



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

REVISIÓN SISTEMÁTICA: CAPTACIÓN DE AGUA DE
LLUVIA, PARA OPTIMIZAR SU USO EN VIVIENDAS

Trabajo de investigación para optar al grado de:

Bachiller en Ingeniería Civil

Autor:

Danny Edward Jauregui Alcantara

Asesor:

Ing. Dr. Mg. Lic. Oscar H. Silva Rojas

Cajamarca - Perú

2018

DEDICATORIA

A mis Padres, abuelos y Hermanos, por su amor y comprensión y a mis hijos Larry, Selena y Mauro, mis más grandes tesoros, por apoyarme en cada etapa de mi vida.

AGRADECIMIENTO

Como buen católico quiero primeramente agradecer a Dios por darme las fuerzas de sacar adelante este proyecto, a mis padres por jamás dejar de creer en mí, dándome cada día la tranquilidad y el aliento que a veces me faltó. A todos y cada uno de ellos, muchas gracias.

Tabla de contenido

DEDICATORIA	1
AGRADECIMIENTO.....	2
ÍNDICE DE TABLAS	4
ÍNDICE DE FIGURAS	5
RESUMEN	6
RESUMEN	7
CAPÍTULO I.....	8
INTRODUCCIÓN	8
CAPÍTULO II.....	11
METODOLOGÍA	11
CAPÍTULO III.....	23
RESULTADOS.....	23
CAPÍTULO IV.....	27
CONCLUSIONES	27
CAPÍTULO V.....	27
REFERENCIAS	27

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Base de recolección de datos.....	Pág. 14
Tabla 2: Países que sufren la escasez de agua.....	Pág. 24
Tabla 3: Países que instalan sistemas de almacenamiento de agua lluvia.....	Pág. 24
Tabla 4: El clima típico de cualquier lugar del mundo.....	Pág. 27

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Isla Urbana, en busca del manejo sustentable del agua.....	Pág. 09
Figura 2: Techos de viviendas para colocar canaletas y tuberías de PBC.....	Pág. 09
Figura 3: Sistema de captación unifamiliar.....	Pág. 12
Figura 4: Usos de agua de lluvia donde no requiera que sea agua potable.....	Pág. 13
Figura 5: Diagrama de flujo recolección de datos.....	Pág. 23
Figura 6: Imágenes de precipitaciones dependiendo de la zona.....	Pág. 25
Figura 7: Pluviometro digital y pluviometro de Netatmo.....	Pág. 26

RESUMEN

Introducción

La optimización del uso del agua pluvial, los tanques de almacenamiento de agua de lluvia y las tecnologías aplicadas a estos, son una temática que ha tomado relevancia a nivel mundial como alternativa para cubrir total o parcialmente las principales demandas de agua potable que no requieran de esta, como es el caso de riego de zonas verdes, descarga de sanitarios y lavado de zonas comunes.

El objetivo principal de este trabajo es revisar información del uso de un sistema de almacenamiento de agua de lluvia, las características fisicoquímicas que lo componen y en base a eso si es posible su potabilización optimizando de esta manera su uso.

Metodología

Para la recolección de datos se ha utilizado la plataforma de la biblioteca virtual de la Universidad Privada del Norte, explícitamente la plataforma Ebcobhost, de artículos académicos entre los años 2004 al 2018, se tomó los tres últimos años por la cantidad de información que se encuentra, aproximadamente 12,000 artículos; tomando como pregunta clave: “Uso del agua de lluvia para vivienda familiar”; y teniendo como limitadores: texto completo, que sea trate una como publicación arbitraria, el tipo de fuente: publicaciones académicas; base de datos: Academic search complete y que sean artículos con el idioma inglés y castellano. Teniendo como resultado usando los limitadores unos 138 artículos.

Resultados

Generando nuestra base de datos se ha determinado según los estudios revisados de los artículos científicos analizados, que la captación de agua no solo se puede usar en épocas de lluvias sino que las precipitaciones generan un abastecimiento que podría ser utilizada durante todo el período seco del año. Aunque el sistema generalmente plantea un problema potencial de contaminación con las bacterias, las otras características fisicoquímicas de los métodos de recolección de agua fueron las que demostraron que estaban en buena conformidad con las normas de la OMS y que aplicando algunos controles y filtraciones puede ser posible su potabilización optimizando más dicho recurso.

Existen varios sistemas que se han implementado en los artículos investigados conocidos como los sistemas de Isla Urbana, además se han elaborado cinco diferentes modelos de

SCALL denominado COLPOS 1 a COLPOS 5, desde un uso doméstico, captación para huerta familiar, en planta purificadora de agua de lluvia y temas de riego respectivamente; considerando para nuestro tema de interés los de uso doméstico en viviendas unifamiliares.

Discusión

Los resultados sugieren que el aprovechamiento de agua de lluvia es una opción técnicamente viable, pero requiere de una inversión inicial que puede ser alta sino no se tienen los suficientes recursos que la financien según algunos estudios. También hay que considerar que la falta de un buen mantenimiento y conservación del sistema implica que este quede fuera de servicio como lo mencionan algunos artículos. Para un mejor acondicionamiento del sistema sería factible en edificaciones nuevas la implementación de un sistema de alimentación de agua de lluvia para aquellos accesorios que no requieran de agua potable.

PALABRAS CLAVES: Agua de lluvia, potabilización de agua pluvial, calidad del agua, escasez agua, colecta agua lluvia, tanques domestico de agua de lluvia, almacenamiento de agua de lluvia.

CAPÍTULO I.

INTRODUCCIÓN

JUSTIFICACIÓN

El agua es un recurso natural indispensable para la vida, pero su consumo ha ido aumentando de manera muy acelerada, y si bien el recurso del agua podría considerarse como renovable, cada año su costo para los diferentes métodos y tecnologías de potabilización y su calidad disminuye de manera paulatina lo que puede dar lugar a problemas de salud, escasez y optimización del recurso. (El Agua – Unescounesdoc.unesco.org, 2006).

Teniendo en cuenta que tres cuartas partes del planeta están cubiertas de agua, sólo una mínima parte es apta para el consumo humano, la extracción de agua de los ríos y lagos ha aumentado en cuatro veces, además que solo el 0.01% del agua existente en la tierra es posible de usar directamente para las actividades humanas, ya que el resto se encuentra en los océanos (97%), y en forma de nieve o de hielo (ONU, 2016).

Estadísticamente continúan no menos de 1000 millones de personas sin acceso al agua potable, aproximadamente un 20% de la población total de la tierra no disponen de agua, o aquella de la que disponen no es sana (OMS, 2000), si a ello se suma que la población mundial aumenta a una velocidad de 200.000 personas al día, el problema tiende a empeorar (UNESCO, 2000).

