

Tecnologías apropiadas para la disminución de impactos ambientales y a la salud humana generados por la escasez de agua en Colombia

Arien Aliz Ross, Universidad EAN, aalizro45508@universidadean.edu.co

Resumen

En algunas regiones de Colombia se presenta dificultad de acceso a agua potable, cerca de 6.2 millones de personas reciben en sus casas agua que representa un alto riesgo para la salud y según datos del estudio nacional del agua 76 municipios presentan un índice de escasez de agua alto. La presente investigación pretende identificar tecnologías apropiadas que contribuyan a la disminución de los impactos ambientales y de los efectos negativos en la salud de las personas causados por la escasez de agua en Colombia. A través de la implementación de una matriz de evaluación se calificó la pertinencia de 8 tecnologías apropiadas para el tratamiento de agua en cada uno de los municipios con escasez de agua, además de evaluar la eficiencia de un prototipo instalado para población vulnerable de la localidad de Rafel Uribe Uribe de Bogotá.

1. INTRODUCCIÓN

La disponibilidad de agua en el territorio colombiano ha tenido una situación de declive acelerada: el crecimiento poblacional; los hábitos de consumo; las actividades económicas que contaminan ecosistemas, el descuido y la falta de protección hacia el recurso hídrico; son algunos de los factores que han desatado una situación de escasez de agua en Colombia. De hecho, según la Comisión de regulación del agua, en el año 2016, se reportó que 6,2 millones de personas reciben en sus casas agua que representa un alto riesgo para su salud. 368,000 de ellas están expuestas a que ese líquido contenga altas concentraciones de coliformes, virus, parásitos y elementos no biológicos, como minerales y sustancias químicas; lo que lo hace inviable para el consumo. Esto, no solo genera enfermedades mortales que afectan de manera directa a la salud humana, también afecta a la biodiversidad.

Es por esto que el objetivo de esta investigación es identificar tecnologías apropiadas creadas para la captación, filtración y potabilización del agua, y evaluar bajo diversos criterios la pertinencia o no de su implementación en las regiones con escasez de agua, mediante el uso de una matriz de evaluación. Así como esta investigación se adaptó a las regiones de Colombia, puede realizarse para cualquier otra nación y determinar, para su futuro, soluciones eficientes, viables y sostenibles.

También se tuvo como objetivo la construcción e instalación de un prototipo de sistema de captación y filtración de agua lluvia para comunidad vulnerable del barrio Palermo Sur de Bogotá, evaluando a través de entrevistas su eficiencia y pertinencia.

2. MARCO DE REFERENCIA

- Agua potable

Es aquella que no supone un riesgo para la salud al estar libre de microorganismo y sustancias tóxicas. Características del agua potable:

- Limpia y segura.
- Incolora
- Inodora
- Insípida

- Carecer de elementos en suspensión
- No presentar turbiedad
- Libre de contaminantes orgánicos, inorgánicos, radiactivos
- Mantener una proporción determinada de gases y sales inorgánicas disueltas.
- No debe contener microorganismos patógenos que puedan poner en peligro la salud

- Enfermedades hídricas

Enfermedades transmitidas por el agua son aquellas causadas por el agua contaminada por desechos humanos, animales o químicos. Por ejemplo, cólera, fiebre, tifoidea, shigella, poliomiелitis, meningitis, hepatitis, diarrea. Se clasifican en cuatro grupos:

- Enfermedades transmitidas por el agua
- Enfermedades originadas en el agua
- Enfermedades de origen vectorial relacionadas con el agua
- Enfermedades vinculadas a la escasez de agua

- Tecnologías apropiadas

La tecnología adecuada también conocida como tecnología apropiada o intermedia es aquella que se diseña teniendo en cuenta diversos aspectos, distintos a los técnicos, como el ambiental, social, cultural, o económico de las personas a quienes se dirige. (Atria, 2022)

El concepto nació en los años 70 como respuesta a las limitantes de algunos instrumentos para territorios de escasos recursos; por lo tanto, se propuso usar materiales fáciles de conseguir para garantizar el mantenimiento y reparación de la herramienta creada.

Es por esta razón que se recomienda estudiar previamente el lugar de funcionamiento, con el fin de conocer sus posibilidades, necesidades y evitar impactos ambientales o socioeconómicos.

