaciones de acuerdo a las características del lugar así como también a la demanda que pretendía cubrir el sistema de recolección. El sistema de recolección producirá un volumen de agua lluvia de 15 m³ que será destinado a actividades de alimentación y cocina, lavado de utensilios, ropa, aseo corporal. Se debe considerar que el sistema será un complemento al suministro actual de agua potable. Como trabajo futuro se debe realizar el estudio comparativo de costos que demuestre la factibilidad económica. La presente propuesta puede ser replicada en lugares donde la demanda de AA.PP no sea la suficiente y las precipitaciones mensuales, bordeen un promedio de 57.46mm.

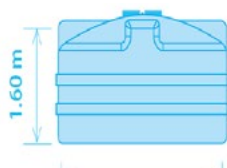
Tabla 6. Calculado de la demanda acumulada

MENSUAL	Nº DE USUARIOS	Nº DE DÍAS	DOTACIÓN LPD	DEMANDA (M ³ /MES)	DEMANDA ACUMULADA (M ³ /MES)
Febrero	3,4	28	28	2,67	2,67
Marzo	3,4	31	28	2,95	5,62
Enero	3,4	31	28	2,95	8,57
Abril	3,4	30	28	2,86	11,43
Mayo	3,4	31	28	2,95	14,38
Diciembre	3,4	31	28	2,95	17,33
Junio	3,4	30	28	2,86	20,19
Agosto	3,4	31	28	2,95	23,14
Julio	3,4	31	28	2,95	26,09
Octubre	3,4	31	28	2,95	29,04
Noviembre	3,4	30	28	2,86	31,90
Septiembre	3,4	30	28	2,86	34,76

Tabla 7. Calculo de la diferencia mayor acumulado

MES	PRECIPITACIÓN (MM)	ABASTECIMIENTO (M³)		DEMANDA (M³)		DIFERENCIA (M³)
		Parcial	Acumulado	Parcial	Acumulado	
Febrero	167,16	8,42	8,42	2,67	2,67	5,75
Marzo	143,12	7,21	15,63	2,95	5,62	10,01
Enero	109,35	5,51	21,14	2,95	8,57	12,57
Abril	86,235	4,35	25,49	2,86	11,43	14,06
Mayo	36,96	1,86	27,35	2,95	14,38	12,97
Diciembre	24,55	1,24	28,59	2,95	17,33	11,26
Junio	22,756	1,15	29,74	2,86	20,19	9,55
Agosto	22,62	1,14	30,88	2,95	23,14	7,74
Julio	22,29	1,12	32,00	2,95	26,09	5,91
Octubre	21,99	1,11	33,11	2,95	29,04	4,07
Noviembre	20,16	1,02	34,13	2,86	31,9	2,23
Septiembre	12,44	0,63	34,76	2,86	34,76	0,0

Tabla 8. Especificaciones técnicas tanque de 5000 litros



Capacidad	5000 litros
Diámetro	2.20m
altura	1.60m
Peso	95 kg
Material	Poliétileno