Siempre caemos en el error de dejar toda la responsabilidad a las empresas gestoras del agua o en nuestros gobernantes. Tenemos una gran responsabilidad en esta cadena que debemos asumir todos en nuestras casas, actuando y compartiendo la información para generar una conciencia social que proteja y use racionalmente uno de nuestros recursos naturales más valiosos. (Herrmann & Schmida, 1999).

En ciertas regiones como Cajamarca se dispone de temporadas de una importante precipitación pluvial, que puede ser aprovechada como parte de una solución sustentable e integral a la compleja crisis de la gestión de agua.

En este aspecto, la presente revisión está orientado en buscar información que ayude a sustentar la posibilidad de utilizar el agua pluvial para ciertas actividades domésticas; que actualmente se vienen realizando con agua potable, lo cual nos permitiría un ahorro de esta agua, y con ello contribuir a una gestión más sostenible del recurso vital.

En algunos artículos académicos se han visto estudios y pruebas realizados en países como España, Chile, México e incluso en el Perú entre otros; por ejemplo, en el año 2000 en Chile la oficina nacional de la FAO para América Latina y el Caribe, desarrolló el “Manual de captación y aprovechamiento del agua lluvia basado en experiencias”, el cual brinda lineamientos muy prácticos para la implementación de sistemas de captación de agua lluvia, utilizados para mejorar la producción de cultivos, árboles y pastizales en las zonas áridas y semiáridas de su región. (repositorio.unicartagena.edu.co, Arroyo H, 2016).

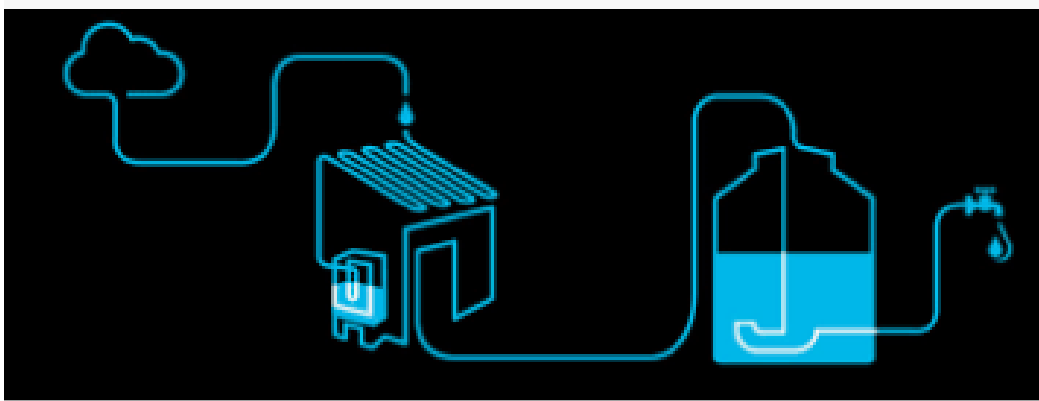


Figura 1: Isla Urbana, en busca del manejo sustentable del agua.



Figura2: Techos de viviendas para colocar canaletas y tuberías de PBC para conducir agua hacia un sistema de almacenamiento.

Dependiendo de las precipitaciones, se encontró que la cantidad de agua de lluvia recolectada y almacenada podría ser utilizada no solo en la temporada de lluvias sino también durante todo el período seco del año. Aunque el sistema generalmente plantea un problema potencial de contaminación con las bacterias, las otras características fisicoquímicas de los métodos de recolección de agua fueron las que demostraron que estaban en buena conformidad con las normas de la OMS. (Jessore University of Science and Technology, 2014).

Es por ello que para esta revisión de información nos preguntamos: ¿Cuánta agua de lluvia puede ser almacenada?, ¿Es posible la potabilización de las aguas pluviales?, ¿Qué sistemas de almacenamiento existes para su recolección y usos?, considerando que para nuestro interés es de abastecer las necesidades de usar agua de lluvia para aquellas tareas que no requieren que el agua sea potable, pero que si cumplan con un mínimo porcentaje de salubridad.

Objetivos

- Analizar y cuantificar el aprovechamiento de agua de lluvia captada a partir de la implementación de un sistema de captación de agua pluvial en los artículos estudiados.
- Conocer los estudios realizados que pueda utilizarse de guía para instalar sistemas de captación de aguas de lluvia en viviendas de manera eficiente, a partir de la calidad de los materiales de la zona, las técnicas constructivas y las características de las precipitaciones.
- Consolidar los análisis químicos de la calidad de las aguas de lluvias estudiados en los artículos científicos bajo los reportes de estudios fisicoquímicos realizados y si es factible su potabilización.

CAPÍTULO II.

METODOLOGÍA

Criterios de elegibilidad

La escasez de agua que cada año se va sumando a este cambio climático, nos lleva a estudiar los diferentes sistemas de abastecimiento alternativos que se fundamenten en el almacenamiento de aguas pluviales para su uso donde no requiera de agua potable, que hayan sido implementadas y/o experimentadas en casos similares a nivel nacional e internacional, con el fin de conocer los resultados obtenidos, sus ventajas y desventajas.

Para ello en esta revisión se tomaron como información las publicaciones académicas, considerando aquellas publicaciones arbitrarias, donde se implantaron un sistema de captación y en otros casos la potabilización de dicha agua pluvial, conllevando a estudios de los sistemas a usar. Se tomaron como palabras claves para dicha búsqueda: Captación de agua de lluvia, uso de agua de lluvia, potabilización de agua pluvial y agua de lluvia. En este caso solo se consideró la base de datos de Ebcohost, ya que se encontró mucha información por revisar y empezar a armar nuestra matriz de análisis.

Búsqueda

Se ha utilizado la plataforma de la biblioteca virtual, explícitamente la plataforma Ebcohost, de artículos académicos entre los años 2004 al 2018, se tomó los tres últimos años por la cantidad de información que se encuentra, aproximadamente 12,000 artículos; tomando como pregunta clave: “Uso del agua de lluvia para vivienda familiar”; y teniendo como limitadores: texto completo, que sea trate una como publicación arbitraria, el tipo de fuente: publicaciones académicas; base de datos: Academic search complete y que sean artículos con el idioma inglés y castellano. Teniendo como resultado usando los limitadores unos 138 artículos.

Selección de estudios

Según Abdulla (2009), Herrmann & Schmida (1999), Tam, Tam, & Zeng (2010), Jones & Hunt, (2010), J Navarro Palazón, P Jiménez Castillo (1995), Revista vivienda (2018), entre otros estudios analizados, se estableció de una configuración básica de un sistema de aprovechamiento de agua lluvia que consta de tres componentes, la captación (cubiertas, tejados y pisos), los sistemas de conducción (canales, tuberías horizontales y verticales), y el sistema de almacenamiento.

