

**Análisis de los procesos de aprovechamiento de aguas lluvias en instituciones educativas de  
Colombia**

David Mateo Valencia Lopera

Director: Luis Famer Lamilla Carvajal

Universidad nacional abierta y a distancia UNAD

Escuela de ciencias agrícolas, pecuarias y del medio ambiente ECAPMA

Ingeniería Ambiental

2023

**Análisis de los procesos de aprovechamiento de aguas lluvias en instituciones educativas de  
Colombia**

David Mateo Valencia Lopera

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero Ambiental

Director: Luis Famer Lamilla Carvajal

Ingeniero Ambiental

Universidad nacional abierta y a distancia UNAD

Escuela de ciencias agrícolas, pecuarias y del medio ambiente ECAPMA

Ingeniería Ambiental

2023

## Dedicatoria

A los moteres de mi vida queridos padres;

“A ustedes, Gustavo Adolfo Valencia Quintana y Luz Janeth Lopera Osorio, quiero dedicarles Estas palabras llenas de gratitud y amor. Vuestra presencia constante en mi vida ha sido la fuerza que me ha impulsado a superar obstáculos y perseguir mis sueños. Vuestra fe inquebrantable en mi capacidad y vuestro apoyo incondicional han sido el cimiento sobre el cual he construido mi éxito académico.

Desde mis primeros pasos en el mundo académico, ustedes siempre estuvieron a mi lado.

Pacientemente, me enseñaron el valor del conocimiento, la importancia de la perseverancia y la dedicación en cada tarea emprendida. Vuestras palabras alentadoras y sabias consejos siempre encontraron eco en mi corazón, motivándome a esforzarme aún más.

Cada día, mientras avanzaba por el arduo camino de mi educación, ustedes se convirtieron en mis pilares inquebrantables. Su presencia constante me brindó confianza y seguridad para enfrentar los desafíos académicos y personales. Incluso en los momentos más difíciles, su apoyo incondicional me dio la fuerza para continuar, recordándome que el éxito era posible.

Hoy, al culminar mi monografía de grado, quiero expresar mi más profundo agradecimiento. Gracias por creer en mí cuando a veces dudé de mí mismo. Gracias por su paciencia infinita cuando necesité más tiempo para estudiar o cuando cometí errores. Vuestra confianza y comprensión me han ayudado a superar los momentos de incertidumbre y me han dado la determinación de alcanzar mis metas.

También quiero mencionar a alguien muy especial que se ha convertido en un pilar fundamental en mi vida: mi novia, Marly Yolmar Muñoz Sánchez. Su amor incondicional, su apoyo inquebrantable y su constante ánimo han sido un bálsamo en los momentos de desánimo y estrés. Su presencia alegre y su fe en mi capacidad han sido un regalo invaluable durante toda mi carrera universitaria. Marly, gracias por acompañarme en este viaje y ser mi familia leal.

A ustedes, mis queridos padres, les dedico este logro. Esta monografía es el resultado tangible de su amor, paciencia y dedicación hacia mí. Sus enseñanzas y valores estarán grabados en cada página, y cada éxito que alcanzaré en el futuro llevará el reflejo de vuestro amor y sacrificio.

Este logro no solo es mío, sino también vuestro. A través de su guía y apoyo, me han preparado para enfrentar cualquier desafío que la vida pueda presentar. Su influencia perdurará en mí a medida que continúe mi camino hacia el crecimiento personal y profesional.

Con todo mi amor y gratitud eternos, Este triunfo no hubiera sido posible sin el apoyo vuestro. Muchas gracias por todo el apoyo moral, económico. Por el cariño.

Los quiere demasiado, David Mateo Valencia Lopera.”

## **Agradecimientos**

Agradezco de todo corazón al Universo por permitirme embarcarme en el maravilloso viaje de la carrera de Ingeniería Ambiental. A través de esta disciplina, he tenido el privilegio de adquirir conocimientos y habilidades que me han transformado y me han otorgado una perspectiva única sobre nuestro entorno. La oportunidad de estudiar esta hermosa carrera ha sido un regalo invaluable en mi vida, y me siento profundamente agradecido por todas las experiencias y aprendizajes que he obtenido a lo largo del camino.

A mis queridos padres, Gustavo Adolfo Valencia Quintana y Luz Janeth Lopera Osorio, les debo mi más sincero agradecimiento. Su dedicación y apoyo incondicional han sido la fuerza impulsora detrás de mis logros académicos. Su creencia constante en mi capacidad y su amor infinito me ha inspirado a alcanzar metas que una vez creí inalcanzables. Gracias por cada palabra de aliento, cada consejo sabio y cada sacrificio que han hecho para que yo pudiera perseguir mis sueños. Su presencia ha sido mi mayor fortaleza y mi mayor motivación. Les agradezco profundamente por inculcarme valores de perseverancia, determinación y responsabilidad, los cuales llevaré siempre conmigo.

También quiero expresar mi agradecimiento al tutor y profesor Luis Farmer Lamilla por su invaluable apoyo y orientación durante la elaboración de esta monografía. Su conocimiento experto y su dedicación han sido fundamentales en mi proceso de investigación y redacción. Gracias por compartir su experiencia y por brindarme valiosas sugerencias que han enriquecido

mi trabajo. Su guía constante y su paciencia en responder a mis inquietudes han sido invaluable.

Estoy profundamente agradecido por su compromiso con mi crecimiento académico y por su  
contribución al éxito de esta monografía.

A todos aquellos que, de alguna manera, han formado parte de mi camino académico y personal, les expreso mi más sincero agradecimiento. Cada interacción, cada experiencia y cada desafío han sido un regalo que me ha permitido crecer y convertirme en la persona que soy hoy.

Sin su apoyo, comprensión y aliento, no habría sido posible alcanzar este hito en mi vida.

Este logro es un recordatorio de que, con el amor y el apoyo adecuados, los sueños pueden hacerse realidad. Agradezco a cada persona y cada circunstancia que ha sido parte de mi travesía.

Su presencia ha dejado una huella imborrable en mi corazón y me han impulsado a esforzarme  
cada vez más.

Con humildad y gratitud, cierro este capítulo de mi vida, sabiendo que no lo hice solo. Este logro es el resultado de un esfuerzo colectivo y estoy emocionado por el futuro que me espera, consciente de que llevaré conmigo los valores y enseñanzas que he recibido.

Una vez más, gracias al Universo, a mis amados padres y a mi tutor y profesor Luis Farmer

Lamilla, por su inmenso amor, apoyo y guía.

David Mateo Valencia Lopera

## Resumen

El aprovechamiento del agua de lluvia se presenta como una alternativa atractiva desde un punto de vista ambiental y económico. La alta demanda de agua potable, la contaminación de las fuentes superficiales y los elevados costos asociados a su consumo en instituciones educativas, son algunos de los motivos que hacen necesaria la búsqueda de soluciones innovadoras. En este sentido, se presenta un proyecto de diseño para un sistema de recolección de aguas pluviales que permitiría ahorrar agua potable en usos como el riego de jardines, el lavado de áreas comunes o la descarga de inodoros, así como el abastecimiento en situaciones de emergencia.

Para alcanzar los objetivos planteados, se ha diseñado una red para el aprovechamiento de aguas pluviales. Se ha llevado a cabo el cálculo del diseño del tanque y se han respetado todos los parámetros necesarios para la implementación del sistema de red de recolección, transporte y almacenamiento de agua de lluvia.

Este proyecto presenta una solución innovadora y sostenible para la gestión del agua en instituciones educativas y otros espacios, fomentando el uso responsable de los recursos y contribuyendo al cuidado del medio ambiente.

**Palabras Clave:** Sistemas y aprovechamiento de aguas lluvias, uso eficiente del agua, Tecnologías de recolección de agua de lluvia, conservación del agua.

### **Abstract**

Rainwater harvesting presents an attractive alternative from an environmental and economic standpoint. The high demand for potable water, contamination of surface sources, and the high costs associated with its consumption in educational institutions are some of the reasons that make the search for innovative solutions necessary. In this sense, a design project for a rainwater collection system is presented, which would allow for the conservation of potable water in uses such as garden irrigation, common area washing, toilet flushing, as well as emergency supply.

