

Captación y almacenamiento pluvial como modelo histórico para conservación del agua en los Andes peruanos

Rainwater harvesting and storage as a historical model for water conservation in the peruvian Andes

Kevin Abner Ortega Quispe ^{1,a} , Lady Luz Valerio Deudor ^{1,a} 

Recibido: 03-10-2022

Aceptado: 22-11-2022

Publicado en línea: 04-01-2023

Artículo disponible
escaneando QR



Citar como

Ortega Quispe, K. A., y Valerio Deudor, L. L. (2023). Captación y almacenamiento pluvial como modelo histórico para conservación del agua en los Andes peruanos. *Desafíos*, 14(1), 32-9. <https://doi.org/10.37711/desafios.2023.14.1.385>

RESUMEN

Este artículo llama a la reflexión sobre la importancia del agua como un recurso natural cada vez más necesario y escaso en el medio, donde la recolección pluvial tendrá que convertirse en parte importante de nuestras vidas si vislumbramos disfrutar de un futuro sostenible. El presente trabajo tuvo como objetivo desarrollar una revisión histórica y bibliográfica para definir las técnicas y métodos ancestrales de captación y almacenamiento de agua de lluvia o pluvial que puedan ser aprovechables y aplicables en los andes peruanos. Se realizó a partir de un acercamiento con la historia respecto a la gestión del recurso pluvial a través de diversas civilizaciones, continentes y épocas. Se puede concluir que es urgente el retorno y revalorización de estas técnicas y métodos ancestrales para las poblaciones, las que apoyadas en ingeniería convencional y sistemas de captación de agua pluvial se pueden transformar en una iniciativa real que permita extender la disponibilidad del recurso en periodos y temporadas de dificultad y escasez hídrica, especialmente en aquellos sectores de los Andes peruanos que muestran una seria deficiencia en el servicio de acceso al agua. Por consiguiente, se puede revalorar estas medidas de adaptación implementadas por nuestros predecesores y aplicarlas hoy en día en un nuevo contexto científico y tecnológico, para así lograr mejorar la calidad de vida en la sociedad y contribuir a los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

Palabras clave: agua; almacenamiento; captación; lluvia; histórico; pluvial.

ABSTRACT

This article calls for reflection on the importance of water as a natural resource increasingly necessary and scarce in the environment, where rainwater harvesting will have to become an important part of our lives if we are to enjoy a sustainable future. The objective of this work was to develop a historical and bibliographical review to define the ancestral techniques and methods of rainwater harvesting and storage that can be used and applicable in the Peruvian Andes. It was carried out based on an approach to the history of the management of rainwater resources through different civilizations, continents and epochs. It can be concluded that the return and revaluation of these ancestral techniques and methods is urgent for the populations, which supported by conventional engineering and rainwater harvesting systems can be transformed into a real initiative that allows extending the availability of the resource in periods and seasons of difficulty and water scarcity, especially in those sectors of the Peruvian Andes that show a serious deficiency in the service of access to water. Therefore, these adaptation measures implemented by our predecessors can be re-evaluated and applied today in a new scientific and technological context, in order to improve the quality of life in society and contribute to the Sustainable Development Goals.

Keywords: water; storage; harvesting; rainfall; historical; pluvial.

Filiación y grado académico

¹ Universidad Continental, Huancayo, Perú.

^a Ingeniero ambiental.



INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso esencial para personas, animales, producción agrícola y diversos procesos productivos (Fernández, 2012). El modo de vida andino ancestral dejó un hallazgo significativo en el manejo del agua. La sociedad andina progresó en un ambiente complejo y frágil, donde el agua fue un medio esencial y determinante para su supervivencia; por ello fue que los grupos humanos buscaban establecerse junto a fuentes de aguas superficiales como lagunas, mares, ríos y similares (Jiménez, 2018), las que se recargaban por la precipitación pluvial y les permitían aprovechar directamente este recurso para el consumo, provisión, riego, transporte, entre otras actividades (Cáceres, 1986). Las aguas pluviales siempre estuvieron allí y supieron ser aprovechadas por las diferentes culturas (León, 2016).

El recurso hídrico en la actualidad se ha visto enfrascado en un aumento generalizado de los conflictos por el agua (Alexandratos et al., 2019; Boelens, 2014) y de los derechos por este recurso, siendo los gobiernos y tomadores de decisión los que consideran estos derechos como meras mercancías (Boelens, 2009), generando con ello mayores problemas sociales, económicos, produciendo además presión y escasez sobre el recurso (Taft, 2015).

El agua pluvial es para muchos países en desarrollo la solución más común para enfrentar la escasez de agua (Ali y Sang, 2023). La recolección de agua de lluvia viene a ser una técnica en la que el agua de lluvia es recogida de manera directa a través de un sistema definido durante períodos de lluvia, siendo sobre todo estos sistemas, los techos de viviendas y otros materiales elaborados (Ortiz et al., 2022).

Existen antecedentes a nivel mundial de captación y almacenamiento del agua pluvial; entre ellos se pueden apreciar las estructuras de captación usadas a lo largo de la historia como en el caso de la Roma, Grecia, así como en otras civilizaciones antiguas donde los acueductos, cisternas y otras estructuras satisfacían las necesidades hídricas, agrícolas y urbanas, siendo parte del legado dejado por aquellas (Aranda, 2015).