Las características que debe tener una tecnología apropiada son: uso de materiales a disposición local, adaptación al contexto donde se construye, dan soluciones a problemas, son de bajo costo, de fácil manejo, tienen diseños sostenibles que cuidan el medio ambiente, genera pocos impactos ambientales. (Gaia, 2022)

3. METODOLOGÍA

La investigación tuvo un enfoque mixto con un alcance descriptivo. Se indagó sobre las tecnologías apropiadas existentes desde una perspectiva regional, teniendo en cuentas las características del territorio nacional. En la primera parte se realizó un diseño cuantitativo no experimental, transversal. Se evaluó la pertinencia de implementación de cada una de las tecnologías de captación, filtración y/o potabilización de agua específicas para los 76 municipios con índice de escasez de agua medio y medio alto del país, esto mediante el uso de una matriz de evaluación contemplando la siguiente ecuación y variables:

$$P = IA + FM + AE + AF + E$$

Donde:

P = Pertinencia
 IA = Impacto ambiental
 AE = Adaptación económica
 AF = Adaptación física
 E = Eficiencia

La calificación de pertinencia resulta de la sumatoria de cada una de las variables y a cada variable se le asignó un valor de 1, 3 o 5, siendo 5 la calificación más alta teniendo en cuenta los aspectos presentados en la tabla 1.

Tabla 1. Variables a evaluar para la calificación de pertinencia

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL
Impacto ambiental	Alteraciones al medio ambiente, provocada de manera o indirecta por la implementación de la tecnología.	Los impactos ambientales generados en las etapas de diseño, instalación y funcionamiento de la tecnología son de una extensión local, de efectos negativos a corto plazo, con una magnitud baja, de frecuencia accidental, de probabilidad de ocurrencia baja y reversibles a mediano y corto plazo: 5
		Los impactos ambientales generados en las etapas de diseño, instalación y funcionamiento de la tecnología son de una extensión subregional, de efectos negativos a mediano plazo, con una magnitud mediana, de frecuencia periódica u ocasional, de probabilidad de ocurrencia media y reversibles a largo plazo: 3
		Los impactos ambientales generados en las etapas de diseño, instalación y funcionamiento de la tecnología son de una extensión regional, de efectos negativos a largo plazo, con una magnitud alta, de frecuencia continua, con una probabilidad de ocurrencia alta e irreversibles: 1
Fácil manejo	Facilidad de uso por parte de la comunidad	Se facilita el uso y la accesibilidad de la tecnología por parte de la comunidad: 5
		Se dificulta el acceso y se facilita el uso de la tecnología por parte de la comunidad: 3
		Se dificulta el uso y la accesibilidad de la tecnología por parte de la comunidad: 1
Adaptación económica	Bajos costos relacionados al diseño, implementación y uso	Los insumos de construcción y mano de obra no representan grandes costos ya que su consecución se realiza de manera local: 5
		Los insumos de construcción y mano de obra representan costos significativos debido a que la consecución de alguno de estos dos no se realiza de manera local: 3
		Los insumos de construcción y mano de obra representan grandes costos debido a que la consecución de estos dos no se realiza de manera local: 1
Adaptación física	Funcionamiento correcto de la tecnología teniendo en cuenta las condiciones	Los factores climatológicos y geográficos de la región permiten el

	geográficas y climáticas de la región.	diseño, instalación, funcionamiento y uso de la tecnología: 5
		Los factores climatológicos y geográficos de la región permiten de manera parcial el diseño, instalación, funcionamiento y uso de la tecnología: 3
		Los factores climatológicos y geográficos de la región no permiten el diseño, instalación, funcionamiento y uso de la tecnología: 1
Eficiencia	Eficiencia en el proceso de captación, filtración y potabilización del agua	La tecnología remueve por encima del 80 % de los contaminantes establecidos en la resolución 330 del 2017, artículo 109: 5
		La tecnología remueve del 50% al 79% de los contaminantes establecidos en la resolución 330 del 2017, artículo 109: 3
		La tecnología remueve menos del 49% de los contaminantes establecidos en la resolución 330 del 2017, artículo 109: 1
Pertinencia	Pertinencia de la implementación de una tecnología apropiada en una región específica.	$P < 15$ = Pertinencia baja $P > 16 < 20$ = Pertinencia media $P > 20$ = Pertinencia alta

Fuente: Propia

Las tecnologías apropiadas evaluadas fueron: Trampas de niebla, sistema de captación y filtración de agua lluvia, filtro doméstico de carbón activado, filtro doméstico artesanal de barro, filtro doméstico de carbón activado y plata coloidal, cloración por goteo, SODIS (rayos ultravioletas) y biofiltros.

La segunda parte de la investigación se instaló un sistema de captación de agua lluvia y de filtrado con carbón activado hecho con material PET reciclado, y se evaluó su pertinencia desde un enfoque cualitativo. Desde este enfoque, se aplicó investigación acción y participación, ya que la construcción del prototipo tiene como objetivo resolver la problemática de escasez de agua para una comunidad vulnerable específica y se espera la participación de la comunidad que hace parte activa de la experiencia en el uso del dispositivo.