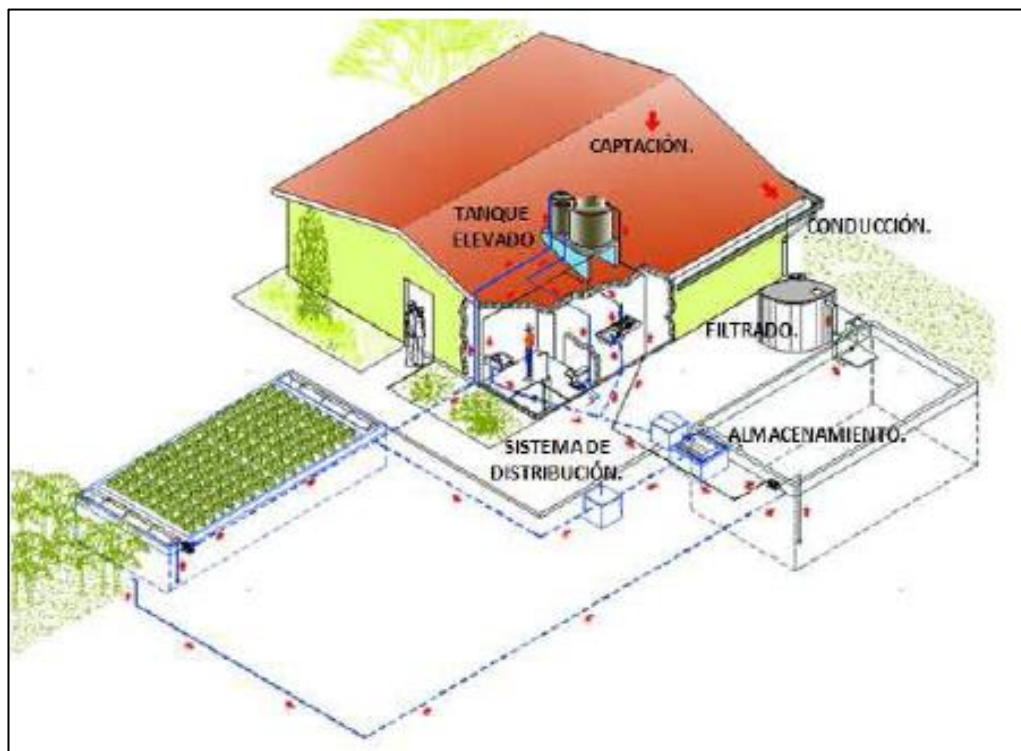


Figura 3. Sistema de captación unifamiliar.

También hubo información que contempla para el uso de agua de lluvias en las industrias, colegios, etc; donde requiere de más inversión y no se ajusta a nuestro objetivo de estudio por ser muy costoso y de requerir de espacios para su optimización.

Considerando estos aspectos se tomaron las consideraciones a los estudios realizados donde hubo revisión de información y experimentos en campo con mediciones de la precipitación.

Proceso de recopilación de datos

En este aspecto, la presente investigación busca analizar estudios donde utilizar el agua pluvial en ciertas actividades domésticas que actualmente se vienen realizando con agua potable, lo cual nos permitiría un ahorro de ésta agua, y con ello contribuir a una gestión más sostenible del recurso agua, dándole valor al agua pluvial y además con beneficios económicos para el usuario.



Figura 4. Usos de agua de lluvia donde no requiera que sea agua potable.

Tomando los artículos analizados, se estudiaron 105 artículos de los cuales no se tomaron en cuenta aquellos donde la captación es realizada para la industria, agricultura y otros fines que demanda mayores costos y de áreas extensas.

A continuación se describe la base de datos que se generó de la información encontrada con respecto a la captación de agua de lluvia para uso doméstico y las consideraciones para cada caso:

Autor	Tipo de fuente	Titulo	Año	Título de la fuente	Link	Resumen	Conclusión	Motivo exclusión	Motivo inclusión
B. K. Biswas y B. H. Mandal.	Artículo de Investigación	Construcción y Evaluación de Agua de Lluvia. Sistema de cosecha para uso doméstico.	2014	Ebcohost	http://dx.doi.org/10.1155/2014/751952	<p>La captación de agua de lluvia (RWH) se ha construido en una aldea remota y rural en Khulna, Bangladesh, para un hogar de 4 miembros. Se compone de una cuenca de hormigón de 40m2 de superficie, Un sistema de soporte y recogida de tuberías de PVC. El estudio también investiga la calidad del agua almacenada, que incluye mediciones de pH, alcalinidad, dureza, Sólidos totales disueltos (TDS), hierro, cloruro, nitrato y turbidez, utilizando métodos estándar.</p>	<p>Se encontró que la cantidad de cosechado y almacenado agua de lluvia podría ser utilizada también durante todo el año. Aunque el sistema ha planteado un problema potencial de contaminación con bacterias, se ha demostrado que las otras características físico-químicas del agua están en buen acuerdo con las normas de Bangladesh y las de la OMS.</p>	—	<p>Los resultados mostraron que no solo La calidad del agua de lluvia recolectada es buena, sino que también la cantidad de agua es suficiente para ser utilizada en tiempos de sequía.</p>
Carol Farbotko, Andrea Walton, Aditi Mankad and John Gardner	Artículo de Investigación	Household rainwater tanks: mediating changing relations with water?	2014	Ebcohost	http://dx.doi.org/10.5751/ES-06632-190262	<p>El objetivo de nuestra investigación es comprender la relación entre el medio ambiente y el medio ambiente. En particular, consideramos cómo los tanques de agua de lluvia domésticos están implicados en diversos entendimientos de los derechos al agua recolectada o utilizada en dominios privados. Examinamos la cuestión de cómo lidiar con el problema de la recolección, el manejo y el uso público y privado de la escala del hogar. Nuestra exploración de estos temas se realizó en el sureste de Queensland, Australia, donde hubo un uso generalizado de los tanques de agua de lluvia domésticos.</p>	<p>Este modelo era neoliberal, que la planificación del agua Las autoridades habían promovido y acomodado. Sólo se prestó servicio de labores a la meta de conservación del agua pública. Suministro, mientras que la planificación era Expansión de la oferta para satisfacer la demanda, incluso bajo poca lluvia. Por otro lado, la privatización del agua de lluvia en Los tanques de agua de lluvia domésticos también pueden interpretarse como una contradicción en la planificación del agua (Swyngedouw 2005): intentos del gobierno por aprovechar el consumo de los hogares. El bien público puede no ser bien recibido.</p>	No aplica al objetivo del estudio.	—

