

PROYECTO PROTOTIPO
COSECHA DE AGUA “WARKA YACU” VIVERO FORESTAL FRUTAL
CENTRO ENTRENAMIENTO CAMPUS UNIVERSITARIO FCAN-UTO

Por: Freddy Fernández Camacho¹, Omar Chura Choque², Israel Baptista Gutiérrez³ y Luis Huanca Paco⁴

RESUMEN

El proyecto "Pankar Marka" llevó a cabo pruebas e investigaciones en el centro de entrenamiento de la FCAN-UTO, a 3717 msnm, utilizando prototipos y materiales simples. Se seleccionarán sitios potenciales en la cuenca Poopó para el lanzamiento del primer piloto, priorizando la falta de agua potable en comunidades necesitadas. Se evaluaron factores ambientales locales para la implementación.

Dentro del proyecto Warka Yacu, se estableció un sistema de plantación de árboles en terrazas junto con la torre Warka. El agua generada por las torres y el equipo local ayudará al crecimiento de los árboles, contrarrestando la deforestación y mejorando el entorno. El Warka se construye con materiales locales y herramientas simples, promoviendo el montaje y mantenimiento comunitario.

El agua del Warka es diseñada para distribución autónoma y escalabilidad. Tras las pruebas y desarrollo de prototipos, se planea la fabricación a gran escala, minimizando los costos. El Warka utiliza materiales naturales y biodegradables, no deja huellas ambientales y no extrae agua del suelo. Además de agua potable, se puede utilizar para riego y regeneración de ecosistemas.

Se implementará un programa de manejo del agua para enseñar prácticas sostenibles a las comunidades. La eficiencia y rentabilidad del proyecto se evaluarán mediante el sistema piloto, identificando oportunidades de mejora. La verificación de especificaciones y requisitos asegurará la adecuación del diseño. Se analizará la aceptación del mercado mediante el piloto, evaluando la respuesta de los usuarios finales y la demanda de productos relacionados.

Palabras clave: Cosecha de agua de lluvia, agua atmosférica, condensación, eficiencias.

Introducción.

La escasez de agua es uno de los desafíos más apremiantes a nivel global. A medida que aumenta la preocupación por la sostenibilidad y la búsqueda de alternativas para asegurar el suministro de agua potable, la cosecha de agua atmosférica por condensación se ha considerado como una solución prometedora. Esta técnica consiste en recolectar y utilizar el agua que se forma naturalmente en el aire a través de la condensación, aprovechando la humedad presente en la atmósfera.

La falta de escasez de agua es un problema ambiental grave que afecta a numerosas regiones del mundo, incluyendo aquellas donde la degradación por erosión es alta, además de ser fuertemente erosionables, también están contaminados por sustancias como el sodio y la sal. Lo que afecta la

¹ Docente de Asignatura del Campus Experimental en Conservación de Suelos y Aguas. FCAN-UTO.

² Tesista del Campus Experimental de investigaciones en Conservación de Suelos y Aguas. FCAN-UTO.

³ Ing. Agrónomo Aspirante a Ingeniería Forestal del Centro-Investigaciones de FCN-UTO.

⁴ Univ. Aspirante a Auxiliar de Campo Experimental de investigaciones en Conservación de suelos y aguas FCAN-UTO.

calidad del suelo y afecta negativamente el crecimiento de las plantas. La cosecha de agua por condensación para restauración de estos suelos es esencial para prevenir la erosión y mejorar la calidad de vida de la cadena trófica de microorganismos y el medio natural.

La constante sequía que viene atravesando en estos últimos años por efectos del cambio climático presentan problemas comunes que afectan la calidad y la productividad de las tierras agrícolas y los ecosistemas naturales. Estos problemas pueden surgir debido a la pérdida de fertilidad y ausencia del proceso fotosintético como resultado del carbono presente es decir que los organismos fotosintéticos usan energía lumínica para sintetizar compuestos orgánicos. Los productos de la fotosíntesis constituyen la materia prima para “fabricar”, tanto tejidos y estructuras funcionales del vegetal, como para ser usada más tarde para el desenvolvimiento de procesos metabólicos en la planta, a partir de la energía obtenida por oxidación total o parcial de estos fotosintatos en la respiración. Así la fotosíntesis representa el primer eslabón en la cadena alimentaria en la tierra, por proveer la energía necesaria para todos los procesos vitales en los seres autótrofos y la energía necesaria para el crecimiento y desarrollo de los organismos heterótrofos. En forma muy simplificada se puede resumir la reacción global de la fotosíntesis del siguiente modo