Las variables mediante las cuales se evaluaron de manera cualitativa la pertinencia de implementación del prototipo se presentan en la tabla 2.

Tabla 2. Variables para la evaluación de la pertinencia del prototipo instalado para la comunidad

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL
Impacto social	Nivel de transformación de la realidad social y solución a la problemática identificada.
Facilidad de uso	Facilidad de uso del prototipo por parte de los usuarios
Adaptación monetaria	Costos económicos asociados al diseño, implementación y uso del prototipo
Eficacia	Eficacia en el proceso de captación, filtración y potabilización del agua
Percepción por parte de la comunidad	Opinión que tiene la comunidad frente al proyecto.

Fuente: Propia

La población general se tomará de otros estudios que están complementando esta investigación.

Para la implementación del prototipo y la evaluación cuantitativa de se tomó una muestra por conveniencia no probabilística, la encuesta y el prototipo se aplicaron a una familia del barrio Palermo Sur, sector con población vulnerable, en el que se presentan cortes de agua diarios.

La técnica que se llevó a cabo para evaluar fue una entrevista semiestructurada, con preguntas de opción múltiple, preguntas cerradas y abiertas, posterior a la instalación y ensayo del prototipo de captación y filtración de agua lluvia con un instrumento de quince preguntas.

Figura 1. Prototipo de sistema de captación y filtración de agua lluvia instalado

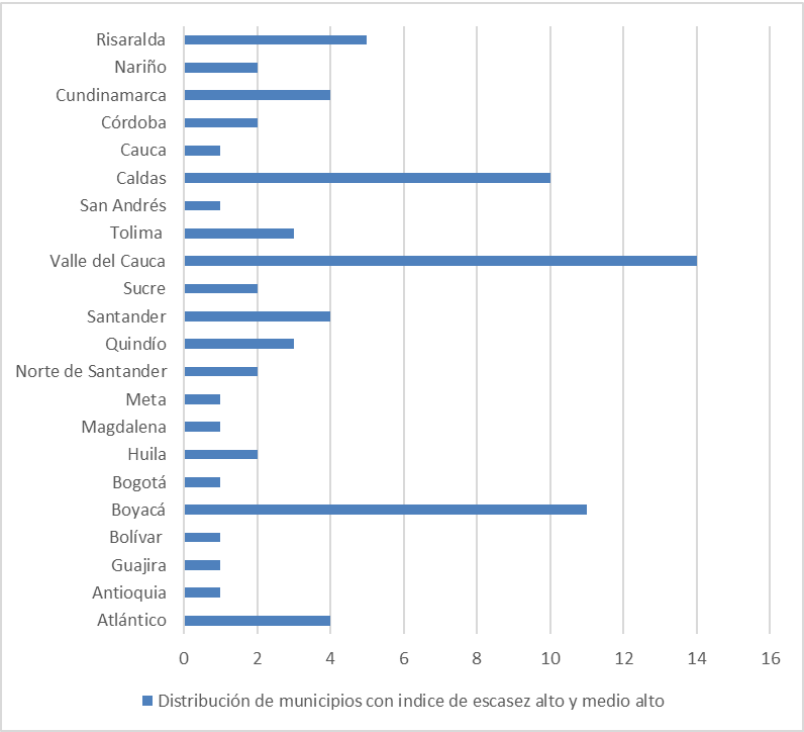


Fuente: Propia

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al realizar recopilación de información del estudio nacional del agua del IDEAM se pudo identificar que existen 76 municipios de Colombia con índice de escasez de agua alto y medio alto, distribuidos por los departamentos como puede verse en la figura 2.

Figura 2. Distribución de municipios con índice de escasez alto y medio alto.



Fuente: Propia

De lo anterior se puede inferir que los departamentos con mayor problemática de escasez de agua son el del Valle del Cauca, Boyacá y Caldas.

En la tabla 3 se presentan los resultados de pertinencia obtenidos de la matriz:

Tabla 3. Resultados de pertinencia obtenidos de la matriz de evaluación

Región	Trampas de niebla	Sistema de captación y filtración de agua lluvia	Filtro doméstico de carbón activado	Filtro doméstico artesanal de barro	Filtro doméstico de carbón activado y plata coloidal	Cloración por goteo	SODIS (Rayos ultravioleta)	Biofiltro
Sabanagrande	Pertinencia media	Pertinencia alta	Pertinencia alta	Pertinencia alta	Pertinencia alta	Pertinencia media	Pertinencia alta	Pertinencia alta
Tubará	Pertinencia media	Pertinencia alta	Pertinencia alta	Pertinencia alta	Pertinencia alta	Pertinencia media	Pertinencia alta	Pertinencia alta
Luruaco	Pertinencia media	Pertinencia alta	Pertinencia alta	Pertinencia alta	Pertinencia alta	Pertinencia media	Pertinencia alta	Pertinencia alta
Malambo	Pertinencia media	Pertinencia alta	Pertinencia alta	Pertinencia alta	Pertinencia alta	Pertinencia media	Pertinencia alta	Pertinencia alta
Caucasia	Pertinencia media	Pertinencia alta	Pertinencia alta	Pertinencia alta	Pertinencia alta	Pertinencia alta	Pertinencia alta	Pertinencia alta
Maicao	Pertinencia media	Pertinencia media	Pertinencia alta	Pertinencia alta	Pertinencia alta	Pertinencia media	Pertinencia alta	Pertinencia alta
María la baja	Pertinencia media	Pertinencia alta	Pertinencia alta	Pertinencia alta	Pertinencia alta	Pertinencia media	Pertinencia alta	Pertinencia alta
San Juan Nepomuceno	Pertinencia media	Pertinencia media	Pertinencia alta	Pertinencia alta	Pertinencia alta	Pertinencia media	Pertinencia alta	Pertinencia alta

[illegible]

La Mesa	Pertinencia media	Pertinencia alta	Pertinencia alta	Pertinencia alta	Pertinencia alta	Pertinencia alta	Pertinencia alta	Pertinencia alta
Suesca	Pertinencia alta	Pertinencia alta	Pertinencia alta	Pertinencia alta	Pertinencia alta	Pertinencia media	Pertinencia alta	Pertinencia alta
Pasto	Pertinencia alta	Pertinencia alta	Pertinencia alta	Pertinencia alta	Pertinencia alta	Pertinencia alta	Pertinencia alta	Pertinencia alta
Mosquera	Pertinencia alta	Pertinencia alta	Pertinencia alta	Pertinencia alta	Pertinencia alta	Pertinencia alta	Pertinencia alta	Pertinencia alta
Calarcá	Pertinencia media	Pertinencia alta	Pertinencia alta	Pertinencia alta	Pertinencia alta	Pertinencia media	Pertinencia alta	Pertinencia alta
Quimbaya	Pertinencia media	Pertinencia alta	Pertinencia alta	Pertinencia alta	Pertinencia alta	Pertinencia alta	Pertinencia alta	Pertinencia alta
Apia	Pertinencia media	Pertinencia alta	Pertinencia alta	Pertinencia alta	Pertinencia alta	Pertinencia alta	Pertinencia alta	Pertinencia alta
Pamplona	Pertinencia alta	Pertinencia alta	Pertinencia alta	Pertinencia alta	Pertinencia alta	Pertinencia media	Pertinencia alta	Pertinencia alta
Marsella	Pertinencia media	Pertinencia alta	Pertinencia alta	Pertinencia alta	Pertinencia alta	Pertinencia alta	Pertinencia alta	Pertinencia alta
Quinchía	Pertinencia alta	Pertinencia alta	Pertinencia alta	Pertinencia alta	Pertinencia alta	Pertinencia alta	Pertinencia alta	Pertinencia alta

Fuente: Propia

- Trampas de niebla

Obtuvieron una pertinencia de implementación alta en 23 municipios y media en 53 municipios. Esto quiere decir, que, se tiene una pertinencia de implementación alta en el 30.26% del total de los municipios con índice de escasez de agua alto y una pertinencia de implementación media en el 69.74% del total de los municipios con índice de escasez de agua alto. Esto se debe a que la adaptación física de esta tecnología depende de la altura sobre el nivel del mar a la que está ubicado el municipio, a mayor altura, mayor adaptación física y que se tiene un impacto ambiental medio debido a que las trampas de niebla pueden capturar de manera accidental fauna aviar.

Los municipios con mayor calificación de final en la variable de pertinencia fueron:

- Tunja
- Nobsa
- Cucaita
- Samacá
- Sogamoso
- Tibasosa
- Duitama
- Paipa
- Santa Rosa de Viterbo
- Bogotá
- Pamplonita
- Armenia
- Cali
- Aguadas
- La Merced
- Neira

- Sistemas de captación de agua lluvia

Obtuvieron una pertinencia de implementación alta en 71 municipios y media en 5 municipios. Esto quiere decir, que, se tiene una pertinencia de implementación alta en el 93.42% del total de los municipios con índice de escasez de agua alto y una pertinencia de implementación media en el 6.578% del total de los municipios con índice de escasez de agua alto. Esto se debe a que la adaptación física de esta tecnología depende de la precipitación media anual.