<p>Nicholas Quigley, Sara G. Beavis and Ian White</p>	<p>Artículo de Investigación</p>	<p>Aumento de la captación de agua de lluvia del suministro de agua doméstica en Honiara, Islas de Solomon</p>	<p>2016</p>	<p>Ebcohost</p>	<p>http://dx.doi.org/10.1080/13241583.2016.1173314</p>	<p>La combinación de agua potable y agua de lluvia de una manera eficiente puede dar mejores resultados al equilibrar la confiabilidad, el costo y la seguridad. Teniendo en cuenta los calculos de las demandas para cada sistema, se puede determinar la capacidad de los tanques para tales fines.</p>	<p>Se encontró que los tamaños de tanques modestos podrían cubrir Todos los escenarios a ciertas exigencias. Un tanque de 1000 l satisfacer la demanda de agua potable (5 L / persona / día) para todos los escenarios y un tanque de 4000 L se reuniría Agua potable y cocina (15 l / persona / día) de forma fiable para todos los escenarios. Esto muestra que hay fuertes ganancias en la confiabilidad del sistema de suministro de agua para sistemas más pequeños. Algunos departamentos podrían tener hasta el 60% de su demanda total de depósitos de agua de lluvia de manera confiable.</p>	<p>_____</p>	<p>Se considera la independizacion de tanques para el uso de agua de lluvia y agua potable respectivamente, calculando para ello la demanda de cada una de ellas.</p>
---	----------------------------------	--	-------------	-----------------	--	---	--	--------------	---

<p>PH Dobrowksy, D Mannel, M De Kwaadst eniet, H Prozesky, W Khan and TE Cloete</p>	<p>Artículo de Investigación</p>	<p>Evaluación de la calidad y atención primaria del agua de lluvia recolectada en Kleinmond, Sudáfrica</p>	<p>2014</p>	<p>Ebcohost</p>	<p>http://dx.doi.org/10.4314/wsa.v40i3.2</p>	<p>La recolección de agua de lluvia (RWH) se puede promover como una estrategia de adaptación central para la recuperación global seguridad del agua, alcanzar los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) y mantener los recursos hídricos. El microbio y Calidad química de muestras de RWH en un desarrollo de vivienda sostenible en Kleinmond, Sudáfrica fueron monitoreados Los resultados indicaron que la calidad del agua está dentro de los estándares químicos (cationes y aniones) Analizado para agua potable. Sin embargo, los recuentos de los organismos indicadores, por ejemplo, coliformes totales y Escherichia coli, superó las pautas estipuladas por el Departamento de Asuntos Hídricos y Bosques (1996). El análisis microbio. Los resultados indican que el tanque no era adecuado para su uso sin tratamiento.</p>	<p>A partir de los resultados del estudio de percepción social se puede concluir que, en general, RWH ,goza de un alto nivel de aceptación entre los miembros de la comunidad en Kleinmond Agua de lluvia recolectada para lavar ropa y para limpieza general dentro y fuera de sus casas, Sin embargo, el mantenimiento de un sistema de recolección de agua de lluvia es un servicio regular en curso. Además, A pesar de que algunas de las personas hervirían el agua de lluvia. Antes de beber y cocinar con él, es posible que estos los usuarios no son conscientes de la medida en que contaminación del agua de lluvia, como la suciedad y las heces que vienen Principalmente de aves y pequeños animales que fluyen hacia el tanque, pueden contaminar el agua (Gusano y Van Hattum, 2006). Se recomienda un programa de capacitación para completar los conocimientos.</p>		<p>Se tomaron encuestas del uso de estos sistema de recolección de agua, su aplicación y los cuidados que se deben tener por las contaminantes que conlleva su recolección.</p>
---	--	--	-------------	-----------------	--	---	--	--	---

<p>LN Fisher-Jeffes, NP Armitage and K Carden</p>	<p>Artículo de Investigación</p>	<p>La viabilidad de la captación doméstica de aguas pluviales en las zonas residenciales de la cuenca del río Liesbeek, Ciudad del Cabo.</p>	<p>2017</p>	<p>Ebcohost</p>	<p>http://dx.doi.org/10.4314/wsa.v43i1.11</p>	<p>Para 2030, se prevé que Sudáfrica (SA), un país en desarrollo, se verá gravemente afectado por la escasez física de agua. A fin de que Para evitar una futura crisis del agua, el país necesita encontrar formas de reducir su dependencia de los sistemas convencionales de agua de superficie basados en los embalses de los ríos. La recolección de agua de lluvia (RWH) es un recurso hídrico alternativo. el modelo de recolección de aguas pluviales / aguas pluviales urbanas (URSHM) Aprovechamiento de los datos disponibles. El análisis mostró que: RWH solo era económicamente viable para una minoría de propietarios es probable que el cambio climático tenga un impacto limitado en el rendimiento de los sistemas de RWH; y - contrariamente a algunas afirmaciones - RWH es un medio no confiable para atenuar los flujos máximos de aguas pluviales.</p>	<p>RWH a veces se considera una herramienta de gestión de aguas pluviales en el sitio y se destaca como tal en algunos Pautas para el manejo de aguas pluviales. Este estudio, sin embargo, sugiere que no sería particularmente efectivo en este papel en la cuenca del río Liesbeek. Si bien reduce el volumen de escorrentía y puede atenuar los flujos máximos, no logra una reducción significativa. atenuar los flujos máximos de tormentas con RI más largas, es decir, las que hacen el daño Teniendo esto en cuenta, los únicos beneficios significativos para el manejo de aguas pluviales provistos por RWH son la leve mejora en la calidad del agua que se puede lograr a través de la intercepción de contaminantes antes de cualquier derrame. Sin embargo, Los contaminantes disueltos no serán eliminados.</p>	<p>No aplica ya que considera la captación de agua de lluvia en una cuenca.</p>	<p>_____</p>
<p>Monika Kolloa and Janek Laanearu b</p>	<p>Artículo de Investigación</p>	<p>Una solución óptima de uso de energía térmica en el sistema integrado de aguas pluviales. Recolección y calefacción de agua doméstica.</p>	<p>2017</p>	<p>Ebcohost</p>	<p>http://dx.doi.org/10.1080/1573062X.2015.1086006</p>	<p>Se propone una solución para aprovechar la energía térmica del agua de lluvia en áreas altamente urbanizadas. Es demostrado que el calor de las aguas pluviales representa una energía renovable adicional disponible en el sitio para Producción de agua caliente. La solución propuesta incrementa la multifuncionalidad en la infraestructura urbana que se utiliza esencialmente para mitigar los impactos de eventos climáticos extremos. Este estudio considera La recolección óptima de aguas pluviales mediante la maximización</p>	<p>la zona de captación disponible y la posibilidad de utilizar un cercano tanque de almacenamiento. La producción de agua caliente a partir de aguas pluviales es factible en el caso de un edificio que tiene una gran área de captación, donde El riesgo de inundación es un problema importante y el agua caliente más o menos estable el consumo existe Existe un gran potencial para la aplicación de El sistema integrado de aguas pluviales para la extracción de energía térmica.</p>	<p>No aplica al objetivo del estudio.</p>	<p>_____</p>