La actividad fotosintética transformó a la superficie del Planeta y su atmósfera. manteniendo la materia viva, el humus de los suelos y los combustibles fósiles, en la atmósfera se consume el CO_2 y libera oxígeno, llegando al 21% del volumen de la atmosfera, esta gran cantidad de O_2 permitió la formación de O_3 (ozono) que absorbe la radiación ultravioleta y permite la vida en la superficie de la tierra fuera de los océanos, mares y lagos. Al pasar la atmósfera de reductora a oxigénica, aparecieron los organismos autótrofos y heterótrofos aeróbicos (consumidores de O_2 para la obtención de ATP), como la célula vegetal y animal. El conocimiento de las bases físicas, químicas y fisiológicas de los procesos fotosintéticos es primordial para el cultivo de plantas a la hora de conocer las variables que condicionan la ganancia, pérdida y distribución de materia seca en un cultivo, con el fin de optimizar estas funciones y en consecuencia la productividad de los sistemas ya sea que se trate de hortalizas, granos, frutos, tubérculos, fibras, forrajes, arboles, etc.

Investigaciones, exploraron la técnica utilizada en el proyecto presentado por primera vez en la Bienal de Arquitectura de Venecia en 2012, y estuvo dirigido a las poblaciones rurales en desarrollo, donde la infraestructura que facilita el acceso al agua potable es casi imposible. fue diseñado para recoger la humedad del aire a través de la condensación y depositar así el agua a un recipiente. Consiste en una torre de 10 metros, lo que puede generar unos 100 litros de agua/día. Su estructura se basa principalmente en el bambú y el revestimiento de plástico reciclado.

La estructura consta de cinco módulos que se pueden instalar de abajo hacia arriba por algunas personas, sin necesidad de andamios y pesa sólo 60 kg.

Un invento fantástico y sencillo que ya está siendo utilizado inicialmente en Etiopía, es de esperar que se extienda al resto del mundo.

La necesidad de agua dulce hace que los seres humanos tengan que explorar nuevas e innovadoras técnicas para su obtención. Durante miles de años, en regiones donde escasea el agua, las personas han cosechado el agua de lluvia, niebla o de rocío incluso, obteniendo el agua del aire. La necesidad de agua dulce hace que los seres humanos tengan que explorar nuevas e innovadoras técnicas para su obtención. Durante miles de años, en regiones donde escasea el agua, las personas han cosechado el agua de lluvia, niebla o de rocío incluso, obteniendo el agua del aire.

En Etiopía, pudieron ver una mejora de una técnica milenaria. Hecha de bambú y plástico biodegradable, Warka Water puede recolectar agua de la lluvia, niebla y el rocío. El sistema es simple, su misión es capturar la humedad y dirigirla a un tanque de retención higiénica. Funciona sin electricidad y su mantenimiento es mínimo, cualquiera puede hacerlo

Atencio Reinaldo y Briceño Alexander (2023) La cosecha de agua es un proceso importante para enfrentar la escasez de agua potable en diversas partes del mundo. Problemática que comienza a ser un tema preocupante para la humanidad, debido a la continua contaminación de las fuentes de agua dulce disponibles, así como las causas impredecibles que pueden conllevar los cambios climáticos globales. Esta alternativa implica recolectar y almacenar agua de diferentes fuentes para su uso posterior, lo que puede ser especialmente útil en áreas con acceso limitado al recurso como países con climas áridos y bajos niveles pluviométricos. En años recientes, tecnologías emergentes inspiradas por la naturaleza, se centran en la captación de agua desde la atmósfera, donde la humedad relativa es baja (10-30) %. Para ello se ha generado un profundo estudio de los factores fisicoquímicos y microestructurales que facilitan la captación por parte de algunos sistemas. Esto ha impulsado la innovación de nuevos sistemas sintéticos y su aplicación tecnológica, en particular en arreglos estructurales que han sido perfeccionados evolutivamente por plantas y animales para sobrevivir bajo condiciones climáticas adversas. Es así como, la naturaleza hidrofóbica e hidrofílica que exhiben los sistemas naturales son claves en el diseño de nuevos materiales que permiten mejorar la eficacia de captación de agua. Este aprendizaje puede ser aprovechado por los países del trópico que cuentan con climas cálidos y atmósferas con valores de humedad relativa altas (50-90) %. Tecnologías que pueden ser empleadas para dar acceso a agua potable en zonas remotas y generar autonomía para la irrigación de cultivos. Palabras clave: cosecha de agua, materiales porosos, adsorbentes, agua potable.