To achieve the set objectives, a network for rainwater harvesting has been designed. The tank design calculation has been carried out and all necessary parameters have been respected for the implementation of the collection, transportation, and storage network of rainwater.

This project presents an innovative and sustainable solution for water management in educational institutions and other spaces, promoting responsible use of resources and contributing to environmental conservation.

**Keywords:** Rainwater systems and harvesting, efficient water use, rainwater collection technologies, water conservation.



## Tabla de contenido

Introducción .....	14
Planteamiento del problema .....	16
Justificación.....	18
Objetivos .....	20
Objetivo General.....	20
Objetivos Específicos .....	20
Metodología.....	21
El contexto mundial .....	24
Contexto del Aprovechamiento del agua lluvia .....	24
Contexto Continental.....	24
Aprovechamiento de aguas lluvias y mitigación de inundaciones en zonas urbanas	26
Contexto colombiano .....	28
Contexto colombiano .....	28
Tecnologías disponibles para la recolección y uso de aguas lluvias en el contexto colombiano. ....	31
Panorama de los acuerdos mundiales para la gestión sostenible de los recursos hídricos .....	39
Programas educativos para fomentar la conciencia y cultura del uso eficiente del agua lluvia. ....	41

Legislación colombiana sobre el uso del agua de lluvia .....	45
La demanda de agua en el contexto colombiano.....	48
Cifras de aprovechamiento de agua en el contexto colombiano y regional .....	50
Monitoreo y mantenimiento de sistemas de agua lluvia en instituciones educativas.....	52
Relación de proyectos existentes en Colombia y en el departamento del Huila.....	55
Justificación del aprovechamiento de aguas lluvias.....	57
Aprovechamiento de aguas lluvias en zonas rurales con baja densidad poblacional .....	59
Integración de tecnologías de agua lluvia en infraestructuras educativas .....	60
Opinión pública y sistemas de agua lluvia en instituciones educativas .....	61
Las variables.....	63
Variables ambientales en el aprovechamiento de agua lluvia .....	63
Calidad del agua lluvia.....	63
Composición del agua lluvia.....	64
Variables Climáticas .....	65
Relación entre la calidad del aire y la calidad del agua lluvia .....	69
Variables Económicas .....	70
Variables Políticas.....	71
Variables Sociales .....	73
La implementación.....	75

Colaboración interinstitucional en proyectos de agua lluvia en instituciones educativas .....	75
Tecnologías para tratamiento de agua lluvia .....	76
Modelos de financiamiento para proyectos de agua lluvia en instituciones educativas.	77
Importancia de la comunicación en proyectos de agua lluvia .....	78
Condiciones específicas para aprovechar el agua lluvia .....	80
Condiciones de infraestructura .....	80
Métodos de recolección de agua lluvia .....	81
Condiciones de área .....	83
Materiales y sus condiciones .....	83
Usos potenciales, recomendados o pertinente para el agua lluvia recolectada. ....	86
Normativa y patentes sobre sistemas de tratamiento de agua lluvia. ....	87
Requisitos y trámites necesarios para la implementación de sistemas de recolección y uso de agua lluvia .....	88
Estudio de caso: Institución Educativa Montessori en el municipio de Pitalito en el Departamento del Huila .....	89
Conclusiones .....	97
Recomendaciones .....	99
Referencias bibliográficas .....	100

**Listado de tablas**

<b>Tabla 1</b> <i>Sistemas de filtración y decantación de agua lluvia más usados en Colombia</i> .....	33
<b>Tabla 2</b> <i>Sistemas de desinfección más comúnmente usados en Colombia</i> .....	36
<b>Tabla 3</b> <i>Resumen de la Legislación colombiana sobre el uso del agua de lluvia</i> .....	46
<b>Tabla 4</b> <i>Materiales más comunes y pertinentes para la implementación de sistemas de recolección de Agua lluvia</i> .....	84
<b>Tabla 5</b> <i>Potencial de uso del agua lluvia recolectada por los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia</i> .....	86
<b>Tabla 6</b> <i>Normativa y patentes</i> .....	87
<b>Tabla 7</b> <i>Guía básica</i> .....	94

**Listado de figuras**

<b>Figura 1</b> <i>Plan piloto de viviendas ecológicas en la provincia de Galápagos</i> .....	38
<b>Figura 2</b> <i>Plan piloto de viviendas ecológicas en la provincia de Galápagos</i> .....	39
<b>Figura 3</b> <i>Catálogo de las estaciones meteorológicas en Pitalito</i> .....	66
<b>Figura 4</b> <i>Cantidad de agua lluvia por año en el departamento del Huila</i> .....	67
<b>Figura 5</b> <i>Tabla climática - Datos históricos del tiempo para el municipio de Pitalito</i> ...	68
<b>Figura 6</b> <i>Cronograma del municipio de Pitalito (Huila)</i> .....	69
<b>Figura 7</b> <i>Guía de aprovechamiento de agua lluvias</i> .....	91
<b>Figura 8</b> <i>Tanques de almacenamiento</i> .....	92
<b>Figura 9</b> <i>Comportamiento de consumos acumulados</i> .....	96

## Introducción

El aprovechamiento de aguas lluvias se ha convertido en una práctica importante en la gestión del agua, ya que contribuye a reducir la demanda de agua potable y a disminuir los riesgos de inundaciones en zonas urbanas. En particular, las instituciones pueden beneficiarse de este tipo de sistemas al reducir los costos asociados al consumo de agua y al tiempo que se dedica al mantenimiento de los sistemas de drenaje pluvial. Martínez, M. C. (2021)

Según estudios realizados por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), el uso de sistemas de aprovechamiento de aguas lluvias puede ahorrar hasta un 50% de agua en instituciones y empresas. Además, existen tecnologías de recolección y almacenamiento de agua de lluvia que pueden ser adaptadas a diferentes condiciones climáticas y geográficas, lo que permite su aplicación en distintos tipos de instituciones.

En este sentido, algunos de los procesos más utilizados para el aprovechamiento de aguas lluvias en instituciones incluyen la instalación de sistemas de recolección de agua de lluvia en techos, la filtración y tratamiento del agua recolectada para su posterior uso en sistemas de riego, baños y limpieza, entre otros. Gutiérrez, L. P. (2021)

Para implementar estos sistemas de manera efectiva, es necesario contar con profesionales capacitados en el diseño, instalación y mantenimiento de los mismos. Asimismo, es importante contar con una regulación adecuada por parte de las autoridades para garantizar la seguridad y la calidad del agua recolectada. Martínez, M. C. (2021)

En conclusión, el aprovechamiento de aguas lluvias se ha convertido en una práctica esencial en la gestión del agua y puede ser especialmente beneficioso para las instituciones. La

aplicación de tecnologías de recolección y almacenamiento de agua de lluvia puede ayudar a reducir costos y contribuir a una gestión sostenible de los recursos hídricos.

### **Planteamiento del problema**

En Colombia, la escasez de agua es una problemática que afecta a muchas comunidades, y el municipio de Pitalito - Huila no es la excepción. A pesar de que cuenta con múltiples fuentes de agua, la calidad de estas es deficiente debido a la contaminación que reciben de actividades agrícolas, urbanizaciones e industrias cercanas. Esta situación genera un impacto negativo en la salud y calidad de vida de la población, especialmente en los niños y jóvenes.

Además, la empresa que presta los servicios de agua potable en el municipio, "Empitalito", enfrenta problemas en el suministro de agua debido a la intermitencia en la calidad y cantidad del agua del río Guarapas, su fuente principal de agua. A su vez, el cambio climático y la intensificación de las actividades humanas en la zona agravan aún más esta situación.

En este contexto, se plantea la necesidad de buscar alternativas sostenibles para el abastecimiento de agua potable, que permitan reducir el consumo de agua de las fuentes superficiales contaminadas y aumentar la resiliencia de la comunidad ante los impactos del cambio climático. El aprovechamiento del agua de lluvia se presenta como una opción viable, ya que es un recurso natural gratuito y renovable que puede contribuir a satisfacer la demanda de agua potable. Martínez, M. C. (2021)

Esto reduce el costo del consumo de agua potable y beneficia al alumnado destinando el valor que se gasta mensualmente en el servicio de agua, según Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2020) con "Proyectos de Aprovechamiento de Aguas Lluvias en Colombia en parques o proyectos puramente institucionales", su ambiente educativo se vuelve más confortable, además de facilitar su aprendizaje mediante la aplicación de nuevas tecnologías y métodos avanzados para su educación. Educar y sensibilizar a los niños desde temprana edad sobre el valor y la importancia de trabajar con los recursos naturales. También es innegable que



este nuevo sistema hará que los estudiantes se interesen más por la tecnología y el progreso tecnológico en las escuelas.