						del uso del calor absorbido por el agua en relación con el agua caliente.			
DR. VIJAYA S. NAWAL E	Artículo de Investiga ción	EVALUACIÓN DE LA POTENCIALID AD DE LOS SISTEMAS DE RECOLECCIÓN DE AGUA DE LLUVIA EN LA CIUDAD DE PUNE	2016	Ebcohost	http://ijrcm.org.in/	El propósito de este documento es estudiar la captación de agua de lluvia y su sostenibilidad y eficacia. Para complejos residenciales en la ciudad de PUNE. El investigador hace un intento por identificar la asequibilidad, lo que limita los cuellos de botella y la eficacia del sistema. Se realizó una encuesta de cuestionario entre los usuarios registrados del sistema de recolección de agua de lluvia bajo el PMC. El estudio concluye que la adopción de tecnologías de captación de aguas pluviales sin duda ha hecho que las sociedades residenciales sean autosostenibles y es una necesidad de la hora de satisfacer la creciente necesidad de la creciente población.	La calidad general de RHWS fue bastante satisfactoria y la mayoría de ellos están en condiciones de trabajo. No importa la mayoría de los instaladores han instalado el RWHS para cumplir con el cumplimiento establecido por el gobierno en las sociedades de vivienda construidas después de 2008. Los sistemas están bien mantenidos debido a su efectividad, se ha comprobado la dependencia sostenible para el requerimiento de agua.		Aplica por su efectividad utilizando el sistem RHWS

Martínez-Austria, P. F., & Vargas-Hidalgo	Artículo de Investigación	Modelo dinámico adaptativo para la gestión del agua en el medio urbano	2016	Ebcohost	Tecnología y Ciencias del Agua, 7(4), 139-154	<p>En este trabajo se propone el uso de la modelación dinámica aplicada al abastecimiento de agua a ciudades, se muestra un modelo general, y se hace una aplicación a la ciudad de Puebla y su zona conurbada. Se analizan un escenario tendencial y uno de balance, compuesto de diversas acciones de conservación, captación pluvial y reúso de agua tratada en un horizonte de 15 años, demostrando la posibilidad de conducir al sistema de una situación de déficit a un balance de superávit hídrico, y ejemplificando las ventajas de la modelación dinámica en sistemas hídricos urbanos.</p>	<p>En este texto, las ventajas de la modelación dinámica de sistemas se aplicaron al caso de la ciudad de Puebla y área conurbada, que atiende el Sistema de Aguas de la ciudad. Se analizó el posible efecto del escenario tendencial, y se diseñó y probó un escenario de balance, compuesto por un conjunto de estrategias, que demostró la posibilidad de revertir la condición actual de déficit y de conducir al sistema a un balance. El periodo de análisis termina en 2030.</p>	No aplica al objetivo del curso.	_____
---	---------------------------	--	------	----------	---	--	--	----------------------------------	-------

<p>E. Ospina- Zúñiga y H. Ramírez- Arcila</p>	<p>Artículo de Investiga ción</p>	<p>Evaluación de la calidad del agua de lluvia para su aprovechamiento y uso doméstico en Ibagué, Tolima, Colombia</p>	<p>2014</p>	<p>Ebcohost</p>	<p>http://dx.doi.org/10.16925/in.v9i17.812</p>	<p>La investigación comprendió ocho estaciones de muestreo donde se recogió agua sin contacto con superficie alguna. La caracterización incluyó la medición de turbidez, color aparente, ph, conductividad, temperatura, nitratos, alcalinidad total, cloruros, aluminio, dureza total, hierro total, sulfatos y coliformes totales. Los análisis efectuados demostraron que la composición físico química es susceptible de potabilización al no encontrar niveles temibles de contaminación. Al contrario, la mayoría de los parámetros analizados están dentro de los rangos exigidos para el agua potable exceptuando el ph y turbiedad en algunos puntos de muestreo, permitiendo definir así su potencial aprovechamiento previo proceso de tratamiento convencional que permita remover algunos contaminantes detectados, como coliformes totales, reducción de turbiedad y neutralización del ph por presentar valores bajos como evidencia de agua ligeramente ácida.</p>	<p>Su composición física, química y microbiológica permite su potabilización mediante tratamiento convencional, cumpliendo los requerimientos establecidos en la norma colombiana [19]. Los valores de ph obtenidos en algunos puntos de muestreo evidenciaron lluvia ligeramente ácida. La exposición a este tipo de lluvia puede ocasionar afecciones a los ojos, la piel y la pérdida del pelo [17]. El tratamiento convencional requerido para potabilizar el agua lluvia, comprende básicamente la aplicación de una solución de neutralización del ph con carbonato de sodio u otro, filtración para remover la turbiedad y desinfección para los coliformes totales. No se requiere realizar ningún proceso de clarificación, ni es necesario el uso de coagulantes y unidades de floculación-sedimentación, simplificando el proceso.</p>	<p>—</p>	<p>Los analisis de las muestras de agua de lluvia demostraron que la composicion fisico quimica es susceptible a la potabilizacion.</p>
---	---	--	-------------	-----------------	--	--	---	----------	---

<p>Nixon Arboleda Montañoz</p>	<p>Artículo de Investigación</p>	<p>Evaluación de alternativas tecnológicas para el tratamiento básico del agua lluvia de uso doméstico en el consejo comunitario de la comunidad negra de los lagos, Buenaventura</p>	<p>2016</p>	<p>Ebcohost</p>	<p>http://dx.doi.org/10.22517/23447214.11291</p>	<p>El presente trabajo de investigación inicio determinando la calidad del agua lluvia; además, se calculó el índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano de acuerdo a los resultados fisicoquímicos y microbiológicos obtenidos. Finalmente, se hizo la evaluación de las alternativas tecnológicas identificadas teniendo en cuenta los factores ambiental, sociocultural, económico, técnico - operativo y normativo. Se pudo determinar que la alternativa tecnológica que presentó las mejores condiciones para ser implementada en el tratamiento del agua lluvia en el Consejo Comunitario de la Comunidad Negra de los Lagos fue el purificador de agua microbiológico instantáneo LifeStraw Family, y como segunda opción o alternativa complementaria se recomendó hervir el agua lluvia.</p>	<p>Entre las tecnologías evaluadas, la alternativa que presenta las mejores condiciones para ser implementada en el tratamiento del agua lluvia en el consejo comunitario de la comunidad negra de Los Lagos es el Purificador de agua microbiológico instantáneo LifeStraw Family dado que con esta se obtiene un agua de buena calidad, garantizando altamente el cumplimiento de la legislación ambiental, además de ser una alternativa de fácil implementación y operación. El filtro de plástico con elementos de disco y el filtro de plástico con malla no son alternativas idóneas para tratar el agua lluvia, puesto que no mejoran significativamente la calidad de las mismas.</p>		<p>Se considera ya que sustenta que el agua de lluvia se puede potabilizar para ser usada para el consumo humano.</p>
--------------------------------	----------------------------------	---	-------------	-----------------	--	---	--	--	---