Objetivos:

- Evaluar la viabilidad técnica y económica de la cosecha de agua atmosférica por condensación como fuente alternativa de agua.
- Determinar la eficiencia de los sistemas de recolección de agua atmosférica en diferentes condiciones climáticas y geográficas.
- Promover la conciencia sobre la importancia de la cosecha de agua atmosférica y su capacidad para mitigar los efectos de la sequía.
- Desarrollar tecnologías y técnicas innovadoras para maximizar la recolección y almacenamiento de agua atmosférica en planta Piloto.

Metodología:

Para alcanzar los objetivos planteados, se llevará a cabo un estudio experimental en el cual se analizarán diferentes sistemas de recolección de agua atmosférica en diversas ubicaciones geográficas y condiciones climáticas. Se medirá la cantidad de agua recolectada, se evaluará la eficiencia de los sistemas en términos de costos de operación y mantenimiento, y se analizarán los impactos ambientales y sociales de la implementación de estos sistemas. Asimismo, se realizarán entrevistas y encuestas a expertos en el tema y a potenciales usuarios para recopilar datos y opiniones que permitan obtener una visión integral de la cosecha de agua atmosférica por condensación.

1. Investigación y selección de tecnologías de recolección de agua atmosférica: Realiza una investigación exhaustiva sobre las diferentes tecnologías disponibles para recolectar agua atmosférica, como las redes de niebla, los generadores de agua atmosférica y los sistemas de condensación de aire. Evalúa su eficiencia, costo y adaptabilidad a condiciones locales.

2. Evaluación de la disponibilidad de agua atmosférica: Realiza un análisis de las condiciones climáticas y la disponibilidad de agua atmosférica en las zonas objetivo. Considera factores como la

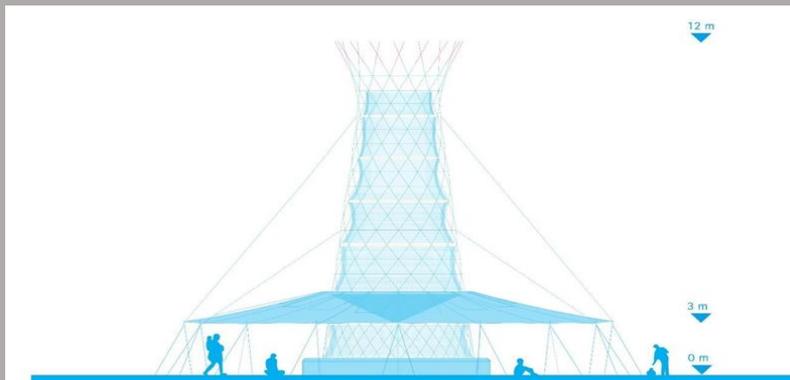
humedad relativa, la velocidad y dirección del viento, y la precipitación histórica para determinar la cantidad de agua atmosférica que se puede recolectar.

Los valores de la energía cinética pueden calcularse tomando en cuenta el tamaño y la velocidad Terminal individual de las precipitaciones aisladas. Que han sido desarrollados métodos prácticos de medición de la energía cinética de la lluvia, aunque con algunas dificultades sabiendo de que el viento o el aire afecta la sensibilidad de los equipos. Wischmeier y Smith. (1979)