En el Perú, el agua disponible es alta. Según las estimaciones, existe hasta 70 000 m³ por persona al año de recurso que es más de diez veces el promedio global (Aranda, 2015). En el presente, la población andina enfrenta un reto aún mayor, el cambio climático (Kinouchi et al., 2019), el crecimiento demográfico exponencial y actividades antrópicas (Ochoa et al., 2019), que en su afán desmedido por satisfacer la demanda de sus necesidades en el

modelo de desarrollo global actual, el ser humano acaba provocando destrucción de los ecosistemas y generando afectación sobre los ciclos naturales globales (DellaSala, 2022), generando problemas a escala mundial, como los reportes y situaciones que se perciben con mayor frecuencia, inundaciones, lluvias torrenciales, sequías, vientos huracanados y el descongelamiento de los glaciares (Santa Cruz et al., 2008).

No es ninguna novedad que debido al crecimiento demográfico, sobre todo en la sierra peruana, el abastecimiento de agua se hace insuficiente por los problemas de gestión de las empresas prestadoras de servicios locales y sumados a un ordenamiento territorial mal planificado, realizado por las autoridades locales que son incapaces de evitar el asentamiento irregular sobre las cabeceras de cuenca, fajas marginales e informalidad (Sime, 2020). Por consiguiente, vemos que la tarea que nos toca ahora como generación es contribuir al mejoramiento en el abastecimiento de agua a través de técnicas y métodos ancestrales que fueron sustentables y que pueden ayudar a minimizar los impactos ambientales (Skidmore y Wheaton, 2022), expandiendo el alcance en zonas donde los sistemas tradicionales no existen o sencillamente no son suficientes para satisfacer la demanda zonal (Villena, 2018).

En los últimos años, debido al gran desarrollo de tecnologías para el mejor aprovechamiento del uso y transporte de aguas superficiales, el agua de lluvia rara vez se usa, e incluso se ignora casi por completo (Herrera, 2010). Sin embargo, estas tecnologías no siempre están reguladas mientras que las fuentes de agua se consumen rápidamente, llegando a recurrir a otras fuentes de agua diferentes de la superficial, como la extracción de agua subterránea, donde se han utilizado métodos muy invasivos para captarla contaminando el flujo de las aguas subterráneas en el proceso y, en algunos casos, provocando que el nivel del agua descienda o se pierda totalmente (León, 2016).

Debido a esta problemática, además de los retos que arrastra el cambio climático, se deben considerar métodos novedosos e históricos para una mejor gestión del agua y entre estas un punto fundamental es el aprovechamiento del agua pluvial (Duran, 2010), por lo que se propuso como objetivo de este estudio realizar una breve revisión histórica y bibliográfica de los métodos y sistemas de captación de agua pluvial en distintos lugares del mundo y en el Perú para poder describir cómo estos influyen en el proceso de ahorro de agua en la actualidad, buscando una alternativa para mejorar el abastecimiento de las regiones andinas a fin de mejorar la calidad de vida de estas poblaciones y contribuir a su vez con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

MÉTODOS

El presente es un estudio cualitativo que fue desarrollado a partir de la revisión descriptiva de la literatura científica. Para conseguirlo se definió el objetivo de la revisión, la cual busca actualizar y englobar información sobre el tema en específico. Tras ello, se aplicó metodologías como las búsquedas expertas, operadores booleanos, valoración crítica del contenido para búsqueda de información eficiente, logrando obtener información selectiva, importante y acertada (Moncada, 2014), la cual, tras una búsqueda intensa en las siguientes bases de datos: ScienceDirect, SciELO, Scopus, Web of Science, Latindex y Springer, además de fuentes locales documentadas en entidades universitarias y gubernamentales. Sirvió para generar una extensa base de datos que sirvió para el desarrollo del estado del arte.

La administración y organización de estos datos se realizó con el software Mendeley; además, se tomó como criterio de selección que fueran artículos originales, en idioma español, portugués e inglés, publicados desde el año 2010 en adelante.

RESULTADOS

Modelos a nivel internacional

La recolección de agua pluvial es un elemento necesario para la obtención de agua que sea aprovechable para el consumo humano y otras actividades que requieran del recurso, la cual se desarrolla desde tiempos ancestrales. En distintas partes a lo largo y ancho del mundo se crearon soluciones para la problemática de la disponibilidad de agua. Como evidencia de lo anterior se describen los ejemplos más significativos a nivel internacional.