<p>Jaime Andres Lara Borrero; Andres Eduardo Torres Abello; Maria Claudia Campos Pinilla; Leonardo Duarte Castro; Jairo Ivdn Echeverri Robayo; Paula Andrea Villegas Gonzalez</p>	<p>Articulo de Investigación</p>	<p>APROVECHAMIENTO DEL AGUA LLUVIA PARA RIEGO Y LAVADO DE ZONAS DURAS Y FACHADAS EN EL CAMPUS DE LA PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERJANA (BOGOTA)'</p>	<p>2007</p>	<p>Ebcohost</p>	<p>Financiado por la Universidad Javeriana</p>	<p>Este articulo presenta un analisis de la viabilidad economica y tecnica del aprovechamiento del agua lluvia como una alternativa para el riego y el lavado de zonas duras y fachadas en el campus de la Pontificia Universidad Javeriana (Bogota). Se desarrollan tres aspectos principales: (i) estimacion de los volúmenes disponibles de agua lluvia y de los posibles puntos de recolección, (ii) analisis preliminar de calidad del agua lluvia recolectada y (iii) calculo de los costos de construcción de la infraestructura básica para recolectar el agua lluvia. Los resultados sugieren que el aprovechamiento del agua lluvia es económica y técnicamente viable y que puede representar una solución interesante para contribuir a una gestión y un desarrollo sostenibles del campus de la Universidad.</p>	<p>Para tres puntos de muestreo se midieron los índices de coliformes fecales y sólidos totales. A partir de estos resultados se concluye que el agua puede ser utilizada para riego y lavado de zonas duras y fachadas, pero evitando todo contacto con el ser humano y hacer riegos por aspersión. De ser necesarios tales riegos, se recomienda tomar medidas para reducir los coliformes o realizar las aspersiones en horas de la noche. Sin embargo, se recomienda llevar a cabo ensayos más profundos de la calidad del agua, diversificando los puntos de muestreo.</p>	<p>—</p>	<p>Se considera por el estudio físico químico de agua de lluvia, considerando que es apto para el riego bajo ciertos controles y lavado por los índices de coliformes fecales y sólidos totales.</p>
---	----------------------------------	--	-------------	-----------------	--	---	---	----------	--

CAPÍTULO III.

RESULTADOS

Selección del estudio

Con apoyo de la plataforma de la biblioteca virtual UPN, explícitamente en la base de datos Ebscohost, de artículos académicos entre los años 2015 al 2018, se tomó los cuatro últimos años por la cantidad de información que se encuentra, aproximadamente 2100 artículos; tomando como pregunta clave: “Uso del agua de lluvia para vivienda familiar”; y teniendo como limitadores: texto completo, que sea una publicación arbitraria, el tipo de fuente: publicaciones académicas; base de datos: Academic search complete y que sean artículos con el idioma inglés y castellano. Teniendo como resultado usando los limitadores unos 138 artículos.

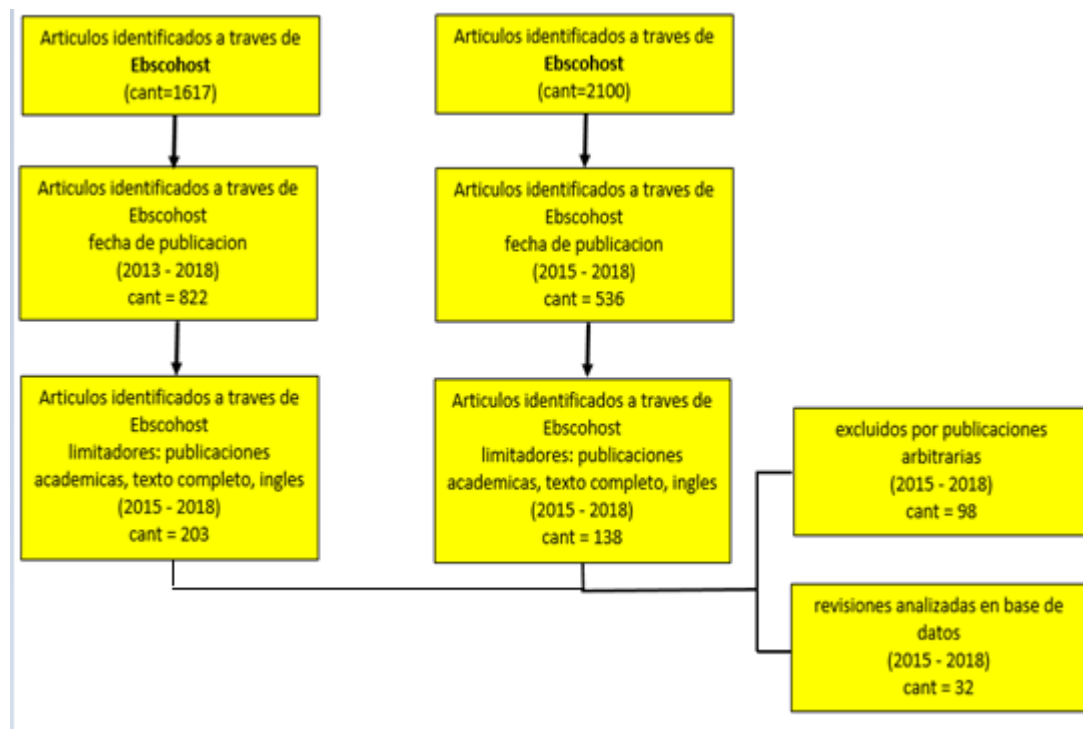


Figura 5 – Diagrama de flujo recolección de datos.

De los 138 artículos, se redujo a 98 al solicitar que sean publicaciones arbitrarias; de las cuales se analizaron de la base de datos 32 publicaciones sistemáticas, donde se tomaron las consideraciones a los estudios realizados donde hubo revisión de información y experimentos en campo con mediciones de la precipitación.

Características de los estudios

Dentro de los alineamientos de estudios, se evaluó a los países que de una u otra forma sufren de escasez de agua, a pesar de tener temporadas de grandes precipitaciones.