En primer lugar, es importante destacar que el aprovechamiento del agua de lluvia no solo contribuiría a solucionar la escasez de agua en el municipio de Pitalito, sino que también podría ser una estrategia efectiva para reducir la vulnerabilidad de la comunidad ante los impactos del cambio climático. El cambio climático está aumentando la frecuencia e intensidad de eventos climáticos extremos, como sequías e inundaciones, lo que puede afectar significativamente la disponibilidad de agua en la región. El uso del agua de lluvia, combinado con otras prácticas de conservación de agua, podría ayudar a aumentar la resiliencia de la comunidad ante estos eventos climáticos extremos.

Por otro lado, es necesario mencionar que el aprovechamiento del agua de lluvia también puede tener impactos positivos en la economía local y la generación de empleo. La implementación de sistemas de recolección de agua de lluvia puede crear oportunidades para el desarrollo de pequeñas y medianas empresas, como la fabricación y venta de tanques de almacenamiento de agua y la instalación de sistemas de recolección en los hogares y empresas locales. Esto podría contribuir a la generación de empleo y a la dinamización de la economía local, además de fomentar la innovación y el desarrollo tecnológico en el municipio.

A partir de esto la pregunta de investigación del presente proyecto es: ¿Cuál es el diseño óptimo para la recolección y conservación de agua de lluvia en instituciones educativas en regiones afectadas por la escasez de agua y el cambio climático?

## Justificación

La escasez de agua potable es un problema cada vez más grave y preocupante en todo el mundo. Según la Organización de las Naciones Unidas, más del 40% de la población mundial ya enfrenta escasez de agua y se espera que esta cifra aumente en las próximas décadas debido al crecimiento de la población, el cambio climático y la contaminación del agua. En muchas regiones, el acceso a agua potable es limitado y la calidad del agua disponible es deficiente, lo que representa una amenaza para la salud pública y el desarrollo económico. “Sustainable Development Goal 6: Clean water and sanitation.”

En este contexto, la captación de agua de lluvia se ha convertido en una alternativa cada vez más popular para garantizar el acceso a agua potable y mitigar la escasez de este recurso vital. Además, la captación de agua de lluvia puede reducir la dependencia de fuentes de agua subterránea y superficiales, que a menudo están sobreexplotadas o contaminadas. Gutiérrez, L. P. (2021).

En el ámbito educativo, la captación de agua de lluvia puede ofrecer múltiples beneficios. Por ejemplo, permite a las escuelas ahorrar dinero en la factura de agua, lo que a su vez puede invertirse en mejoras en la infraestructura escolar y en la educación de los estudiantes. Además, la captación de agua de lluvia puede proporcionar una fuente de agua alternativa para uso en actividades escolares y deportivas, en caso de que se interrumpa el suministro de agua potable.

Las instituciones educativas tienen la oportunidad de liderar el camino en la implementación de prácticas sostenibles para el manejo del agua y la reducción de la huella de carbono. Al adoptar un enfoque innovador y eficiente para la captación y uso del agua de lluvia, la institución educativa puede no sólo reducir su impacto ambiental, sino también fomentar una cultura de conservación y sostenibilidad entre los estudiantes.

Además, al involucrar a los estudiantes en el proceso de captación de agua de lluvia, se les brinda la oportunidad de aprender sobre la importancia del uso eficiente del agua y la necesidad de tomar medidas para enfrentar los desafíos del cambio climático. De esta manera, se fomenta la educación ambiental y se promueve una cultura de sostenibilidad que puede tener un impacto positivo en la comunidad escolar y en la sociedad en general.

## Objetivos

### Objetivo General

Analizar el contexto de la implementación de sistemas y tecnologías enfocadas en introducir sistemas de captación para aprovechar las lluvias como fuente alternativa de agua.

### Objetivos Específicos

Realizar el reconocimiento de la historia, evolución y tendencias en lo que respecta al aprovechamiento de las aguas lluvias desde el contexto global hasta el local, enfocándose en las experiencias en instituciones educativas.

Analizar las variables ambientales, ecológicas, físicas, climáticas, económicas, políticas y sociales involucradas en los procesos de aprovechamiento de agua lluvia, identificando buenas prácticas, barreras y desafíos.

Determinar las condiciones específicas y modelos más importantes en la implementación de procesos de acuerdo con los elementos teóricos y prácticos analizados.

## Metodología

### Determinación de Objetivos:

Los objetivos de esta monografía se establecieron mediante un proceso iterativo que comenzó con la identificación del tema general. Luego, se desglosaron en objetivos específicos a medida que se definía la estructura y el contenido de la investigación. Este enfoque aseguró que los objetivos estuvieran en concordancia con el alcance y los temas de la monografía.

### Proceso de Establecimiento de Objetivos:

Para describir la forma en que se establecieron estos objetivos de manera clara, se siguió el siguiente proceso:

1. **Identificación del Ámbito Temático:** En primer lugar, se realizó una identificación del tema central de la monografía, que se relaciona con el aprovechamiento de las aguas lluvias en instituciones educativas. Este paso sirvió como punto de partida para la formulación de los objetivos.
2. **Creación de una Estructura de Contenido:** Se procedió a elaborar una tabla que detallaba el contenido de la monografía, dividiéndola en secciones específicas. Cada sección representaba un aspecto relevante del tema a investigar.
3. **Objetivo General Integral:** A medida que se detallaba el contenido, se formuló un objetivo general que abarcara la totalidad de la investigación. Este objetivo general representó la misión principal de la monografía, el cual es "Analizar el contexto de la implementación de sistemas y tecnologías enfocadas en introducir sistemas de captación para aprovechar las lluvias como fuente alternativa de agua."

4. Desglose de Objetivos Específicos: Luego, se procedió a desglosar los aspectos más específicos que conformaban cada sección del contenido. Cada uno de estos aspectos se convirtió en un objetivo específico de la investigación. Estos objetivos fueron formulados de manera detallada, con un enfoque preciso en cada uno de los temas que se abordarían en la monografía.
5. Refinamiento Continuo: A medida que se avanzaba en la investigación y se recopilaba información adicional, se refinaron y ajustaron los objetivos específicos para asegurarse de que estuvieran alineados con los hallazgos y los temas emergentes.

#### Estructura de la Monografía:

La estructura de esta monografía fue diseñada de manera lógica y coherente, abordando cada aspecto relevante del tema del aprovechamiento de aguas lluvias en instituciones educativas de manera detallada y organizada. Esto permite a los lectores comprender la investigación de manera integral y seguir una secuencia lógica de información.

#### Descripción de Capítulos:

A continuación, se detalla cómo se establecieron y qué tipo de información se consultó y presentó en cada uno de los capítulos:

#### El Contexto Mundial (Páginas 23-26)

En este capítulo, se introdujo el tema general y se proporcionó una visión panorámica del aprovechamiento de aguas lluvias a nivel global, incluyendo su contexto histórico y su relación con la mitigación de inundaciones en zonas urbanas.

### Contexto Colombiano (Páginas 27-60)

Este capítulo se centró en el contexto nacional de Colombia, abordando tecnologías disponibles, acuerdos mundiales, programas educativos, legislación colombiana, demanda de agua y otros aspectos relacionados con el aprovechamiento de aguas lluvias en el país.

### Las Variables (Páginas 62-72)

Aquí se exploraron variables ambientales, económicas, políticas y sociales que influyen en los proyectos de aprovechamiento de aguas lluvias, detallando aspectos como la calidad del agua lluvia, condiciones climáticas y su relación con la calidad del aire.

### La Implementación (Páginas 73-87)

En este capítulo se destacó la colaboración interinstitucional, tecnologías de tratamiento, modelos de financiamiento, condiciones necesarias para implementar proyectos de aprovechamiento y se presentó un estudio de caso específico para ilustrar los beneficios económicos y la viabilidad de estos proyectos.