Yemen

La recolección de agua de lluvia en Yemen ha sido una práctica tradicional y ampliamente utilizada (Ballén et al., 2006b). Las infraestructuras llamadas "cisternas" o "tanques" se utilizaron para conservar el agua de las pocas precipitaciones que se dan en esta zona. Entre estas cisternas, las más conocidas son las de Tawaila, las que tenían como propósito la cosecha de agua de lluvia con fines agrícolas. Estas cisternas comprenden una serie de estructuras con formas diversas y de variada capacidad, las cuales fueron talladas sobre las rocas volcánicas del área circundante y luego revestidas de un estuco especial, cenizas volcánicas y puzolanas, que formaron un cemento natural fuerte, haciendo que la pared del tanque sea impermeable y retenga el agua durante mucho tiempo. Las cisternas

tienen una gran profundidad a la cual se accede a través de una excavación en forma de gradas o escalones que garantizan la accesibilidad; además, en uno de sus lados, el agua fluye bajo unos arcos de soporte sobre los cuales se localizan los sistemas de apertura y cierre. También existen molinos y canalizaciones secundarias que aprovechan la energía del agua para otros fines (Abdullah et al., 2012; Ward et al., 2009).

En muchas zonas altas de Yemen donde las lluvias escasean, se observan construcciones como templos, sitios de rezo y oración, las cuales fueron construidas antes del año 1.000 a.C., que cuentan con patios y terrazas usadas para recoger y almacenar agua pluvial (Ballén et al., 2006a). Todas esas estructuras vuelven a tomar valor a partir de la creciente necesidad de contar con un suministro de agua que, aunque es variable, ayuda a suplir algunas necesidades básicas humanas. Siendo así, la realidad andina puede extraer estos conocimientos ancestrales para la construcción de infraestructuras de dimensiones y diseños similares para la recolección de agua pluvial, sobre todo en zonas que no presentan fallas geográficas o pendientes muy pronunciadas que imposibilitarían su aplicación.

Roma

En la antigua Roma, la técnica para la captación de agua pluvial fue el diseño y construcción de cisternas cerradas, principalmente en los lugares donde el recurso hídrico era escaso; por ello se utilizaban viviendas unifamiliares llamadas *domus*. Estas eran estructuras que contaban con atrios, similar a los espacios internos de las viviendas a cielo abierto, donde se recolectaba el agua pluvial que ingresaba a las viviendas por orificios en los techos, para luego ser almacenados en un depósito central denominado *impluvium*, del cual se abastecía agua para las viviendas, siendo principalmente para baños, lavados y tinas (Ballén et al., 2006a). Era habitual que el *Impluvium* esté conectado con cisternas, muchas veces situadas bajo las escaleras que suben a los pisos superiores de la vivienda, a modo de depósito cerrado (Fernández, 2009).

Por otro lado, esta alternativa también era utilizada por los romanos destacados en África y Asia Menor. Solo en Turquía se descubrieron más de 150 cisternas que datan de la época bizantina, como la perteneciente a la Basílica de Constantinopla con hasta 80 000 m³ de capacidad. Estas aguas eran recolectadas y captadas desde los techos y transportadas por canales hasta el depósito, siendo la finalidad el ahorro de agua (Ballén et al., 2006a). La tecnología romana se aprecia útil, de bajo costo y fiable, lo cual puede ser desarrollado en áreas andinas que también presentan una organización comunitaria

multifamiliar y patrones comunales, donde los caserones exhiben patios internos espaciosos, siendo posible la instalación de cisternas de gran capacidad que contribuyan en épocas de estiaje a reducir la presión sobre la necesidad del recurso de la comunidad y de los anexos aledaños.

Mayas

La dimensión histórica para la captación de agua pluvial se logra manifestar también en las culturas precolombinas, las cuales usaron e idearon sistemas hidráulicos sofisticados en los trazos urbanos de sus ciudades antiguas (Pacheco, 2008). Los métodos de tratamiento y recolección de agua de lluvia más avanzados se aplicaron en Centroamérica, especialmente en la cultura Maya, donde se almacenaba agua regularmente en tanques llamados *chultún*, el agua se recolectaba de los techos y plazas públicas y se dirigían a los *chultuns* las cuales tenían una forma de botella excavada en el subsuelo (Yapa, 2005), con aproximadamente 6 m de profundidad, y una boquilla de 30 a 50 cm; eran impermeabilizadas con estuco pulido y yeso, además de tener aproximadamente 5 m de diámetro. Actualmente, estos han sido restaurados y cumplen la función de recolección y suministro de agua para poblaciones aledañas (Puleston, 2009).

La importancia del agua pluvial en la sociedad maya se observa en la ciudadela de Tikal en la actual Guatemala, a través de la construcción de diversos sistemas hidráulicos, los cuales estaban integrados por canales y reservorios que regularmente tenían forma circular y estaban rodeadas de un muro perimetral que oscilaba entre 4 y 7 m de altura. Podían llegar a albergar hasta 6000 m³ de agua de lluvia, la cual no solo servía para las necesidades de la población sino que también se redistribuía hacia otros depósitos y edificaciones del templo (Lentz et al., 2009). Así mismo, se conoce del empleo de elementos para filtrar el agua, como las "cajas de arena," que permitían que el agua discurrida de las plazas, patios y espacios abiertos pasaran filtrándose a través de ellos antes de incorporarse a los reservorios, para mantener su contenido limpio y en estado de ser consumible (Grazioso y Scarborough, 2017).