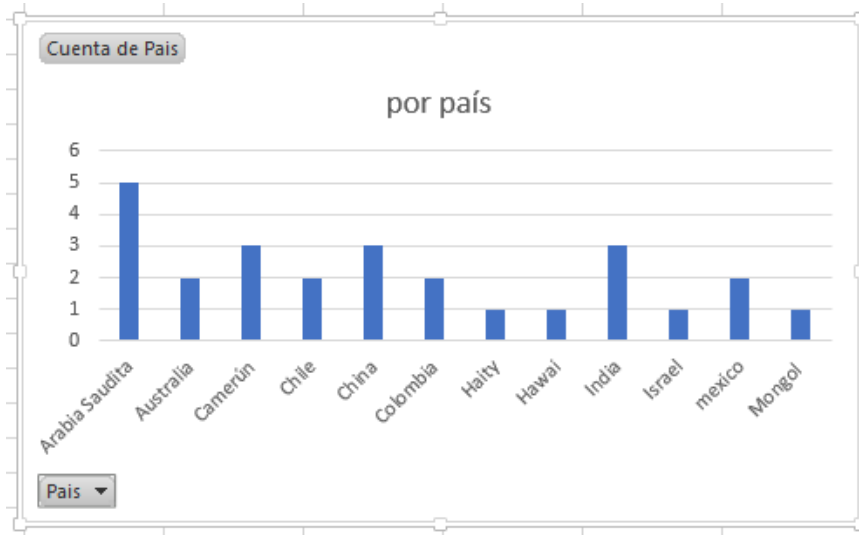


Tabla 2 – Países que sufren la escasez de agua

También podemos ver que los países con más recursos económicos instalan módulos con experimentos de estudio, dependiendo del sistema planteado.

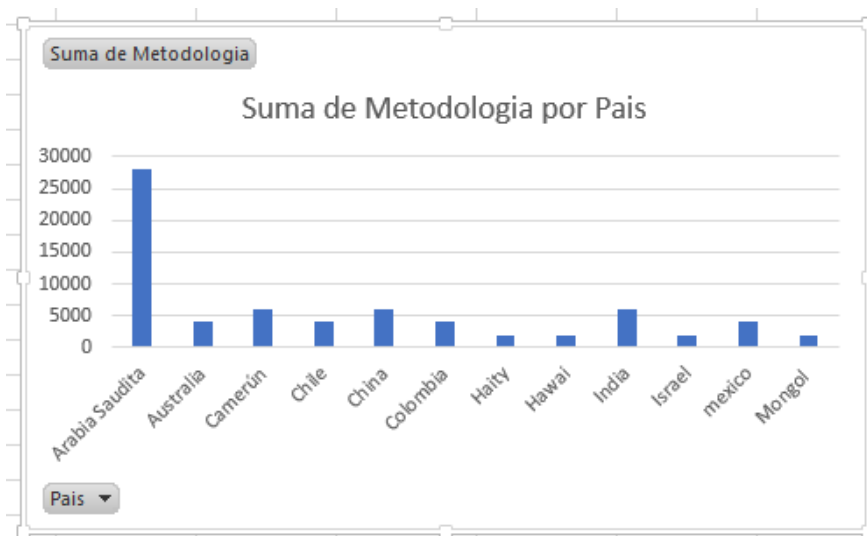


Tabla 3 – Países que instalan sistemas de almacenamiento de agua de lluvia.

Análisis global de los estudios

Se obtuvo una información bibliográfica bastante amplia que permitió revisar y crear conceptos, desarrollando criterios para nuestro conocimiento. Por otra parte, se pudieron establecer todas las variables para la obtención de un sistema de captación de aguas pluviales y los parámetros necesarios por medio de ensayos de laboratorio, colaboración de los auxiliares de laboratorio, préstamo de las instalaciones y un gran apoyo para la revisión bibliográfica, clave para el desarrollo del mismo.

En regiones con importante precipitación pluvial, la cosecha de agua de lluvia, es una alternativa, que puede ser utilizada en actividades, como limpieza de inodoros, pisos, e incluso lavado de ropa; permitiendo ello optimizar el uso del agua potable; más aún si tenemos en consideración que por tratarse de zonas lluviosas, las edificaciones, disponen desde ya, de coberturas adecuadas y sistemas de evacuación de las aguas pluviales, y por lo tanto lo que se requiere adicionar básicamente es un tanque de almacenamiento.



Figura 6. Imágenes de precipitaciones dependiendo de la zona y temporadas.

Los resultados analizados sugieren que el aprovechamiento de agua lluvia es una opción técnicamente viable, pero requiere de una inversión inicial que en el tiempo es recuperada, por lo que puede representar una solución interesante para contribuir a la gestión y el desarrollo sostenible de Cajamarca.

Ante la preocupación, surge la idea de la creación de sistemas de abastecimiento alternativo más eficientes, de menor costo y de un bajo impacto ambiental, una de estas alternativas se fundamenta en el uso de tanques de aguas pluviales, para la captación, almacenamiento y distribución de este recurso, satisfaciendo así necesidades hídricas de actividades menos estrictas que no se ven afectadas por el uso de este tipo de agua,

permitiendo mantener el estilo de vida de las personas sin perjudicar su salud, al tiempo que se ahorra agua potable.

En algunos estudios más complejos el diseño contempla la utilización de un pluviómetro, instrumento que permite determinar la cantidad de precipitaciones en un periodo de tiempo determinado. A ello incluye para las primeras aguas de lluvia de un interceptor que consta de un tanque, al cual entra el agua por medio de los captadores, teniendo en cuenta que las primeras aguas de lluvia trae consigo la suciedad de los techos, el tanque interceptor debe contar con una válvula de flotador que permita su llenado, cuando éste alcance el nivel deseado, la válvula impedirá el paso del agua hacia el interceptor y la dirigirá hacia el tanque de almacenamiento, ya después de un periodo de tiempo donde el agua entra sin impurezas sólidas. Adicionalmente el tanque interceptor debe tener una válvula de purga en la parte inferior del tanque para hacer el mantenimiento después de cada lluvia; cabe resaltar que dicha agua no se desperdicia porque puede ser usada para el riego de jardines.



Figura 7. Pluviometro digital y pluviometro de Netatmo

CAPÍTULO IV.

CONCLUSIONES

Se puede concluir que los sistemas de abastecimiento de agua de lluvia revisados en los artículos de investigación son factibles en zonas donde la precipitación es considerable tomando como referencia las estaciones del año, quedando demostrado que estos sistemas realmente funcionan, donde las personas pueden abastecerse completamente con agua de lluvias durante todo el año, bajo la implementación de un sistema de abastecimiento de agua de lluvia e inclusive su potabilización bajo ciertos controles y métodos de purificación.