$$Ec. = 0.119 + 0.0873 \log_{10} I^{30}$$

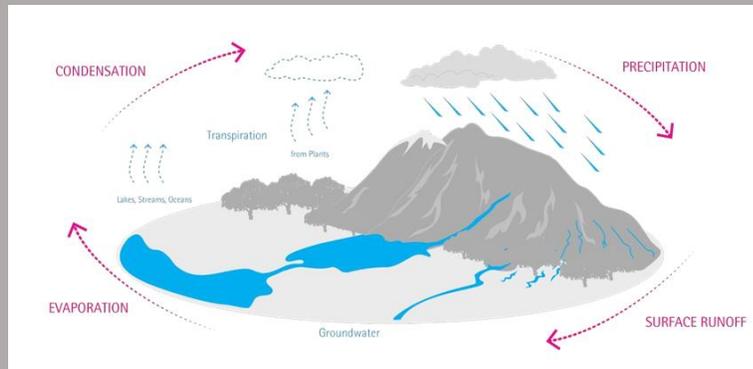
3. Diseño y construcción de sistemas piloto: Realiza pruebas con sistemas piloto para evaluar la eficiencia de recolección de agua atmosférica en condiciones reales. Ajusta los diseños y las tecnologías según sea necesario para maximizar la recolección y minimizar las pérdidas. La técnica de la cosecha de agua de Warka y el sistema de construcción están inspirados en varias fuentes. Muchas plantas y animales han desarrollado características únicas de estructura micro y nano escala en sus superficies que les permiten recoger el agua del aire y sobrevivir en entornos hostiles. Al estudiar la cáscara del escarabajo Namib, hojas de flor de loto, hilos de araña y el sistema integrado de recogida de niebla en cactus, estamos identificando materiales específicos y revestimientos que pueden mejorar la condensación de rocío y el flujo de agua y las capacidades de almacenamiento de la malla. Las colmenas de termitas han influido en el diseño de la cáscara externa de Warka, su flujo de aire forma y geometría. También examinamos las culturas locales y la arquitectura vernácula, incorporando técnicas tradicionales de tejido de cesto del sauce o caña para el diseño de Warka. El diseño y construcción de un sistema piloto permite evaluar la viabilidad técnica de una nueva tecnología o proceso antes de su implementación a gran escala. Los resultados pueden indicar si el sistema piloto cumple con los requisitos y especificaciones establecidos, y si es capaz de operar de manera eficiente y efectiva.

El agua de Warka Yacu confía solamente en fenómenos naturales tales como gravedad, condensación y evaporación y no requiere energía eléctrica. Es una estructura de 3 metros de altura base de vertical diseñada (véase figura adjunta) para cosechar agua potable de la atmósfera (recoge la lluvia, cosecha la niebla y el rocío). Warka Yacu está diseñado para ser propiedad y operado por los usuarios a base de materiales de bambu o cañahueca entrelazados por lianas en forma de panal véase figura adjunta, un factor clave que facilitará el éxito del proyecto. La torre no sólo proporciona un recurso fundamental para la vida - agua - sino que también crea un lugar social para la comunidad, donde la gente puede reunirse bajo la sombra de su copa para la educación y reuniones públicas.



El agua de Warka se diseña para ser transportada fácilmente también donde la infraestructura es limitada. La torre es modular y los elementos se unen con una técnica simple. El tamaño de cada módulo es lo suficientemente pequeño como para ser transportado incluso a pie, subiendo a senderos empinados a lugares remotos donde no puede llegar ningún medio de transporte.

Realizamos investigaciones sobre diversos temas en EL CICLO HIDROLOGICO DEL AGUA los siguientes campos: - Cosecha y recolección de agua - Equipo de monitoreo del tiempo - Material y técnica de filtración de agua - Materiales biodegradables - Ventilación natural y recorrido solar.



La recolección de la niebla no es una idea nueva, pero se remonta a miles de años atrás en regiones áridas.

Durante las condiciones húmedas, las gotas de agua se acumulan en la malla, fluyen hacia abajo por gravedad y gotean al Colector. El agua se canaliza hacia el tanque de almacenamiento situado en el centro de la base de agua del Warka.

Los sistemas también no requieren energía para funcionar. Los nuevos filtros y reparaciones de red son los requisitos básicos de mantenimiento. Los inconvenientes provienen generalmente del polvo y de los escombros que soplan en las redes y se derraman en el agua mientras que recoge.

Estación meteorológica diseñada específicamente para el desarrollo del Warka nos permite estudiar las capacidades de recolección de agua de diferentes tipos de materiales bajo diversas condiciones climáticas. Nos ayuda a monitorear el ambiente local (humedad, presión del aire, temperatura, vientos, recolección de agua, calidad del agua, temperatura de la superficie del material). El Warkino es fundamental para lanzar un piloto exitoso y mejorar los materiales de recolección de agua.

4. Capacitación y entrenamiento: Realizar programas de capacitación y educación en principio a nivel centro de entrenamiento de altura dependiente de la FCAN-UTO para luego socializar en las comunidades locales sobre la cosecha de agua atmosférica por condensación y su importancia para contrarrestar la sequía. Enseña a diseñar técnicas de recolección y almacenamiento de agua atmosférica, así como prácticas sostenibles de uso del agua.

5. Monitoreo y evaluación del proyecto: Establece sistemas de monitoreo para evaluar la efectividad del proyecto a lo largo del tiempo. Analiza los datos recolectados para identificar áreas de mejora y ajustar las estrategias en consecuencia.