Las técnicas utilizadas en las culturas centroamericanas precolombinas mantienen una similitud de diseño con la cultura romana, siendo entonces estos lineamientos de captación de agua de lluvia aplicables en diferentes condiciones geográficas y climáticas, los cuales se construían de acuerdo a los insumos encontrados y disponibles en estas regiones geográficas. En las culturas andinas es factible poder hacer uso de diversos elementos para la construcción de contenedores con materiales locales derivados de la cosecha, los cuales podrían

facilmente reemplazar a los materiales originarios usados en estas culturas mostradas.

India

Los primeros grupos humanos en la India se organizaron en diferentes localidades del país dejando restos arqueológicos como palacios, ciudadelas y estructuras religiosas. En ellas se presenta la evidencia de arquitecturas con base a sistemas de captación de agua de lluvia denominados *kunds* o *tankaas*, las cuales en la actualidad se vuelven a usar, debido a que poseen valores religiosos y sociales, dando así solución a un problema de necesidad social (Sharma, 2013).

La captación *kund* es como una taza volcada en un plato, donde a lo largo de la entrada del agua se instalan mallas, lo que evita que otros residuos caigan al interior. Esta técnica presenta la característica de un pozo subterráneo de forma circular, donde la parte del techado es cubierta o se le instalaba una tapa para proteger el agua recolectada; a su vez, el pozo está cubierto con cal y ceniza para realizar un control de desinfección tradicional, dependiendo al uso que se le pueda dar, siendo para agua potable o doméstica.

Regularmente, la técnica del *kund* era realizada antiguamente por quienes contaban con un alto estatus, quienes podían invertir o tenían terrenos para construirlos. Por el contrario, para las personas con bajos recursos era imposible tenerlos; sin embargo, se construían grandes *kunds* para la población en general. Las comunidades locales que viven actualmente en las inmediaciones de estas estructuras no solo utilizan los *kunds* para el consumo de agua, sino también para realizar faenas domésticas (bañarse, lavar ropa, utensilios) (Praharaj, 2014).

La similitud de la idiosincracia de las culturas andinas con las de la India se refleja en los comportamientos humanos, al organizar la comunidad para disponer de estructuras beneficiosas para los miembros, siendo estas compartidas y mantenidas por todos (Radcliffe, 1998). Quizá las diferencias se encuentran en el diseño final de las estructuras y los nombres asignados a estos, pero la finalidad era la misma, proveer del recurso hídrico a los miembros de la comunidad en épocas donde esta escaseaba.

Antigua Grecia

En la Antigua Grecia se tiene evidencia del uso de varias tecnologías para la recolección, transporte y uso del agua proveniente de la precipitación. Estas técnicas se han mantenido y soportaron al transcurso del tiempo, mejorándose ahora por la ciencia moderna y logrando salvaguardar su calidad (Conway, 2005).

Entre estas tecnologías se mencionan a las cisternas de agua, las que se utilizaban para el abastecimiento y almacén de las aguas de lluvias. Una de ellas y la más antigua encontrada fue la de Minoan, ubicada en el complejo de Chamaizi (Cadogan, 2007), la cual constaba de una casa sobre una colina, con cuartos puestos alrededor de un tribunal abierto y, al medio, una cisterna de roca circular con dimensiones de 3,5 m de diámetro, y de 1,5 m de fondo. A partir de esta se fueron desarrollando más tecnologías complejas (Argudo, 2019), llegando al uso de redes de tuberías elaboradas a partir de la madera del ciprés, las que se localizaban a grandes profundidades bajo el suelo; luego se iniciaron obras más complejas, ya no solo para la recolección de agua pluvial sino para un manejo integral del agua, llegando a construirse túneles, acueductos, pozos y cisternas (Mays et al., 2013).

Modelos a nivel nacional

En un contexto nacional se aprecian distintas técnicas de aprovechamiento y recolección del agua de lluvia; entre las más importantes tenemos:

Las amunas

La historia andina se encumbra desde los 5000 años de antigüedad, cuando los antiguos habitantes respetaron y convivieron con la naturaleza durante muchos años (Mendoza, s.f.). Es producto de su cosmovisión puesta en las estrellas (sol, luna y estrellas) y los recursos naturales (agua y suelo) que las vinculaban con sus divinidades, al proveer el alimento para las poblaciones humanas. Ello explica la enorme ingeniería hidráulica que nos han dejado, siendo ahora motivo de admiración e investigación constante sobre los sistemas de ahorro de agua, uno de ellos enfocado en las *amunas* (Ancajima, 2015).

Este sistema cumplió un papel importante en la sierra de Lima y constituyó una costumbre ancestral para la reposición del acuífero a partir del agua de lluvia, logrando excelentes resultados. Un ejemplo que perdura en el tiempo es el que se sigue realizando en el poblado de Tupicocha en la provincia de Huarochirí, donde hasta el día de hoy se usa el sistema, el cual consiste en utilizar zanjas abiertas que siguen el contorno de las curvas de nivel del terreno, de modo que el agua de lluvia se canaliza a un lugar llamado *cocha* o *qocha*, que era una poza de agua construida a una determinada altura y donde el volumen de agua a almacenarse podía llegar hasta los 600 m³. Las cochas reciben el agua y luego la filtran hacia las montañas para que se formen *puquios* o manantiales naturales después de unos meses (Berghuber y Vogl, 2005), observándose aguas abajo de la cuenca. Este sistema se usaba sobre todo en los meses con mayor precipitación, entre enero a abril, pudiendo