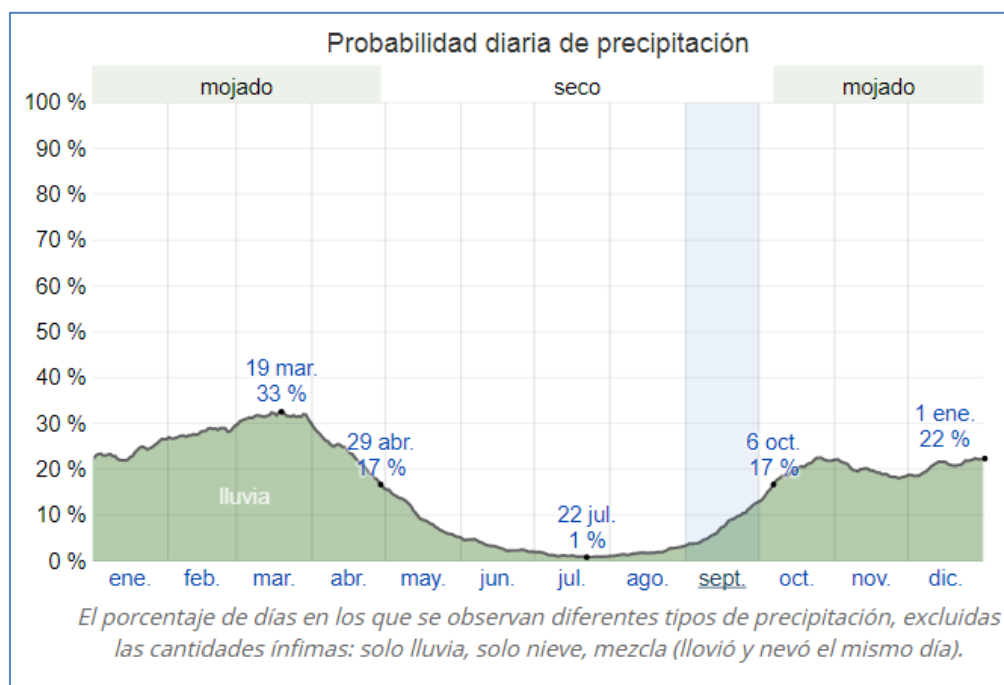


Tabla 4 - Fuente: Weather Spark: El clima típico de cualquier lugar del mundo.

Además hay beneficios ambientales, que siempre va a ser conveniente optar por estos métodos de abastecimiento de agua que no son para nada invasivos. En estos casos no se afectan los flujos de aguas superficiales ni subterráneas, ni se fomenta la contaminación de los mismos. Ello aporta un ambiente saludable manteniendo los jardines y ambientes que así lo requieran pudiendo ser regados y mantenidos sin necesidad que estén en época de precipitaciones.

Debido a que la captación de agua de lluvia está diseñada para condiciones hidrológicas estables; se ha visto en los estudios de los artículos revisados que existen algunas limitaciones como lo es en fenómenos del niño o niña donde la precipitación es mayor la capacidad de almacenamiento podría variar en capacidad como también en el diseño de la captación, las cuales se deben de tenerse en cuenta.

En lo referente al tratamiento de agua de lluvia, varios artículos revisados recomiendan adicionar otros procesos al final de dicho sistema. Una opción que consideran es tratar el efluente mediante un filtro adicional, con el fin de reducir la turbiedad y la cantidad de materia orgánica. Posteriormente mencionan los estudios que se podría incluir un sistema de desinfección con cloro, con el fin de reducir la concentración de microorganismos y evitar su proliferación durante el almacenamiento, cumpliendo de esta manera con lo estipulado por la normatividad de los límites permisibles.

De los artículos de investigación revisados solo se ha tomado como revisión la plataforma de la biblioteca virtual, explícitamente la plataforma Ebcghost, de artículos académicos entre los años 2004 al 2018, cabe mencionar que esto puede generar algunos errores producto de la falta de información al no indagar en otros medios académicos que ayuden a alimentar más la información encontrada.

Finalmente se concluye que el agua de lluvia, a pesar de no ser potable, posee una gran calidad, ya que contiene una concentración muy baja de contaminantes, dada su nula manipulación. El agua pluvial es perfectamente utilizable para muchos usos domésticos en los que puede sustituir al agua potable, como en lavadoras, lavavajillas, baños y riego, todo ello con una instalación sencilla y rápidamente amortizable. Es un agua que cae del cielo de forma gratuita, y que es conducida sistemáticamente al alcantarillado, y desperdiciada. ¿Por qué no aprovecharla?

CAPÍTULO V.

REFERENCIAS

- León, L. (2013), “Aprovechamiento sostenible de Recursos Hídricos Pluviales en zonas residenciales” (Tesis de grado). Pontificia Universidad Católica del Perú., Lima, Perú.
- Morales, A. (2016) “Ecotecnia para captación y reciclaje de aguas pluviales en casa de interés social en Pachuca, hidalgo” (Tesis de grado). Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Pérez, I. (2009). “Aprovechamiento de aguas pluviales” (Tesis de grado). Universidad Politécnica de Catalunya, Barcelona, España.
- Quevedo, P. (2013). “Propuesta Metodológica para evaluar sistemas De Aprovechamiento de agua de lluvia, como alternativa para el ahorro de Agua Potable, en Viviendas e Instalaciones con alta demanda del suministro, en la República de Guatemala, (Tesis de grado). Universidad Nacional San Carlos de Guatemala.
- Biswas B.K & Mandal B. H. (2014), “Construcción y Evaluación de Agua de Lluvia. Sistema de cosecha para uso doméstico”. Editor: Maurice Millet. Volumen 2014. artículo 751952. 06 paginas. <http://dx.doi.org/10.1155/2014/751952>
- Farbotko C., Walton A., Mankad A. y Gardner J. (2014). “Tanques domésticos de agua de lluvia: ¿median las relaciones cambiantes con el agua?”. Ecología y sociedad 19 (2): 62. <http://dx.doi.org/10.5751/ES-06632-190262>
- Quigley N., Beavis S. G. & White I. (2016) “Aumento de la captación de agua de lluvia del suministro doméstico de agua en Honiara, Islas Salomón”, Australian Journal of Water Resources, 20:1, 65-77, DOI: 10.1080/13241583.2016.1173314. <https://doi.org/10.1080/13241583.2016.1173314>.

Dobrowsky P.H., Mannel D., De Kwaadsteniet M., Prozesky H., Khan W. & Cloete T.E. (2014). “Evaluación de la calidad y usos principales del agua de lluvia recolectada en Kleinmond, Sudáfrica”. Revista africana en Línea (AJOL). Voumen 40. N. 03. 06 pag. <https://www.ajol.info//index.php/wsa/article/view/104213>

Ospina-Zúñiga O. E. & Ramírez H. (2014). “Evaluación de la calidad del agua de lluvia para su aprovechamiento y uso doméstico en Ibagué, Tolima, Colombia”. Ingeniería Solidaria, vol. 10, n.º 17, pp. 125-138. <http://dx.doi.org/10.16925/in.v9i17.812>

Montaño A. N. (2016). “Evaluación de alternativas tecnológicas para el tratamiento básico del agua lluvia de uso doméstico en el consejo comunitario de la comunidad negra de los lagos, Buenaventura”. *Scientia Et Technica*, 21(3), 278-285. <https://doi.org/10.22517/23447214.11291>

Lara J., Torres A., Campos M., Duarte L., Echeverri J., Villegas P. “Aprovechamiento del agua lluvia para riego y lavado de zonas duras y fachadas en el campus de la Pontificia Universidad Javeriana”. (Bogotá) Ingeniería y Universidad, vol. 11, núm. 2, julio-diciembre, 2007, pp. 193-202 Pontificia Universidad Javeriana Bogotá, Colombia