Las intenciones detrás del estudio del caso presentado sobre la Institución Educativa Montessori en el municipio de Pitalito, Departamento del Huila, se centran en demostrar los beneficios económicos, ambientales y sociales de la implementación de sistemas de aprovechamiento de aguas lluvias en instituciones educativas, promoviendo prácticas sostenibles y sirviendo como modelo inspirador para otras entidades interesadas en adoptar medidas similares.

## **El contexto mundial**

### **Contexto del Aprovechamiento del agua lluvia**

La recolección y uso de aguas lluvias es una práctica ancestral que se remonta a la antigüedad. En la época de la Grecia clásica, ya se recolectaba y almacenaba agua de lluvia para uso doméstico y agrícola. En Roma, se construyeron grandes cisternas para almacenar agua de lluvia, que se utilizaba para abastecer fuentes, termas y jardines. En Oriente Medio y Asia, el aprovechamiento de aguas lluvias se ha practicado durante siglos para irrigar cultivos y para el consumo humano y animal. (Ballén Suárez, Galarza García y Ortiz Mosquera, 2006).

A lo largo del tiempo, las técnicas y tecnologías de recolección y uso de aguas lluvias se han ido desarrollando y evolucionando. En la Edad Media, se construyeron sistemas de canales para recolectar y transportar el agua de lluvia, especialmente en zonas con climas secos y áridos. En la Revolución Industrial, se construyeron sistemas de recolección y almacenamiento de aguas lluvias para abastecer las fábricas y los barrios obreros. En la actualidad, existen diferentes sistemas para recolectar, almacenar y utilizar aguas lluvias, que van desde técnicas simples como la recolección de agua en barriles y tanques, hasta sistemas más complejos como el uso de tecnología avanzada de filtración y purificación. El aprovechamiento del agua de lluvia es una práctica que ha sido utilizada desde la antigüedad y que en la actualidad se está convirtiendo en una solución cada vez más importante para enfrentar la escasez de agua en todo el mundo. (Ballén Suárez, Galarza García y Ortiz Mosquera, 2006).

### **Contexto Continental**

Uno de los casos más destacados se encuentra en Brasil, donde la ciudad de Campina Grande ha implementado un sistema de recolección y tratamiento de aguas lluvias que ha permitido mejorar significativamente el acceso al agua potable en la región. El sistema incluye la



construcción de grandes cisternas para almacenar el agua de lluvia y su posterior tratamiento y distribución a la población local. Gracias a este sistema, se ha logrado reducir la dependencia de los recursos hídricos tradicionales y mejorar la calidad de vida de la población.

***Escuela Primaria Ecológica Guadalupana, México.*** Esta escuela en la ciudad de Guadalajara, México, implementó un sistema de recolección de agua de lluvia en su campus, que incluye una serie de tanques de almacenamiento y una red de tuberías. El agua recolectada se utiliza para el riego de los jardines y huertos escolares, así como para los servicios de baños y limpieza. La escuela ha logrado reducir su consumo de agua potable en un 50%. Jorge, B,Z (2009) .

***Escuela Nueva de la Fuerza Aérea, Chile.*** Esta escuela en la ciudad de Santiago de Chile, implementó un sistema de recolección de agua de lluvia en su campus, que incluye una serie de cisternas de almacenamiento y una red de tuberías. El agua recolectada se utiliza para los servicios de baños y limpieza. La escuela ha logrado reducir su consumo de agua potable en un 60%. Pérez Rodríguez, César Arturo (2019) Chile

***Colegio Santo Domingo, Ecuador.*** Este colegio en la ciudad de Quito, Ecuador, implementó un sistema de recolección de agua de lluvia en su campus, que incluye una serie de cisternas de almacenamiento y una red de tuberías. El agua recolectada se utiliza para el riego de los jardines y para los servicios de baños y limpieza. El colegio ha logrado reducir su consumo de agua potable en un 40%. Manual de Captación y aprovechamiento de Agua Lluvia: Experiencias en America Latina (2000)

***Escuela Secundaria Técnica N° 22, México.*** Esta escuela en la ciudad de León, México, implementó un sistema de recolección de agua de lluvia en su campus, que incluye una serie de

tanques de almacenamiento y una red de tuberías. El agua recolectada se utiliza para los servicios de baños, limpieza y riego de los jardines y huertos escolares. La escuela ha logrado reducir su consumo de agua potable en un 50%. Además, este proyecto ha sido parte de un programa educativo para enseñar a los estudiantes sobre la importancia de la conservación del agua y la responsabilidad ambiental. Gómez, J. (2016)

*Universidad del Valle de Guatemala.* Esta universidad en la ciudad de Guatemala, implementó un sistema de recolección de agua de lluvia en su campus, que incluye una serie de cisternas de almacenamiento y una red de tuberías. El agua recolectada se utiliza para el riego de los jardines, áreas verdes y campos deportivos. Además, la universidad ha desarrollado un programa educativo para enseñar a los estudiantes sobre la importancia del cuidado del agua y la implementación de tecnologías sostenibles. La universidad ha logrado reducir su consumo de agua potable en un 40%. Sánchez, A. (2012)

*Universidad Tecnológica Nacional, Argentina.* Esta universidad en la ciudad de Buenos Aires, implementó un sistema de recolección de agua de lluvia en su campus, que incluye una serie de tanques de almacenamiento y una red de tuberías. El agua recolectada se utiliza para el riego de los jardines, áreas verdes y campos deportivos. Además, la universidad ha desarrollado un programa educativo para enseñar a los estudiantes sobre la importancia del cuidado del agua y la implementación de tecnologías sostenibles. La universidad ha logrado reducir su consumo de agua potable en un 30%. Manual de Captación y aprovechamiento de Agua lluvia: Experiencias en America Latina (2000)

### **Aprovechamiento de aguas lluvias y mitigación de inundaciones en zonas urbanas**

El aprovechamiento de aguas lluvias puede desempeñar un papel importante en la mitigación de inundaciones y deslizamientos en zonas urbanas. Cuando las lluvias son intensas y

la cantidad de agua que cae supera la capacidad de los sistemas de drenaje convencionales, las aguas pluviales pueden acumularse en las calles y causar inundaciones en las áreas urbanas. Además, las áreas urbanas que tienen una gran cantidad de superficies impermeables, como el asfalto, pueden experimentar un mayor impacto debido a la escorrentía y la acumulación de agua en las áreas bajas. Galindo, A., Pérez, J. y Nájera, J. (2000).

El aprovechamiento de las aguas lluvias puede ayudar a reducir el volumen de agua que ingresa al sistema de drenaje y, por lo tanto, reducir el riesgo de inundaciones en las zonas urbanas. Al recolectar y utilizar el agua de lluvia en aplicaciones como el riego de jardines, la limpieza de pisos y la descarga de inodoros, se reduce el volumen de agua que fluye hacia el sistema de drenaje y se disminuye el riesgo de inundaciones.

Además, Según el estudio de Smith et al. (2017) el aprovechamiento de aguas lluvias también puede contribuir a la prevención de sequías. En muchas áreas urbanas, el consumo de agua potable puede ser alto durante los períodos de sequía, lo que puede ejercer una presión adicional sobre los recursos hídricos. Al utilizar el agua de lluvia recolectada, se reduce la cantidad de agua potable necesaria para estas aplicaciones, lo que puede reducir la demanda de agua potable y ayudar a preservar los recursos hídricos.

El aprovechamiento de aguas lluvias en zonas urbanas es fundamental para una gestión sostenible del agua. Esto disminuye el flujo hacia los sistemas de drenaje, alivia la demanda de agua potable en sequías y contribuye a prevenir inundaciones y escasez. Además, reduce la huella de carbono urbana al disminuir el transporte y el mantenimiento de costosas infraestructuras de tratamiento de aguas residuales.

## Contexto colombiano

### Contexto colombiano

En Colombia, la organización EPMAPS Quito ha desarrollado un proyecto de recolección y aprovechamiento de aguas lluvias en el 2015 para pequeñas comunidades rurales de la región de Quito. El proyecto incluye la construcción de sistemas de recolección de agua de lluvia en viviendas y edificios comunitarios, así como la capacitación de la población local en técnicas de gestión y uso eficiente del agua. Gracias a este proyecto, se ha logrado mejorar la disponibilidad de agua potable en la región y reducir la dependencia de los recursos hídricos tradicionales.