RESULTADOS

Las pruebas y actividades de investigación se llevaron a cabo en el centro de entrenamiento zona del Proyecto "Pankar Marka" situada en la ciudadela universitaria de la FCAN-UTO, campus de investigación de altura a 3717 msnm, con prototipos y materiales simples al alcance y gran escala. Posterior se hará la selección de sitios potenciales con influencia de la cuenca Poopó para lanzamiento del primer piloto. Los criterios más importantes para el piloto son la falta de agua potable y las

necesidades urgentes de las comunidades para una solución. También evaluar factores importantes relacionados con el medio ambiente local tales como presión, temperaturas medias, humedad, punto de rocío y precipitación.

Como parte del proyecto Warka yacu, se estable un sistema de plantación de árboles que ya están implantados en terrazas desde hace años véase fotografía adjunta, a ello estará la torre Warka. El crecimiento de los árboles será apoyo por el agua generada por las torres de Warka, así como por el equipo instalado localmente que mantiene la torre. Con el tiempo, los árboles no solo contrarrestarán los efectos negativos del aumento de la deforestación, sino que también ayuda a crear un mejor ambiente ecológico ambiental para que la torre Warka funcione. La humedad creada por el árbol facilitará la producción de agua atmosférica.



El agua del Warka para el diseño y la distribución autónoma y de escalamiento. La torre se construye por locales usuarias interesadas con el uso de herramientas simples. La torre se mantiene sin usar las piezas especiales o la maquinaria pesada. Con orientación adecuada, y el área disponible para la obtención de los resultados y mantener fácilmente la torre del Warka. Este conocimiento local se puede transferir a las comunidades circundantes, ayudando a instalar otras torres en la zona y la creación de una economía basada en el montaje y mantenimiento de las torres. Esto puede acelerar el escalamiento del agua Warka en la región. Tras el desarrollo de prototipos y las fases de prueba, tenemos la intención de comenzar a fabricar el Warka a gran escala, lo que puede llevar el costo del material mínimo por torre significativamente menos que otras opciones para el alivio del agua disponible.

Warka yacu utiliza principalmente materiales naturales y biodegradables locales. Es una estructura temporalmente diseñada para no dejar huellas en el ambiente después de la remoción y por lo tanto no requiere excavación o trabajos de modificación del suelo para la puesta en marcha. El Warka no extrae agua del suelo. Además del agua potable, el agua generada por la torre del Warka se puede usar para riego, reforestación y regeneración de ecosistemas. Como parte de la capacitación para comunarios de la región con fines de interacción social locales, planeamos instituir un programa de manejo del agua que enseña las mejores prácticas de uso, distribución y reciclaje de agua cosechada. A través de este programa, espera que los pobladores puedan entender nuestra relación con el medio ambiente la agricultura, y la forestación.

La evaluación de la eficiencia y rentabilidad el diseño y construcción de un sistema piloto también permiten evaluar la eficiencia y rentabilidad del proyecto. Los resultados obtenidos pueden mostrar la eficiencia en términos de consumo de recursos (como energía, agua, materiales), así como la

rentabilidad en términos de costos de inversión y operativos. Identificación de mejoras y optimizaciones: Durante el proceso de diseño y construcción del sistema piloto, pueden surgir oportunidades para mejorar y optimizar su funcionamiento. Los resultados obtenidos pueden mostrar áreas de mejora en términos de eficiencia energética, aumento de la capacidad de producción, entre otros aspectos.

La verificación de las especificaciones y requisitos será al comparar los resultados obtenidos del sistema piloto con las especificaciones y requisitos establecidos previamente, se puede determinar si el diseño y construcción cumplen con las necesidades y expectativas del proyecto. Esto puede permitir realizar modificaciones o ajustes necesarios antes de implementar el sistema a gran escala.

Análisis de la aceptación y respuesta del mercado: Mediante la implementación de un sistema piloto, se puede evaluar la aceptación y respuesta del mercado ante la nueva tecnología o proceso. Los resultados pueden mostrar la aceptación de los usuarios finales, las opiniones y comentarios, así como la demanda de productos o servicios relacionados.