Los municipios con mayor calificación final en la variable de pertinencia fueron:

- Sabanagrande
- Tubará
- Luruaco
- Malambo
- Cauca
- Maicao
- María la baja
- San Juan Nepomuceno
- Tunja
- Nobsa
- Cucaita
- Samacá
- Sogamoso
- San Eduardo
- Tibasosa
- Duitama
- Paipa
- Santa Rosa de Viterbo
- Bogotá
- Palermo
- Neiva

- Ciénaga
- Puerto López
- El Zulia
- Pamplonita
- Armenia
- Dos quebradas
- Bucaramanga
- Floridablanca
- San Miguel
- Barrancabermeja
- Sincelejo
- Coello

- La Unión
- Cali
- Buenaventura
- Yumbo
- Caicedonia
- Cartago
- Cerrito
- Palmira
- Pradera
- Roldanillo
- Sevilla
- Toro

- Yotoco
- Yumbo
- Lérída
- Prado
- Saldaña
- San Andrés
- Aguadas
- Anserma
- Belalcázar
- Chinchiná

- Filtros domésticos de carbón activado

Los filtros domésticos de carbón activado obtuvieron una pertinencia de implementación alta en los 76 municipios. Esto quiere decir, que, se tiene una pertinencia de implementación alta en el 100% del total de los municipios con índice de escasez de agua alto. Esto se debe a que resulta una tecnología eficiente, muy económica y que factores externos no influyen en su funcionamiento, ya que el agua puede venir de escorrentía, fuentes subterráneas, lluvia, acueductos locales etc.

- Filtro doméstico de barro

Los filtros domésticos de barro obtuvieron una pertinencia de implementación alta en los 76 municipios. Esto quiere decir, que, se tiene una pertinencia de implementación alta en el 100% del total de los municipios con índice de escasez de agua alto. Esto se debe a que resulta una tecnología muy económica y que factores externos no influyen en su funcionamiento, ya que el agua puede venir de escorrentía, fuentes subterráneas, lluvia, acueductos locales etc. Sin embargo, presenta una menor eficiencia en comparación con los filtros domésticos de carbón activado y plata coloidal.

- Filtro doméstico de carbón activado y plata coloidal

Los filtros domésticos de carbón activado y plata coloidal obtuvieron una pertinencia de implementación alta en los 76 municipios. Esto quiere decir, que, se tiene una pertinencia de implementación alta en el 100% del total de los municipios con índice de escasez de agua alto. Esto se debe a que resulta una tecnología eficiente, muy económica y que factores externos no influyen en su funcionamiento, ya que el agua puede venir de escorrentía, fuentes subterráneas, lluvia, acueductos locales etc.

- La cloración por goteo

Obtuvo una pertinencia de implementación alta en 27 municipios y media en 49 municipios. Esto quiere decir, que, se tiene una pertinencia de implementación alta en el 35.52% del total de los municipios con índice de escasez de agua alto y una pertinencia de implementación media en el 64.47% del total de los municipios con índice de escasez de agua alto. Esto se debe a que el uso de cloro puede llegar a generar un impacto ambiental considerable y que la adaptación física depende de la precipitación media anual.

- Malambo
- Cauca
- Maicao
- María la baja
- San Juan Nepomuceno
- Tunja
- Nobsa
- Cucaita

- Samacá
- Sogamoso
- San Eduardo
- Tibasosa
- Duitama
- Paipa
- Santa Rosa de Viterbo
- Bogotá

- Palermo
- Neiva
- Ciénaga
- Puerto López
- El Zulia
- Pamplonita
- Armenia
- Dos quebradas

- Bucaramanga
- Floridablanca
- San Miguel
- Barrancabermeja
- Sincelejo
- Coello
- La Unión
- Cali
- Buenaventura
- Yumbo
- Caicedonia
- Cartago
- Cerrito
- Palmira
- Pradera
- Roldanillo
- Sevilla
- Toro
- Yotoco
- Yumbo
- Lérída
- Prado
- Saldaña
- San Andrés
- Aguadas
- Anserma
- Belalcázar
- Chinchiná
- Filadelfia
- La Merced
- Neira
- Río sucio
- Salamina
- Viterbo
- Caloto
- Canalete
- Puerto escondido
- Facatativá
- Guachetá
- La Mesa
- Suesca
- Pasto
- Mosquera
- Calarcá
- Quimbaya
- Apia
- Pamplona
- Marsella
- Quinchía

- SODIS (Rayos UV)

La desinfección por SODIS obtuvo una pertinencia de implementación alta en los 76 municipios. Esto quiere decir, que, se tiene una pertinencia de implementación alta en el 100% del total de los municipios con índice de escasez de agua alto. Esto se debe a que resulta una tecnología fácil y económica de implementar y además eficiente a pesar de que se necesita largos periodos de tiempo para terminar el proceso.