***Colegio Gimnasio Campestre, Colombia.*** El colegio implementó un sistema de recolección de agua de lluvia en su campus, que incluye una serie de cisternas de almacenamiento y una red de tuberías. El agua recolectada se utiliza para riego y para los sistemas de fontanería en los edificios. El colegio estima que ahorra alrededor de 300,000 litros de agua potable cada mes. Molina, L. y Rozo, J. (2006).

En Colombia, hay varias instituciones educativas que han implementado sistemas de aprovechamiento de aguas lluvias. Por ejemplo, la Universidad Autónoma de Occidente (UAO) ubicada en Cali ha apostado por un campus sostenible, en donde el 100% de las aguas residuales se tratan y el 30% se reutilizan para el riego de los jardines. La Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá también evaluó la viabilidad técnica y económica de utilizar agua lluvia como alternativa para el riego y el lavado de zonas duras del campus. (Torres et al. 2011).

***Universidad de los Andes.*** En la ciudad de Bogotá, la Universidad de los Andes implementó un sistema de recolección de agua de lluvia en el edificio de ingeniería civil. El agua recolectada se utiliza para el riego de jardines y áreas verdes. Además, la universidad ha

desarrollado una campaña de concientización sobre el cuidado del agua. Molina, L. y Rozo, J. (2006).

*Universidad Nacional de Colombia.* En la ciudad de pereira, la Universidad Nacional de Colombia ha implementado sistemas de aprovechamiento de agua lluvia en varios de sus edificios, los cuales se utilizan para el riego y para la limpieza de los espacios comunes. La universidad también ha desarrollado programas educativos para promover la sostenibilidad ambiental. Carvajal, J. (2016).

El proyecto de Yedith Marino en 2010, "Propuesta de diseño de un sistema de aprovechamiento de aguas lluvias para la descarga de sanitarios y orinales de la población estudiantil en las sedes Bolívar, Caldas y Santander de la Fundación Universitaria Los Libertadores", fue una evaluación para determinar la viabilidad de la implementación de sistemas de aprovechamiento de aguas lluvias en instituciones. Además, dos prototipos de viviendas sociales sostenibles llamados MIHOUSE y TUHOUSE fueron diseñados y construidos por estudiantes y profesores de la Universidad Autónoma de Occidente y la Universidad de San Buenaventura-Cali respectivamente, con sistemas de gestión integrada para el aprovechamiento de aguas lluvias. (Occidente y Universidad de San Buenaventura-Cali, 2015).

Muchas instituciones en Colombia han adoptado sistemas de aprovechamiento de aguas lluvias. Por ejemplo, el Ministerio de Ambiente de Colombia, la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM) y el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) han implementado una variedad de proyectos de aprovechamiento de aguas lluvias. Algunos ejemplos incluyen, el Sistema de Aprovechamiento de Aguas Pluviales implementado por el IDEAM en los municipios de Aguazul, Chita, El Carmen de Chucurí y Oiba. Los proyectos de aprovechamiento de aguas lluvias realizados en Colombia han sido muy

exitosos. Estos proyectos han contribuido a reducir la escasez de agua y mejorar la calidad del agua disponible para uso humano. Además, estos proyectos han mejorado considerablemente la infraestructura de los sectores de producción y agricultura, lo que ha contribuido a mejorar la calidad de vida de las comunidades locales. (Ministerio de Ambiente de Colombia, 2020).

Colombia cuenta con abundantes recursos hídricos y la mayor parte de la población accede a ellos a través de fuentes de agua superficiales como embalses, ríos, lagos y arroyos. Sin embargo, esto ha llevado a una falta de desarrollo de alternativas para el abastecimiento de agua, incluyendo el aprovechamiento del agua lluvia. Solo en algunas comunidades con problemas de acceso a agua potable se utilizan sistemas de aprovechamiento de agua lluvia, la mayoría de los cuales no están bien tecnificados y presentan problemas de calidad y eficiencia. A pesar de esto, hay algunos ejemplos de edificaciones institucionales o comerciales que han implementado diseños hidráulicos para el aprovechamiento de agua lluvia, como los almacenes comerciales Alkosto en Bogotá y Villavicencio, que utilizan grandes techos para captar y almacenar agua lluvia para su uso en la edificación, y la Universidad Nacional de Bogotá y el Instituto María Auxiliadora de Caldas, que utilizan sistemas de captación y almacenamiento de agua lluvia para su uso en descarga de inodoros, fuentes y espejos de agua y riego de jardines y limpieza de zonas comunes, respectivamente. En general, aunque aún hay mucho espacio para mejorar en el aprovechamiento del agua lluvia en Colombia, existen algunos ejemplos de instituciones y empresas que están haciendo uso de esta valiosa fuente de agua. (Ballén Suárez et al., 2006).

En Colombia, el aprovechamiento de las aguas lluvias como estrategia de gestión sostenible de recursos hídricos está siendo promovido por diversas instituciones a nivel nacional y local. El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible ha creado la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico y ha establecido un programa de promoción de prácticas

sostenibles de gestión de agua, en el cual se incluye el aprovechamiento de las aguas lluvias. Además, el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) tiene como una de sus líneas de investigación el aprovechamiento de las aguas lluvias en zonas urbanas y rurales. Martínez, M. C. (2021).

A nivel local, varias ciudades colombianas han implementado proyectos de aprovechamiento de aguas lluvias en instituciones educativas y en edificios públicos. Un ejemplo de ello es la ciudad de Bogotá, que ha desarrollado el Programa de Aprovechamiento de Aguas Lluvias en Instituciones Educativas, el cual busca reducir el consumo de agua potable en las escuelas y promover la cultura del cuidado del agua. En Medellín, la Empresa de Desarrollo Sostenible (EDS) ha promovido el uso de sistemas de recolección y almacenamiento de aguas lluvias en edificios públicos y privados, con el objetivo de reducir el impacto de las inundaciones en la ciudad. Romero, A. (2014)

Además, algunas universidades en Colombia han desarrollado proyectos de investigación en el campo del aprovechamiento de las aguas lluvias. La Universidad Nacional de Colombia ha llevado a cabo estudios sobre la implementación de sistemas de recolección y almacenamiento de agua de lluvia en edificios públicos y en viviendas, mientras que la Universidad del Norte ha implementado sistemas de recolección de agua de lluvia en algunos edificios de su campus universitario. Romero, A. (2014)

### **Tecnologías disponibles para la recolección y uso de aguas lluvias en el contexto colombiano.**

En Colombia, el agua lluvia es un recurso natural valioso que puede ser utilizado para diversos fines, como el abastecimiento de agua para uso doméstico, la irrigación de jardines y cultivos, y la conservación del agua en acuíferos. Sin embargo, el agua lluvia también puede ser

una fuente de contaminación si no se maneja de manera adecuada, por lo que es importante establecer normas y regulaciones para su aprovechamiento.

Para aprovechar el agua lluvia de manera eficiente y sostenible, se han desarrollado diferentes metodologías y tecnologías que permiten captar, almacenar, tratar y utilizar esta agua de manera segura y eficaz. Estas metodologías se basan en el cumplimiento de ciertos requisitos técnicos y administrativos, y en el uso de tecnologías y sistemas adecuados para garantizar la calidad y cantidad del agua lluvia que se aprovecha.

En Colombia, algunas de las tecnologías comúnmente usadas para el aprovechamiento de aguas lluvias incluyen:

- Techos verdes: esta tecnología consiste en cubrir la superficie de los techos con vegetación, lo que permite la absorción y retención de la lluvia. El agua recolectada puede ser utilizada para el riego de plantas o en otros usos no potables.
- Sistemas de recolección de agua en techos: esta tecnología consiste en la instalación de tuberías y canaletas en los techos para capturar la lluvia y dirigirla a un tanque de almacenamiento. El agua recolectada puede ser utilizada para diferentes usos, como el riego de jardines, la limpieza de pisos y baños, y la descarga de inodoros.
- Sistemas de recolección de agua en superficies pavimentadas: esta tecnología consiste en la instalación de tuberías y sumideros en superficies pavimentadas, como patios, parqueaderos y calles, para capturar la lluvia y dirigirla a un tanque de almacenamiento. El agua recolectada puede ser utilizada para diferentes usos, como el riego de jardines y la limpieza de pisos y baños.
- Tanques de almacenamiento: esta tecnología consiste en la instalación de tanques para almacenar el agua recolectada de los techos o de las superficies pavimentadas. Los



tanques pueden ser de diferentes tamaños y materiales, y deben estar diseñados para garantizar la calidad del agua almacenada.