con ello realizar la producción agrícola y mantener el abastecimiento alimentario (Earls, 2006). Tupicocha es un territorio donde no hay nevados, ni fuentes de agua superficial y depende directamente de las lluvias. Los lugareños han encontrado actualmente en las *amunas* una forma de sembrar y cosechar agua para la preservación del recurso en los manantiales y arroyos en las épocas de estiaje, con la finalidad de ser aprovechada en usos domésticos y agropecuarios (Chávez, 2021). En otras zonas costeras se utilizan canales terrestres para incrementar la recarga del acuífero y optimizar la eficiencia del uso del agua (Ochoa et al., 2019); entonces las *amunas* llegan a constituir un sistema histórico y complejo de gestión del agua y del territorio que tiene su base en el entendimiento del ciclo del agua y del área geográfica de la sierra peruana, logrando una cohesión cultural ancestral, duradera y potenciando el sentido de identidad y pertenencia (Portocarrero, 2017).

Adicionalmente, las *amunas* se perfilan dentro de un sistema aún más complejo para el manejo del territorio y de gestión del agua, la llamada “crianza de agua” o siembra y cosecha de agua, el cual es un término muy extendido y ejecutado en la actualidad. El proceso consiste en captar el agua de lluvia y almacenarla superficialmente sobre suelos porosos preferentemente en las partes altas o punas, esperando que el agua se infiltre y nazca en forma de manantiales en las partes bajas: proceso que podría durar varios años (Hincapié y Verdugo, 2020). Antiguamente muchos procesos se vinculaban y eran parte de esta crianza de agua; por ejemplo, tenemos la práctica del *qucha ruway*, como denominación quechua, el cual consistía en el almacenamiento de lluvia en un recipiente natural que presentaba diques de piedra con núcleos de arcilla impermeables en su construcción, pudiendo con ello recargar manantiales y humedales. Otros procesos denominados *puquio waqaychay* consistían en la protección y conservación de este recurso hídrico emergente (Morán et al., 2016).

En el altiplano peruano, la cultura pucará se planteó una técnica para mejorar la gestión de los recursos a través de la captación del agua de lluvia con unos tanques muy diferentes a los aplicados en otras culturas, llamados *qochas* las cuales se escarbaban en la planicie cerca a los 3900 m.s.n.m (Flores, 2012), así mismo, tenían un diámetro de hasta de 150 m y contaban con una profundidad de hasta 6 m, estas *qochas* se encuentran conectadas mediante canales pequeños para así poder conducir el agua que sobraba de una hacia otra (Erickson, 2016). Esta técnica no solo era utilizada para almacenar agua sino también servía para las siembras, especialmente cuando el nivel de agua bajaba en las *qochas*, es ahí donde aprovechaban para sembrar en camas preparadas de lecho, aprovechando así la humedad

del suelo sin necesidad de más regadíos. A su vez, ayudaba a proteger las plantas de las fuertes heladas que azotan las alturas (Yapa, 2005). Actualmente es muy utilizada por los agricultores de la inmensa planicie del lago Titicaca, entre Perú y Bolivia, donde se cultivan grandes áreas de tierra, llamadas *waru-warú* o *suka kollu*, beneficiando así a estos terrenos en temporadas de heladas pues el agua atrapada entre los campos elevados no permitía que se congelara el aire cerca de los cultivos. Esta técnica demostró recientemente una importante efectividad, especialmente en los cultivos de papas (PNUD, 2005).

Todas las culturas analizadas presentan métodos y técnicas eficaces que pueden contrarrestar la falta de agua en épocas difíciles. La creatividad humana permite el uso de materiales fácilmente adquiribles o ensaya el uso de espacios físicos para establecer la mejor estructura que le permita satisfacer sus necesidades. Dentro de todas estas, muchas se perfilan como la mejor opción a adoptar y mejorar para aplicarlas en las zonas andinas, y cada una presenta beneficios y limitaciones. Quizá, la generación de un híbrido entre las técnicas resulte más eficiente, como el uso de *kunds* de origen Indio o *chultúns* mayas, aplicando el diseño combinado que podría contener mayores metros cúbicos de agua de lluvia, todo lo cual, sumado al uso de materiales locales de bajo costo y alta durabilidad para su construcción (Bocanegra, 2021), proveerían de un sistema adecuado y funcional en los andes peruanos que puede contrarrestar la falta de precipitaciones en épocas de sequía.

CONCLUSIONES

A partir de la información recolectada, se manifiesta un interés histórico por la captación y recolección del agua pluvial. Las distintas sociedades a nivel mundial muestran técnicas, sistemas e infraestructuras con un alto potencial para aprovechar el agua de lluvia; diseñadas y construidas con materiales zonales y, en otros casos, haciendo uso del conocimiento del terreno y del ciclo hidrológico del agua. Por lo tanto, el uso de estas técnicas y métodos ancestrales que fueron sustentables antaño y que pueden serlo hoy en día ayudaría a minimizar los impactos y la presión sobre los recursos naturales.