- Biofiltros

Los biofiltros obtuvieron una pertinencia de implementación alta en los 76 municipios. Esto quiere decir, que, se tiene una pertinencia de implementación alta en el 100% del total de los municipios con índice de escasez de agua alto. Resulta una tecnología eficiente, sin embargo, su costo de implementación con respecto a otras tecnologías puede ser más alto.

Analizando los promedios de calificación de pertinencia para cada una de las tecnologías se puede evidenciar que los filtros domésticos de carbón activado, los de plata coloidal con carbón y la desinfección por SODIS son los que se califican con mejores promedios, esto porque son tecnologías económicas, de fácil manejo y que no dependen de factores climatológicos externos para su funcionamiento. Las trampas de niebla y la cloración por goteo se califican los promedios más bajos debido a que dependen de factores climáticos externos para su funcionamiento y generan impactos ambientales.

La tabla 4 presenta los resultados de la entrevista de pertinencia del prototipo instalado para la familia elegida:

Tabla 4. Resultados de la entrevista

	Nombre	Edad	Estrato	Localidad y barrio	Núcleo familiar	¿Cómo es la situación de acceso a agua potable en su casa?	¿Cada cuánto se realizan cortes de agua en su hogar?	¿Qué factores de su calidad de vida afecta la escasez de agua potable?
1.	Marina Rodríguez	63	1	Rafael Uribe Uribe La	Madre	Insostenible	Diariamente	Mi alimentación, Mi higiene, Mi salud y la de mi familia

				Paz				
2.	Eduardo Piratoba	54	1	Rafael Uribe Uribe La Paz	Esposo y Papá	Mala	Diariamente	Mi higiene, Mi tiempo
3.	Johanna Rodríguez	28	1	Rafael Uribe Uribe La Paz	Hija	Mala	Diariamente	Mi higiene, Mi salud y la de mi familia, Mi tiempo, Mi alimentación
4.	Daniela Rodríguez	25	1	Rafael Uribe Uribe	Hija	Insostenible	Diariamente	Mi alimentación, Mi tiempo, Mi salud y la de mi familia, Mi higiene

	¿Fue pertinente la instalación de este dispositivo en su casa? ¿Por qué?	¿Qué opinión tiene acerca del prototipo de recolección y potabilización de agua lluvia?	¿El prototipo mejoró su calidad de vida? Si la respuesta es sí, ¿cómo considera que lo hace?	En su opinión, el nivel de dificultad del manejo de esta tecnología es:	Si tuviera que pagar el costo de construcción e instalación en su comunidad o su hogar, ¿considera que la relación beneficio – costo es adecuada?	¿Qué podríamos mejorar de este prototipo?	Los comentarios adicionales, los puede escribir aquí:
1.	Sí	Eficiente, Útil, Fácil de usar	Sí, Realizan cortes de agua que se llaman racionalización, día de por medio o diariamente. Este prototipo me brinda agua potable para bañarme o preparar alimentos.	Fácil	Sí, El problema de instalarlo en este barrio es que lo desbaratarían y se llevarían los tubos de PVC y las botellas.	Que se pueda almacenar más agua.	Gracias por instalar este dispositivo, ayuda a mi familia.
2.	Sí	Eficiente, Viable, Fácil de usar, Útil	Sí, Ahora tenemos agua potable siempre así hayan cortes de agua.	Fácil	Sí	Que no sean botellas sino algo más resistente para que no tenga	Gracias

						fugas de agua.	
3.	Sí	Fácil de usar, Eficiente, Económico	Sí, Nos permite el acceso a agua potable en cualquier momento del día.	Fácil	Sí	Me gustaría saber si se podría conectar este dispositivo a la ducha o al sanitario	Gracias por la instalación
4.	Sí	Fácil de usar, Útil	Sí, Mientras que hacen cortes de agua tengo agua disponible del dispositivo para mi uso personal	Fácil	Sí	Nada, es muy bueno para purificar el agua	

Fuente: Propia

Los resultados evidencian que la población encuestada es población en estado de vulnerabilidad, habitando en localidad y barrio estrato uno, también se pudo identificar la gravedad del problema de escasez de agua ya que si bien viven en una ciudad con conexión a acueducto se realizan constantes cortes de agua llevando a que la situación sea insostenible y que se afecten necesidades básicas como la salud, la alimentación y la higiene por lo que resulta necesaria la búsqueda de alternativas.

Frente al prototipo instalado se tiene una percepción positiva ya que se considera que por su instalación se mejoró la calidad de vida de la familia encuestada, también se percibe como una tecnología eficiente, económica y de fácil uso.