Sistemas de filtración y decantación: son sistemas que se utilizan para eliminar las impurezas y contaminantes presentes en el agua lluvia. Pueden ser de diferentes tipos y tamaños, y deben cumplir con ciertos estándares de calidad para garantizar la seguridad del agua.

Algunos de los sistemas de filtración y decantación más comúnmente usados en Colombia son:

**Tabla 1**

*Sistemas de filtración y decantación de agua lluvia más usados en Colombia*

<b>Tipo de sistema</b>	<b>Descripción</b>	<b>Función</b>
Filtros de arena	<p>Los filtros de arena son sistemas de filtración de agua que utilizan un recipiente lleno de arena y gravilla para eliminar impurezas y partículas sólidas del agua. Estos filtros funcionan por la acción física de la arena y la gravilla, que retienen las partículas suspendidas en el agua y permiten que el agua limpia pase a través. Los filtros de arena son comúnmente utilizados en Colombia para tratar el agua lluvia y mejorar su calidad para su uso en la industria, la agricultura y la vida diaria.</p>	<p>Eliminar impurezas y partículas sólidas</p>

---

Filtros de carbón activado	Los filtros de carbón activado son sistemas de filtración de agua que utilizan un recipiente lleno de carbón activado para eliminar contaminantes orgánicos del agua. El carbón activado es un material poroso con una gran área de superficie que puede absorber y retener moléculas orgánicas en su estructura. Los filtros de carbón activado son efectivos para eliminar sustancias químicas orgánicas, como pesticidas y herbicidas, que pueden ser perjudiciales para la salud humana.	Eliminar contaminantes orgánicos
----------------------------	--	----------------------------------

---

Filtros de losa	Los filtros de losa son sistemas de filtración de agua similares a los filtros de arena, pero en lugar de utilizar un recipiente lleno de arena y gravilla, utilizan losa o piedra. Los filtros de losa son menos comunes que los filtros de arena, pero ofrecen una alternativa eficaz para la eliminación de partículas sólidas del agua.	Eliminar impurezas y partículas sólidas
-----------------	---	---

---

---

Decantadores	Los decantadores son sistemas de decantación de agua que permiten la separación de partículas sólidas y contaminantes del agua. Los decantadores funcionan por la acción de la gravedad, donde el agua se deja reposar en un recipiente y las partículas sólidas más pesadas y los contaminantes se sedimentan en el fondo. El agua limpia se puede drenar por la parte superior del recipiente. Los decantadores son utilizados para tratar agua lluvia en Colombia y son una forma eficaz de eliminar sólidos suspendidos del agua.	Separar partículas sólidas y contaminantes
--------------	---	--

---

Sistemas de desinfección	Los sistemas de desinfección son sistemas que utilizan diferentes métodos para eliminar patógenos y otros microorganismos del agua, como bacterias, virus y parásitos. Los métodos más comunes incluyen la cloración, la ozonificación y la irradiación UV. Los sistemas de desinfección son fundamentales para garantizar la calidad del agua potable y para prevenir enfermedades transmitidas por el agua.	Eliminar patógenos y microorganismos
--------------------------	---	--------------------------------------

---

Nota: La Tabla 1 proporciona una visión general de los sistemas de filtración y decantación de agua de lluvia más comúnmente utilizados en Colombia, destacando sus componentes clave y funciones. Esta información es valiosa para la selección y diseño adecuado de sistemas de gestión

de agua de lluvia, considerando las necesidades específicas y los objetivos de calidad del agua en diferentes aplicaciones.

Algunos de los sistemas de desinfección más comúnmente usados en Colombia son:

**Tabla 2**

*Sistemas de desinfección más comúnmente usados en Colombia*

<b>Sistema de desinfección</b>	<b>Descripción</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Cloro	Se agrega cloro al agua lluvia para matar los patógenos y otros microorganismos	Económico, fácil de usar	Puede dejar sabor y olor en el agua, puede ser corrosivo si se usa en altas concentraciones
Ozono	Se agrega ozono al agua lluvia para matar los patógenos y otros microorganismos	Más eficiente y rápido que la desinfección con cloro, no deja residuos en el agua	Requiere equipos especiales para la generación de ozono, puede ser costoso

---

Luz ultravioleta	Se utiliza la luz ultravioleta para matar los patógenos y otros microorganismos presentes en el agua	No deja residuos en el agua, no altera el sabor ni el olor del agua	Requiere una fuente de energía eléctrica para su funcionamiento, no es efectivo contra ciertos microorganismos como los protozoos
------------------	--	---	---

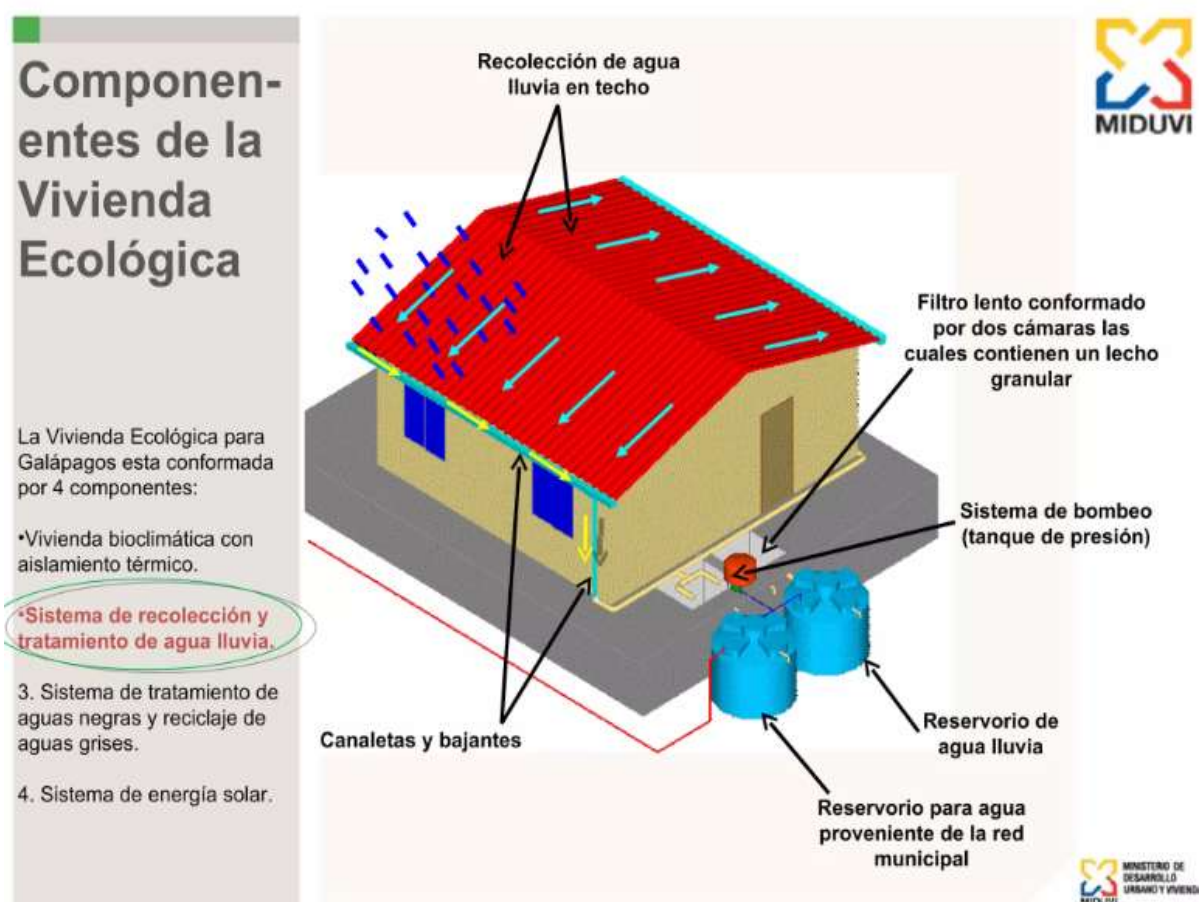
---

Nota: La tabla compara los sistemas de desinfección más comunes en Colombia: Cloro, Ozono y Luz Ultravioleta, destacando sus ventajas y desventajas. Esto puede servir de guía para la selección del método más adecuado, considerando la eficacia, seguridad y aspectos ambientales.