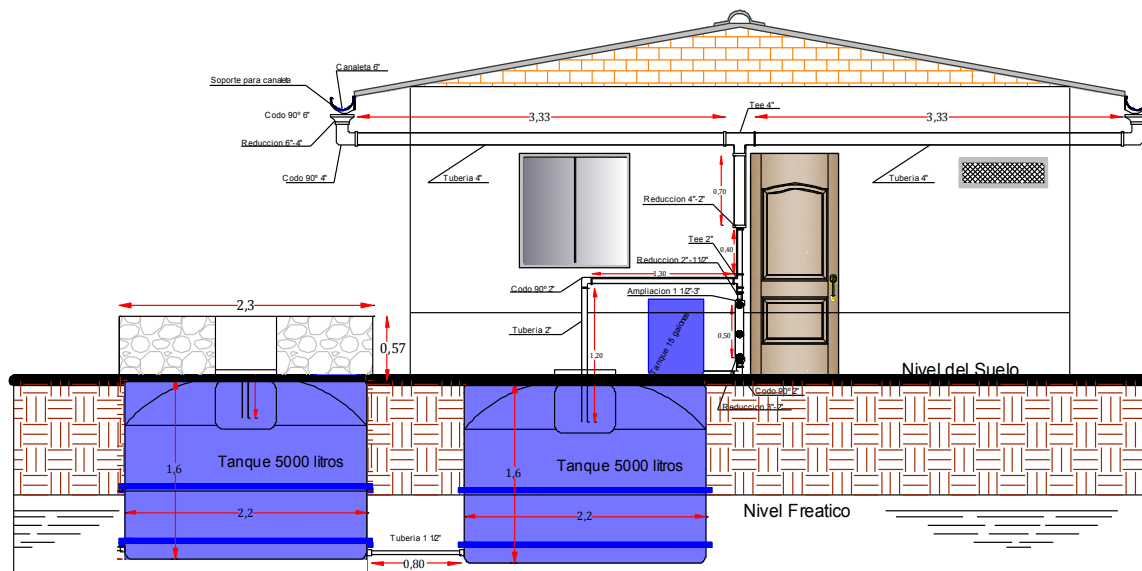


Gráfico 1. Componentes del Sistema de Recolección de AA.LL

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adeniyi, I. F. & Olabanji, I. O. (2005). The physico-chemical and bacteriological quality of rainwater collected over different roofing materials in Ile-Ife, southwestern Nigeria. <http://doi.org/10.1080/02757540500117318>
- Alves, R. dos S. & Soares de Souza, A. (2014). Propuesta de un sistema de aprovechamiento de agua lluvia como alternativa para el ahorro de agua potable, en la institución educativa María Auxiliadora de Caldas, Antioquia - ProQuest. *Igarss 2014*, (1), 1-5.
- Campisano, A., & Modica, C. (2014). Selecting time scale resolution to evaluate water saving and retention potential of rainwater harvesting tanks. *Procedia Engineering*, 70, 218-227.
- Che-Ani, A. I., Shaari, N., Sairi, A., Zain, M. F. M. & Tahir, M. M. (2009). Rainwater harvesting as an alternative water supply in the future. *European Journal of Scientific Research*, 34(1), 132-140.
- Chiang, V. C., Kao, M. H. & Liu, J. C. (2013). Assessment of rainwater harvesting systems at a university in Taipei. *Water Science and Technology: A Journal of the International Association on Water Pollution Research*, 67(3), 564-71.
- Chow, V. Te. (1994). *Hidráulica de canales abiertos*. New York: McGraw-Hill.
- Cook, S., Sharma, A., & Chong, M. (2013). Performance Analysis of a Communal Residential Rainwater System for Potable Supply: A Case Study in Brisbane, Australia. *Water Resources Management*, 27(14), 4865-4876.
- Feedback Networks Technologies. (2013). Calcular la muestra correcta.
- Feki, F., Weissenbacher, N., Assefa, E., Olto, E., Gebremariam, M. K., Dalecha, T., Langergraber, G. (2014). Rain water harvesting as additional water supply for multi-storey buildings in Arba Minch, Ethiopia. *Desalination and Water Treatment*, (July), 1-8.
- Gentry-Shields, J. & Bartram, J. (2014). Human health and the water environment: Using the DPSEEA framework to identify the driving forces of disease. *Science of The Total Environment*, 468, 306-314.
- Gurung, T. R. & Sharma, A. (2014). Communal rainwater tank systems design and economies of scale. *Journal of Cleaner Production*, 67, 26-36.
- Li, Z., Boyle, B. & Reynolds, A. (2010). Rainwater Harvesting and Greywater Treatment Systems for Domestic Application in Ireland. *Desalination*, 260, 1-8.
- Pachpute, J. S., Tumbo, S. D., Sally, H., & Mul, M. L. (2009). Sustainability of Rainwater Harvesting Systems in Rural Catchment of Sub-Saharan Africa. *Water Resources Management*, 23(13), 2815-2839.
- Thomas, T. (2010). Domestic water supply using rainwater harvesting. *Building Research & Information*, 26(2), 94-101.
- Uende, A., Gomes, F., Heller, L., Cairncross, S., Domenèch, L. & Pena, J. (2014). Subsidizing the sustainability of rural water supply: the experience of the Brazilian rural rainwater-harvesting programme. *Water International*, 39(5), 606-619.