Conclusiones

Los resultados y conclusiones del proyecto de diseño y construcción de sistemas piloto variarán dependiendo del objetivo y alcance del proyecto, se mencionan los posibles resultados y conclusiones que van a ser obtenidos:

En conclusión, el diseño y construcción de sistemas piloto proporciona resultados concretos que permiten evaluar la viabilidad técnica, identificar mejoras, verificar especificaciones y requisitos, evaluar la eficiencia y rentabilidad, y analizar la aceptación del mercado. Estos resultados son fundamentales para tomar decisiones informadas y realizar ajustes antes de implementar el proyecto a gran escala.

El proyecto Warka yacu está actualmente en desarrollo con los primeros pilotos de prueba programados para lanzarse en el primer trimestre de 2023. Creemos que la instalación de la torre Warka dará lugar a numerosas iniciativas impactantes:

- Educación: Mujeres y niños pueden participar en actividades productivas Como la atención, la educación y la artesanía que pueden conducir a la autosuficiencia

- Económica. La fabricación de la torre Warka localmente y el abastecimiento de materiales locales pueden crear puestos de trabajo y fomentar la economía local

- Sociedad: El dosel de la torre Warka crea un lugar de reunión para la comunidad

- Agricultura: El agua producida por la torre Warka puede utilizarse para riego y agricultura.

- Medio ambiente: el programa de capacitación en gestión del agua puede introducir los principios de la cultura de la cosecha de agua.

- Tecnología: Los desarrollos futuros incluyen un punto de conexión compartido con los pueblos alejados. Aportaran valiosa contribución en tiempos de calentamiento global (por ejemplo, pronóstico del tiempo, precios de mercado de los cultivos)

Referencias bibliográficas

Alfaro Miranda, K. D. (2023). Obtención de agua por condensación para proponer un captador de humedad y mejorar la cobertura de agua en la provincia de Julcán, 2022.

Atencio Reinaldo y Briceño Alexander (2023). Cosecha de humedad atmosférica nuevos materiales y tecnologías bioinspirados Editorial Moncyt área ciencia y tecnología Ciencia y Revolución

Atencio, R., & Briceño, A. (2023) Cosecha de humedad atmosférica: Nuevos materiales y tecnologías bioinspirados para mitigar la escasez de agua.

Estrella Castro, A. E. (2022). Evaluación de la cosecha de humedad ambiental como una estrategia paliativa al estrés hídrico en Ensenada.

Cunuhay López, G. M., & Villagómez León, J. J. (2017). *Implementación de un Prototipo de Cosecha de Agua para la Producción Sostenible en un Ecosistema Árido en la Parroquia Cangahua, Cantón Cayambe, Provincia de Pichincha* (Bachelor's thesis, Ecuador, Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC)).

Cunuhay López, G. M., & Villagómez León, J. J. (2017). *Implementación de un Prototipo de Cosecha de Agua para la Producción Sostenible en un Ecosistema Árido en la Parroquia Cangahua, Cantón Cayambe, Provincia de Pichincha* (Bachelor's thesis, Ecuador, Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC)).

Limaylla Baldeón, R. J. (2014). Cosecha de agua con fines agrícolas y forestales en el pueblo de Otec, distrito de Ihuari, provincia de Huaral, región Lima-Perú.

Pinanjota Conlago, J. L. (2023). *Condensador experimental de agua atmosférica* (Bachelor's thesis).

Sharma D, Prasanna R, Ahuja A, Sharma A. Atmospheric water harvesting (2018) (AWH): a review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. ;81:2082-2098.

Suiney Cestti, H. A. (2020). Siembra y cosecha de agua con atrapanieblas para forestación como mecanismo del cuidado del medio ambiente produciendo materia prima y evitando desastres en el área de influencia en lomas del distrito de Villa María del Triunfo–Lima.

Vialle C, Mangin A, Literary Review of Rainwater Harvesting for Small Islands. (2018). Available from: <https://www.rimini2016.it/site/wp-content/uploads/Literary-Review-of-Catchment-Rainwater-Harvesting-RWH-for-Small-Islands.pdf>

Reddy A, Reddy P, Kumar B, Prasad S. (2017). Effect of climatic factors on the performance of atmospheric water generator. *Current Science*. 112(11):2276-2282.

Baloch MA, Zainol Z, Ismail A, Ishak S, Yqzan ARF. (2015). Analysis of harvesting performance for atmospheric water generator in Malaysia. *Journal of Mechanical Engineering and Sciences*. 2015;8:1407-1418.

World Health Organization. *Guidelines for drinking-water quality*.; (2011). Available from: https://www.who.int/water_sanitation_health/publications/2011/dwq_guidelines/en 4th ed. Geneva: WHO /