En general, la implementación de tecnologías de recolección y uso de aguas lluvias en Colombia aún se encuentra en etapas tempranas, y hay una gran oportunidad para su desarrollo y expansión. Sin embargo, existen iniciativas y proyectos en diferentes ciudades del país que han logrado implementar con éxito estas tecnologías y obtener importantes beneficios en términos de ahorro de agua y sostenibilidad ambiental.

Figura 1

Plan piloto de viviendas ecológicas en la provincia de Galápagos



Fuente. Mena, 2015

Figura 2

*Plan piloto de viviendas ecológicas en la provincia de Galápagos*



*Fuente. Mena, 2015*

### **Panorama de los acuerdos mundiales para la gestión sostenible de los recursos hídricos**

Se presenta una revisión de los diferentes acuerdos y objetivos internacionales en los que se promueve el aprovechamiento del agua:

**Protocolo de Kioto.** Este acuerdo internacional, adoptado en 1997, tiene como objetivo reducir las emisiones de gases de efecto invernadero para combatir el cambio climático. Aunque no se centra directamente en el aprovechamiento del agua, sí tiene un impacto indirecto al

fomentar el uso de tecnologías más limpias y sostenibles en la industria, lo que puede reducir el consumo de agua y minimizar la contaminación de los recursos hídricos.

***Acuerdo de París.*** Este acuerdo, adoptado en 2015, tiene como objetivo limitar el aumento de la temperatura global a menos de 2 grados Celsius por encima de los niveles preindustriales. Al igual que en el caso del Protocolo de Kioto, el Acuerdo de París no se centra directamente en el aprovechamiento del agua, pero fomenta la adopción de tecnologías sostenibles y la reducción de la contaminación, lo que puede tener un impacto positivo en la gestión del agua.

***Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible.*** Esta agenda, adoptada por las Naciones Unidas en 2015, establece 17 objetivos de desarrollo sostenible (ODS) que deben alcanzarse para el año 2030. El sexto objetivo de desarrollo sostenible es garantizar la disponibilidad y gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos. En el marco de este objetivo, se promueve el uso eficiente y sostenible de los recursos hídricos, lo que incluye el aprovechamiento de las aguas lluvias.

***Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (Cumbre de la Tierra de Río de Janeiro).*** Esta cumbre, celebrada en 1992, adoptó la Agenda 21, un plan de acción para el desarrollo sostenible en el siglo XXI. La Agenda 21 reconoce la importancia de la gestión integrada de los recursos hídricos y promueve el uso sostenible de los recursos hídricos, incluyendo el aprovechamiento de las aguas lluvias.

***La Convención sobre los Humedales de Importancia Internacional.*** también conocida como la Convención de Ramsar, es un tratado intergubernamental que se firmó en 1971. Su objetivo es la conservación y el uso sostenible de los humedales y sus recursos hídricos,



incluyendo la promoción del uso de tecnologías sostenibles, como la recolección de agua de lluvia.

*El Acuerdo de Escazú.* adoptado en 2018, es un tratado regional que tiene como objetivo garantizar el acceso a la información, la participación y la justicia en asuntos ambientales en América Latina y el Caribe. Este acuerdo reconoce la importancia del agua y los recursos hídricos para el desarrollo sostenible y promueve su uso sostenible, incluyendo la recolección de agua de lluvia.

*El Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030.* adoptado en 2015, es un acuerdo internacional que busca reducir el riesgo de desastres y promover la resiliencia ante eventos extremos, como inundaciones y sequías. Este acuerdo reconoce la importancia del agua y la necesidad de implementar tecnologías sostenibles, como la recolección de agua de lluvia, para reducir el impacto de estos eventos en las comunidades vulnerables.

Estos acuerdos y tratados internacionales demuestran la importancia del uso sostenible de los recursos hídricos, incluyendo la recolección de agua de lluvia, como parte fundamental de un enfoque integral de desarrollo sostenible. Estos acuerdos fomentan la adopción de tecnologías sostenibles y la reducción de la contaminación, lo que puede tener un impacto positivo en la gestión del agua.

### **Programas educativos para fomentar la conciencia y cultura del uso eficiente del agua lluvia.**

Algunos programas educativos que fomentan la conciencia y cultura del uso eficiente del agua lluvia en diferentes países:

***Programa "Educando en Verde" en México.*** Este programa está enfocado en fomentar la educación ambiental y el uso responsable del agua en las escuelas de nivel básico y medio superior. A través de diversas actividades y materiales didácticos, se enseña a los estudiantes sobre el ciclo del agua, la importancia del aprovechamiento del agua lluvia y otras técnicas de conservación del agua.

***"Eco-Schools" en Reino Unido.*** Este programa tiene como objetivo fomentar la sostenibilidad y la educación ambiental en las escuelas a nivel mundial. Entre los temas que aborda se encuentra el uso eficiente del agua y el aprovechamiento del agua lluvia. Las escuelas participantes reciben una certificación internacional y pueden acceder a recursos y herramientas para implementar proyectos sostenibles.

***"Water Explorer" en Sudáfrica.*** Este programa educativo se enfoca en fomentar la conciencia sobre el agua y promover prácticas sostenibles en el uso del agua en las escuelas. Entre los temas que aborda se encuentra el aprovechamiento del agua lluvia, el riego eficiente y la conservación del agua en el hogar. Los estudiantes participantes pueden ganar premios y reconocimientos por sus proyectos sostenibles.

***"Rainwater Harvesting Project" en India.*** Este programa educativo se enfoca en enseñar a los estudiantes sobre el aprovechamiento del agua lluvia y la importancia de la conservación del agua. A través de charlas, talleres y actividades prácticas, se fomenta el uso eficiente del agua en las escuelas y comunidades locales.

***"Water Smart" en Australia.*** Este programa educativo está enfocado en enseñar a los niños sobre el uso eficiente del agua y el aprovechamiento del agua lluvia. Los estudiantes

aprenden sobre la importancia del agua y cómo pueden contribuir a la conservación de este recurso a través de prácticas sostenibles en el hogar y la escuela.

Así mismo es posible relacionar programas educativos en Colombia enfocados en el uso eficiente del agua lluvia:

***Programa de educación ambiental del Acueducto de Bogotá.*** Este programa busca sensibilizar a los estudiantes de colegios y universidades de Bogotá sobre el uso eficiente del agua y la importancia del aprovechamiento de las aguas lluvias. Además, se realizan visitas guiadas a la Planta de Tratamiento de Agua Potable y a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales. Molina, L. y Rozo, J. (2006).

***Programa Escuela Ciudadana del Agua en Cali.*** Este programa busca fomentar el uso eficiente del agua a través de la educación ambiental en las escuelas de Cali. Los estudiantes aprenden sobre la importancia del agua, su ciclo natural y la necesidad de su cuidado. También se realizan actividades prácticas, como la instalación de sistemas de recolección de aguas lluvias en las escuelas. Mira, D. y López, J. (2011).

***Programa de Educación Ambiental del Acueducto de Medellín.*** Este programa busca sensibilizar a la población de Medellín sobre la importancia del agua y su uso eficiente. Se realizan charlas y talleres en escuelas y universidades, y se promueve la instalación de sistemas de recolección de agua lluvia en hogares y empresas. Giraldo, A. (2010)

Programa de educación ambiental de la Corporación Autónoma Regional del Atlántico (CRA): Este programa busca fomentar la cultura del cuidado del agua y el uso eficiente de los recursos hídricos en el departamento del Atlántico. Se realizan charlas y talleres en escuelas y

universidades, y se promueve la instalación de sistemas de recolección de agua lluvia en hogares y empresas. Montenegro, L. (2010).