Es importante indicar además que el manejo del agua de lluvia en el punto donde cae evita que se generen inundaciones aguas abajo, promoviendo soluciones establecidas en la naturaleza con múltiples beneficios para las localidades. Se puede retener y utilizar recuperando en la medida de lo posible el ciclo hidrológico a nivel urbano y aprovechar el recurso para diversos usos, ahorrando agua y evitando la

sobreextracción del agua subterránea, siendo estos principios y metas de los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

La información histórica detalla que muchos de estos sistemas de captación de agua están volviendo a revalorizarse, el *impluvium* romano, las cisternas de Yemen, los *chultunes* del Imperio maya o el sistema de *amunas* en el antiguo Perú, son algunos de los ejemplos que manifiestan las técnicas y métodos usados por culturas disímiles para dar solución a un problema recurrente y cotidiano: la carencia de agua; por lo que influyen directamente sobre el ahorro de agua y la necesidad de realizarlo. Además crece la investigación y curiosidad por conocer a detalle el funcionamiento de estos sistemas y técnicas, incluso ahora que las urbes se están enfrentando a la falta de suministro y sobreexplotación de sus fuentes de agua, tanto superficiales como subterráneas.

Entonces, los sistemas para captación de agua pluvial se convierten en una iniciativa innegable que permite expandir la disponibilidad del recurso agua en tiempos y situaciones de crisis y escasez hídrica; especialmente en los sectores que actualmente están siendo cubiertos por el sector público, el que muestra una seria deficiencia en el servicio, un problema muy común en los andes peruanos, logrando la seguridad del agua a través de ingeniería convencional, pues enfoques tales como presas y embalses implican considerables desafíos logísticos, financieros, y ambientales.

De lo anterior, la aplicación de diversas técnicas tradicionales de captación y recolección de agua de lluvia es factible de desarrollarse en los andes peruanos, pues se ha mostrado su fiabilidad a lo largo de centenares de años, pudiendo mejorar e implementar a nivel comunal nuevas técnicas usadas en otras partes del mundo; estando su diseño, instalación e implementación en manos de los gestores y tomadores de decisión.

REFERENCIAS

- Abdullah, S., Salleh, A. y Taher T. M. (2012). Rooftop Rainwater Harvesting In Modern Cities: A Case Study for Sana A City, Yemen. *Journal of Science & Technology*, 17(2), 48-68. <https://bit.ly/2GblLuV>
- Alexandratos, S. D., Barak, N., Bauer, D., Davidson, F. T., Gibney, B. R., Hubbard, S. S., Taft, H. L. y Westerhof, P. (2019). Sustaining Water Resources: Environmental and Economic Impact. *ACS Sustainable Chemistry and Engineering*, 7(3), 2879-2888. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.8b05859>
- Ali, S. y Sang Y. (2023). Implementing rainwater harvesting systems as a novel approach for saving water and energy in flat urban areas. *Sustainable Cities and*