Como oportunidades de mejora se identificaron el aumento en la capacidad de almacenamiento del dispositivo, la búsqueda de nuevos materiales de construcción y la posibilidad de conectar la tecnología a otros dispositivos del hogar, como la ducha o el inodoro.

5. CONCLUSIONES

- A lo largo de esta investigación se cumplió con el objetivo general y los objetivos específicos, sin embargo, esta investigación es dinámica teniendo en cuenta que muchas de las variables evaluadas pueden cambiar con el tiempo. Quedará abierta a futuras intervenciones de actualización o ampliación de la información recolectada y/o los resultados obtenidos.
- Todas las tecnologías apropiadas que se evaluaron tienen una pertinencia de implementación alta o media, nunca baja, por lo que, se puede concluir que las tecnologías apropiadas son, en definitiva, una solución eficiente que mejora las condiciones de acceso a agua en Colombia. El costo económico y los impactos ambientales de las tecnologías apropiadas para la potabilización, purificación y desinfección de agua son menores comparados con las tecnologías tradicionales como las plantas de tratamiento de agua potable u obras hidráulicas.
- Al evaluar la pertinencia de todas las tecnologías apropiadas, fueron las más adaptables físicamente a cualquier entorno, como los filtros domésticos o la desinfección por SODIS las que tuvieron mayor calificación ya que no dependen de factores externos para su funcionamiento.
- Algunos municipios, a pesar de que tienen gran oferta hídrica presentan un índice de escasez alto, ya que para este índice se considera no solo la oferta, sino también la demanda y esta demanda resulta considerablemente

más alta que su oferta.

- El prototipo realizado se acompañó con sensibilización ambiental, esto generó una mejora en el manejo del recurso hídrico y además generó nuevas ideas para disponer del agua potable en su hogar.
- Al evaluar la adaptación económica del prototipo implementado con la comunidad vulnerable se identificó que debido a los bajos costos de diseño, construcción e instalación resulta ser una tecnología de fácil acceso económico.
- Se debe acompañar la instalación del dispositivo de captación y filtración de agua lluvia con sensibilización ambiental y responsabilidad social. Las comunidades deben ser parte activa de cada proceso, ya que, en caso de ser instalado en comunidades vulnerables sin acceso a agua potable, el dispositivo se podría ver afectado por mal manejo o disposición por parte de habitantes que quieran obtener ganancias de los materiales con los que se realizó. En caso de realizar sensibilización, los habitantes protegerán el dispositivo porque sabrán que trae beneficios para su bienestar. Es un dispositivo con varias oportunidades de mejora o expansión, como proyecto social, es posible realizarlo, siempre y cuando se genere la mayor visibilidad posible y se cuente con el soporte financiero para lograrlo.
- Las tecnologías apropiadas son una solución a la problemática de escasez de agua con características económicas, eficientes y que genera pocos impactos ambientales.

6. AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la comunidad del del barrio Palermo Sur de la localidad Rafael Uribe Uribe por abrir las puertas con amabilidad y confianza al proyecto y permitir su desarrollo, y quienes con su apoyo aportaron al desarrollo final del prototipo de sistema de recolección y filtración de agua lluvia.

REFERENCIAS

ACCIONA. (s.f). ¿CÓMO NOS AFECTA LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA? Sostenibilidad para todos. https://www.sostenibilidad.com/agua/causas-consecuencias-contaminacionagua/?_adin=11551547647

Acosta, R. (2008). Saneamiento ambiental e higiene de los alimentos (1a ed.). Brujas.

Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. (2022) Desinfección de agua potable en situaciones de emergencia. EPA. <https://espanol.epa.gov/espanol/desinfeccion-de-agua-potable-en-situaciones-de-emergencia>

Arizabalo, R. (1991). La contaminación del agua subterránea y su transporte en medios porosos. Cuadernos del Instituto de Geofísica.

Air Liquide. (s.f). ¿Qué es la DQO? – Tratamiento de aguas residuales. Airliquide. [https://es.airliquide.com/soluciones/tratamiento-aguas/que-es-la-dqo-tratamientodeaguasresiduales#:~:text=La%20Demanda%20Qu%C3%ADmica%20de%20Ox%C3%ADgeno%20\(DQO\)%20en%20pocas%20palabras&text=Representa%20la%20cantidad%20de%20ox%C3%ADgeno,alcantarillado%20o%20de%20fosas%20s%C3%A9pticas](https://es.airliquide.com/soluciones/tratamiento-aguas/que-es-la-dqo-tratamientodeaguasresiduales#:~:text=La%20Demanda%20Qu%C3%ADmica%20de%20Ox%C3%ADgeno%20(DQO)%20en%20pocas%20palabras&text=Representa%20la%20cantidad%20de%20ox%C3%ADgeno,alcantarillado%20o%20de%20fosas%20s%C3%A9pticas)

Atria. (2022). ¿Qué es la tecnología adecuada? Atria. <https://www.atria.com.pe/que-es-latecnologia-adecuada/>

Brière, F. (2005). Distribución de Agua Potable y Colecta de Desagües y de Agua de Lluvia. Presses internationales Polytechnique.

Bocek, A. (s.f). Introducción a la captación del agua. The University of Arizona - College of Agriculture. <https://cals.arizona.edu/azaqua/AquacultureTIES/publications/Spanish%20WHAP/GT3%20Water%20Harvesting.pdf>

Harvesting.pdf Cárdenas, G., & Cárdenas, J. (2009). Agricultura, urbanización y agua. (1a ed.).

IICA. FACSA. (s.f). Metales pesados. FACSA, ciclo integral del agua. https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:zowsUp6_QlKJ:https://www.facsacom/metales-

[pesados/&cd=7&hl=es-419&ct=clnk&gl=co](#)

Falkenmark, M. (1999). Forward to the future: a conceptual framework for water Dependence. (1a ed.). AMBIO

Fundación Aque. (s.f). Características del agua potable y cómo se obtiene. Aque. https://www.fundacionaque.org/wiki/caracteristicas-aguapotable/amp/?gclid=Cj0KCQjwmdGYBhDRARIsABmSEeNTm-g-Fyp0Z8sL1c8E9qgURML1aqJmDTxcnz-GAaBF88gSz0VyxoaAgV5EALw_wcB

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. (1998). Estudio Nacional del Agua. IDEAM.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. (2004). Informe anual sobre el estado del medio ambiente en Colombia, Imprenta Nacional de Colombia. Proyecto Seminario de Investigación

Gaia – Servicios ambientales (s.f). DÍA INTERNACIONAL DE LAS TECNOLOGÍAS APROPIADAS (s.f) GAIA - Servicios ambientales. <https://www.gaiasa.com/noticias/julio-15-dia-internacional-de-las-tecnologias-apropiadas>.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. (2008) Informe anual sobre el estado del medio ambiente y los recursos renovables en Colombia: Estudio Nacional del Agua, relaciones de demanda de agua y oferta hídrica. IDEAM.

IDEAM (2019). Estudio Nacional del Agua 2018. Biblioteca IDEAM http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023858/ENA_2018.pdf

ONU (2018). Sustainable Development Goal 6 Synthesis Report 2018 on Water and Sanitation. United Nations on Water. <http://www.unwater.org/publications/sdg-6-publicdialogue-report/>

Organización Mundial de la salud. (2017). 2100 millones de personas carecen de agua potable en el hogar y más del doble no disponen de saneamiento Seguro. OMS. [https://www.who.int/es/news/item/12-07-2017-2-1-billion-people-lack-safe-drinking-water-at-home-more-than-twice-as-many-lack-safesantiation#:~:text=En%20todo%20el%20mundo%2C%20alrededor,\(OMS\)%20y%20del%2](https://www.who.int/es/news/item/12-07-2017-2-1-billion-people-lack-safe-drinking-water-at-home-more-than-twice-as-many-lack-safesantiation#:~:text=En%20todo%20el%20mundo%2C%20alrededor,(OMS)%20y%20del%2)

UNICEF. Pérez, L. (2005, agosto). Teoría de la Sedimentación. INSTITUTO DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL. https://cms.fi.uba.ar/uploads/institutos_teoria_sedimentacion_8d6be3a941.pdf Pineda, J. (2022). Recursos Hídricos. en Colombia <https://encolombia.com/economia/agroindustria/agronomia/recursos-hidricos/7>

PureWater. (2019). Enfermedades de origen hídrico. PureWater SAS. <https://purewater.com.co/enfermedades-de-origen-hidrico>

Rentokil. (2021). ¿Por qué se usa la filtración del agua? RENTOKIL. <https://www.rentokilinitial.cl/blog/filtracion-del-agua/#:~:text=La%20filtraci%C3%B3n%20del%20agua%20es,s%C3%B3lidos%20disueltos%20y%20agentes%20contaminantes>

Resolución 2115 (2007, 22 de junio). Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y Ministerio de protección social.

Sánchez, J. S.f Precipitaciones. Hidrología. <https://hidrologia.usal.es/temas/Precipitaciones.pdf>

Tecno Tanques. (2016). ¿Qué es el oxígeno disuelto? TECNOTANQUES <https://tecnotanques.com/oxigeno-disuelto-2/>