- Society*, 89, 104304. <https://doi.org/10.1016/J.SCS.2022.104304>
- Ancajima, R. (2015). *Tecnologías Ancestrales - Sistemas Hidráulicos Pre Incas e Incas* [Archivo PDF]. Ministerio del Ambiente Perú (p. 10). Ministerio del Ambiente. <https://www.minam.gob.pe/diadiversidad/wpcontent/uploads/sites/63/2015/01/resumen1.pdf>
- Aranda, L. (2015). *Diseño del sistema de captación de agua pluvial en techos como alternativa para el ahorro de agua potable en la ciudad de Huancayo* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. Repositorio Institucional Digital UNCP <http://hdl.handle.net/20.500.12894/396>
- Argudo, J. (2019). La gestión del agua en distintas civilizaciones: de Grecia a la actualidad. *Energía & Minas: Revista Profesional, Técnica y Cultural de Los Ingenieros Técnicos de Minas*, 15, 60–75.
- Ballén, J.A., Galarza, M. A. y Ortiz, R. O. (2006a). Historia de los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia. [Simposio]. *International Symposium on Hydraulic Structures - XXII Congreso Latinoamericano de Hidráulica*, Guayana, Venezuela.
- Ballén, J., Galarza, M. y Ortiz R. (2006b). Historia de los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia. *VI Seminario Iberoamericano Sobre Sistemas de Abastecimiento Urbano de Água Joa Pessoa*, 1-12.
- Berghuber, K. y Vogl C. (2005). Descripción y análisis de los puquios como tecnología adaptada para la irrigación en nasca, Perú, *Zonas Áridas*, 9, 1-16.
- Bocanegra, E. (2021). The iwave project in latin america in support of sdg 6: Secure water for all in a sustainable way. *Boletín Geológico y Minero*, 132(1-2), 87-98. <https://doi.org/10.21701/bolgeomin.132.1-2.009>
- Boelens, R. (2009). Aguas diversas. Derechos de agua y pluralidad legal en las comunidades andinas. *Anuario de Estudios Americanos*, 66(2), 1-33. <https://doi.org/10.3989/aeamer.2009.v66.i2.316>
- Boelens, R. (2014). Cultural politics and the hydrosocial cycle: Water, power and identity in the Andean highlands. *Geoforum*, 57, 234-247. <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2013.02.008>
- Cáceres, E. (1986). El agua como fuente de vida Traslación y Escape en los Mitos Andinos. *Revista de Estudios Andinos*, 18(28).
- Cadogan, G. (2007). Water management in Minoan Crete, Greece: The two cisterns of one Middle Bronze Age settlement. *Water Science and Technology: Water Supply*, 7(1), 103–111. <https://doi.org/10.2166/ws.2007.012>
- Chávez, L. (2021). *Estructura de poder, gestión del agua y nueva tecnología de riego en la comunidad campesina y distrito de san andrés de tupicocha, cuenca alta de lurín, lima, 2019*. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Federico Villareal]. Repositorio Institucional Digital UNFV <http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/5883>
- Conway, K. (2005). *Soluciones locales a la crisis mundial del agua*. [Archivo PDF]. Centro Internacional de Investigaciones para el desarrollo, 1-9.
- DellaSala, D. (2022). Imperiled Terrestrial Ecosystems: Nature in Retreat. *Imperiled: The Encyclopedia of Conservation*, 1-11. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821139-7.00089-1>
- Duran, P. (2010). Captación de agua de lluvia, alternativa sustentable [ponencia]. *Congreso Nacional del Medio Ambiente* (pp. 1-16). Instituto Politécnico Nacional. Ciudad de México, México.
- Earls, J. (2006). *La agricultura andina ante una globalización en desplome*. In P. y A. de la P. Centro de Investigaciones Sociológicas, Económicas (Ed.), CISEPA (1ra Ed). Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Erickson, C. L. (2016). 12. The Lake Titicaca Basin: A Pre-Columbian Built Landscape. *Imperfect Balance*, 311-356. <https://doi.org/10.7312/lent11156-015>.
- Fernández, A. (2012). El agua: un recurso esencial. *Química-Viva*, 3(11), 1-25.
- Fernández, I. (2009). Aprovechamiento de las aguas pluviales. *Aprovechamiento de las aguas pluviales* [Archivo PDF]. Universitat Politècnica de Catalunya. <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/7222/pfc-e%202009.058%20mem%-C3%B2ria.pdf>
- Flores, L. (2012). Arqueología de la cuenca del Titicaca, Perú. *Arqueología de la cuenca del Titicaca, Perú* (October 2015). <https://doi.org/10.4000/books.ifea.6557>
- Grazioso, L. y Scarborough V. (2017). Lo húmedo y lo seco: El manejo del agua y la construcción del paisaje en Tikal. *Memorias Del Coloquio Internacional Sociedades Mayas Milenarias: Crisis Del Pasado y Resiliencia, January 2013*, 249-264. <https://bit.ly/3cSNpnr>.
- Herrera, L. (2010). *Estudio de alternativas, para el uso sustentable del agua de lluvia* [Tesis de pregrado, Instituto Politécnico Nacional]. Repositorio Institucional Digital. <https://tesis.ipn.mx/handle/123456789/7945>
- Hincapié, S. (2020). Activismo, Naturaleza y Diversidad. Derechos Humanos para la nueva tierra. *Activismo, Medio Ambiente y Diversidad en América Latina. Cuenca: Universidad de Cuenca, Facultad de Jurisprudencia y Ciencias Políticas y Sociales, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología CONACYT*, 183-231.
- Jiménez, G. (2018). *Evaluación Técnica y Económica de un Diseño de Sistema de Aprovechamiento de lluvia para uso Doméstico en la comunidad Awajun de Juum del distrito de Imaza, Provincia de Bagua, Departamento de Amazonas, 2017* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas]. Repositorio Institucional Digital. <https://repositorio.untrm.edu.pe/handle/20.500.14077/1505>
- Kinouchi, T., Nakajima, T., Mendoza, J., Fuchs, P. y Asaoka Y. (2019). Water security in high mountain cities of the Andes under a growing population and climate change: A case study of La Paz and El Alto, Bolivia. *Water Security*, 6, 100025. <https://doi.org/10.1016/J.WASEC.2019.100025>
- Lentz, D. L., Grazioso Sierra, L., Scarborough, V. L., Dunning, N. P., Culbert, T. P., Universidad de Cincinnati, Universidad de San Carlos de Guatemala, Univer-

- sidad de Arizona, Universidad de Texas, & Universidad Estatal de Washington. (2009). *Prácticas de silvicultura y manejo de aguas de los antiguos Mayas de Tikal. Museo Nacional de Arqueología y Etnología, Guatemala*, 123-136. <https://doi.org/10.13140/2.1.1001.1527>
- León, L. (2016). *Aprovechamiento Sostenible de Recursos Hídricos Pluviales en Zonas Residenciales* [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio Institucional Digital PUCP. <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/7603>
- Mays, L., Antoniou, G. y Angelakis A. (2013). History of water cisterns: Legacies and lessons. *Water (Switzerland)*, 5(4), 1916-1940. <https://doi.org/10.3390/w5041916>
- Mendoza, G. (s.f.). *Formación de la civilización andina y la importancia de sus instituciones jurídicas: una aproximación preliminar* [Archivo PDF]. Biblioteca Digital Andina. <http://intranet.comunidadandina.org/documentos/bda/CAN-INT-0057.pdf>
- Moncada, S. (2014). Cómo realizar una búsqueda de información eficiente. Foco en estudiantes, profesores e investigadores en el área educativa. *Investigación En Educación Médica*, 3(10), 106-115.
- Morán, L., Hilborn, P., Villanueva, P. y Varillas O. (2016). *"Crianza de agua" Captación y almacenamiento de agua en punaseca* [Archivo PDF]. IICA. <https://es.scribd.com/document/438577179/1-6-Crianza-de-Agua-pdf>
- Ochoa, B. F., Bardales, J. D., Antiporta, J., Pérez, K., Acosta, L., Mao, F., Zulkafli, Z., Gil, J., Angulo, O., Grainger, S., Gammie, G., De Bièvre, B. y Buytaert W. (2019). Potential contributions of pre-Inca infiltration infrastructure to Andean water security. *Nature Sustainability*, 2(7), 584-593. <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0307-1>
- Ortiz, S., de Barros Barreto, P. y Castier M. (2022). Rainwater harvesting for domestic applications: The case of Asunción, Paraguay. *Results in Engineering*, 16, 100638. <https://doi.org/10.1016/J.RIENG.2022.100638>
- Pacheco, M. (2008). Avances en la Gestión Integral del Agua Lluvia (GIALL): Contribuciones al consumo sostenible del agua, el caso de "lluviatl" en México. *Revista Internacional de Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo*, 3(Administración del Agua), 19.
- PNUD. (2005). *Gestión Local del Riesgo y Preparativos de Desastres en la Región Andina. Panorama* [Archivo PDF]. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. <https://biblioteca.igp.gob.pe/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=9483>
- Portocarrero, G. (2017). *Ecós de Huarochiri Tras la huella de lo indígena en el Perú* [Archivo PDF]. Pontificia Universidad Católica del Perú. <https://repositorio.pucp.edu.pe/index/handle/123456789/173086>
- Praharaj, S. (2014). Rejuvenation of Water Bodies (Kunds) and Restoring Active Community Spaces in The Cultural Capital of India. *Neo-International Conference on Habitable Environments, October 2014*, 459-470. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4705.0326>
- Puleston, D. E. (2009). An Experimental Approach to the Function of Classic Maya Chultuns. *Society for American Archaeology*, 36(3), 322-335. <https://doi.org/10.2307/277717>
- Radcliffe, S. (1998). Vision, race and modernity: a visual economy of the Andean image world. *Bulletin of Latin American Research*, 17(2), 255-256. [https://doi.org/10.1016/S0261-3050\(97\)00107-1](https://doi.org/10.1016/S0261-3050(97)00107-1)
- Santa Cruz, Y., Ordoñez, P., Huamani, J. y Camiloaga F. (2008). *Cosecha de agua, una práctica ancestral: manejo sostenible de las praderas naturales* [Archivo PDF]. DESCO. http://biblioteca.clacso.edu.ar/Peru/desco/20170223015040/pdf_870.pdf
- Sharma, J. P. (2013). Heritage and the Agenda of Socio-cultural Sustainable Development: An Interpretation. *South Asian Journal of Tourism and Heritage*, 6(2), 65-75.
- Sime, A. G. (2020). *El rol de los gobiernos locales en la consecución de ciudades sostenibles: análisis de proyectos de ley de ordenamiento territorial – Perú* [Tesis de pregrado. Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo]. Repositorio Institucional. <https://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/2863?locale=de>
- Skidmore, P., & Wheaton, J. (2022). Riverscapes as natural infrastructure: Meeting challenges of climate adaptation and ecosystem restoration. *Anthropocene*, 38. <https://doi.org/10.1016/j.ancene.2022.100334>
- Taft, H. L. (2015). Water Scarcity: Global Challenges for Agriculture. In *Food, Energy, and Water: The Chemistry Connection* (pp. 395-429). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800211-7.00016-8>
- Villena, J. A. (2018). Water quality and sustainable development. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 35(2), 304-308. <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2018.352.3719>
- Ward, C., Beddies, S., Taher, T., Sahooly, A., Gerhager, B. y Harethi N. (2009). *Equity and Efficiency in Yemen's Urban Water Reform—A Sector Study and Poverty and Social Impact Analysis*. <https://bit.ly/30sP2ZY>
- Yapa, K. (2005). *Prácticas Ancestrales de Crianza de Agua, Una Guía de Campo* [Archivo PDF]. Ministerio del Ambiente de Ecuador. https://issuu.com/cprundpr-sclac/docs/crianza_de_agua_reimpresion_jul_201

Contribución de los autores

KAOQ: diseño del proyecto, recolección y análisis de datos, interpretación y redacción del artículo científico.
LLVD: recolección de datos y redacción del artículo científico.

Fuentes de financiamiento

La investigación fue realizada con recursos propios.

Conflictos de interés

El autor declara no tener conflictos de interés.

Correspondencia

Kevin Abner Ortega Quispe
Email: 46754383@continental.edu.pe