La "Guía para la Implementación de Estrategias de Sostenibilidad en Diseño y Construcción de Colegios Nuevos de Jornada Única en Colombia" podría ser un recurso muy valioso para el desarrollo de programas educativos sobre el uso eficiente del agua lluvia en colegios e instituciones educativas. La guía fue desarrollada por el Ministerio de Educación Nacional de Colombia, en colaboración con el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y el Fondo Adaptación, con el objetivo de proporcionar herramientas y estrategias para la construcción de colegios sostenibles en el marco del programa de Jornada Única en Colombia. Ministerio de Educación Nacional (2017)

En la guía, se incluyen recomendaciones para la gestión eficiente del agua, incluyendo el aprovechamiento de aguas lluvia a través de sistemas de recolección y almacenamiento, así como prácticas de educación ambiental para fomentar la cultura del uso eficiente del agua en el ámbito escolar.

De esta forma, la guía no solo se enfoca en la construcción sostenible, sino también en la educación para la sostenibilidad y el desarrollo de prácticas responsables en el uso del agua y otros recursos naturales.

La "Guía metodológica para la implementación de sistemas de recolección de agua lluvia en instituciones educativas". Este documento fue desarrollado por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia y la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca. Proporciona una guía práctica para la implementación de sistemas de recolección de agua lluvia

en instituciones educativas, con el objetivo de fomentar la cultura del uso eficiente del agua. Ministerio de Educación Nacional (2017).

El "Programa Nacional de Educación Ambiental para la Gestión Integral del Recurso Hídrico" - Este es un programa del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia, que tiene como objetivo fomentar la educación y la conciencia ambiental en relación al recurso hídrico. Si bien no se enfoca específicamente en el uso eficiente del agua lluvia, puede ser útil en el contexto de una educación ambiental integral. Ministerio de Educación Nacional (2017).

"Manual de Buenas Prácticas Ambientales para el Uso Eficiente y Ahorro del Agua en la Educación Básica y Media" - Este manual fue desarrollado por la Fundación Natura y el Ministerio de Educación Nacional de Colombia. Proporciona una serie de recomendaciones y buenas prácticas para el uso eficiente y el ahorro del agua en instituciones educativas de educación básica y media. Incluye información sobre el uso de agua lluvia y otros temas relacionados. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2020).

### **Legislación colombiana sobre el uso del agua de lluvia**

La Ley General de Colombia define el cambio climático como “cualquier cambio en los patrones climáticos a largo plazo, causados por procesos naturales internos o influencias externas. Estos cambios pueden incluir variaciones del promedio o características de sus propiedades que se pueden detectar con pruebas estadísticas. El ciclo solar, actividad volcánica, modulación antropogénica en la composición atmosférica y uso de la tierra son algunos factores externos que pueden generar cambios en el clima. Estos cambios pueden tener afectar extremos meteorológicos y fenómenos hidro climáticos, cuyas características, como frecuencia e intensidad, suelen variar en su comportamiento espacial y ciclo anual” (Congreso de Colombia, 2018).

Las principales leyes colombianas involucradas en el uso del agua lluvia para baños, limpieza de pisos y jardinería son:

**Tabla 3**

*Resumen de la Legislación colombiana sobre el uso del agua de lluvia*

Ley/Decreto/Norma	Descripción
Decreto 903 de 1988	Establece las normas técnicas para el diseño, construcción y operación de sistemas de aprovechamiento de agua lluvia en edificaciones.
Ley 99 de 1993	Establece los principios y criterios para la administración y uso del agua en Colombia, incluyendo el uso del agua de lluvia.
Ley 373 de 1997	Establece la obligación de los entes territoriales de elaborar planes de ordenamiento ambiental que consideren la gestión integral del agua.
Decreto 1575 de 2007	Establece un sistema de control y protección de la calidad del agua para monitorear, prevenir y controlar los riesgos para la salud humana, exceptuando el agua embotellada.

---

Decreto 1390 de 2008 Obliga a las autoridades locales a promover el uso del agua lluvia para fines domésticos y de jardinería, y fomentar la instalación de sistemas de aprovechamiento de agua lluvia en edificaciones públicas y privadas.

---

Decreto 2820 de 2010 Establece medidas para el uso sostenible del agua lluvia en el ámbito rural, incluyendo directrices para el diseño de infraestructura hídrica integrada y el manejo de residuos.

---

Decreto 3930 de 2010 Establece límites de calidad del agua para su uso en diferentes actividades, incluyendo el uso doméstico y en jardinería.

---

Decreto 1076 de 2015 Compila las normas ambientales en Colombia y establece disposiciones relacionadas con el uso del agua, incluyendo el uso del agua de lluvia.

---

Decreto 1090 de 2018 Se aplica a autoridades ambientales, usuarios solicitantes de concesiones de agua y entidades territoriales responsables de implementar planes y proyectos orientados al uso eficiente de los recursos hídricos.

---

---

Norma NTC 5507      Establece los requisitos mínimos para el diseño e instalación de sistemas de recolección, almacenamiento y aprovechamiento de agua lluvia para usos no potables en edificaciones.

---

Norma NTC 5643      Establece los requisitos para la implementación de un programa de mantenimiento preventivo para sistemas de aprovechamiento de agua lluvia.

---

Nota: En resumen, estas leyes colombianas establecen las normas y regulaciones para el aprovechamiento del agua lluvia en actividades como baños, limpieza de pisos y jardinería. Establecen los requisitos técnicos y administrativos para la instalación y uso de sistemas de aprovechamiento de agua lluvia, y fomentan su uso en edificaciones públicas y privadas. También establecen las responsabilidades de las autoridades y de los usuarios en el cumplimiento.

Hay una serie de restricciones y requisitos específicos asociados con el aprovechamiento de aguas lluvias para diferentes actividades cotidianas, Por ejemplo, los sistemas de aprovechamiento deben cumplir con ciertas normas técnicas y de calidad de agua, como la norma NTC 547 de 2017 que establece los parámetros médicos relacionados con la calidad del agua. También hay normas que regulan la ubicación y funcionamiento de los sistemas de almacenamiento, así como regulaciones sobre la conservación y protección del medio ambiente.

### **La demanda de agua en el contexto colombiano**

Según un estudio realizado por la Universidad Nacional de Colombia en 2014, la demanda de agua en una escuela primaria con 400 estudiantes y 20 profesores puede oscilar entre



17 y 23 m<sup>3</sup>/mes, dependiendo de las actividades que se realicen en la institución. Rodríguez, A. R., Pérez, D. P., & Cervantes, A. L. (2019).

En un informe de la Secretaría de Educación de la Ciudad de México se estima que la demanda de agua en una escuela primaria es de aproximadamente 15 m<sup>3</sup>/mes por cada 100 estudiantes y 5 m<sup>3</sup>/mes por cada 10 profesores. Alvarado, R. M. (2016)

Un estudio realizado por el Ministerio de Educación de Chile en 2018 encontró que la demanda de agua en escuelas primarias y secundarias oscila entre 20 y 60 Litros (L) por estudiante al día, dependiendo de factores como la cantidad de servicios higiénicos, la frecuencia de uso y las prácticas de conservación del agua en la institución. Pérez Rodríguez, César Arturo (2019) Chile.

En Estados Unidos, la Agencia de Protección Ambiental en el 2020 estima que la demanda de agua en escuelas primarias y secundarias es de aproximadamente 22 L por estudiante al día.

La Asociación Nacional de Protección contra Incendios en Estados Unidos recomienda que las escuelas tengan una reserva de agua de al menos 4,500 L para satisfacer las necesidades de extinción de incendios.

Es importante tener en cuenta que estas cifras son aproximadas y pueden variar dependiendo de factores como el tamaño de la institución, las prácticas de conservación de agua implementadas y las actividades realizadas en la institución.

*Cifras de aprovechamiento de agua en el contexto colombiano y regional*

Según el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), en Colombia se aprovecha solo el 2% del agua de lluvia, mientras que el 98% restante se pierde por escorrentía y evapotranspiración.

Según el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia, el país cuenta con un potencial de 26.000 millones de metros cúbicos de agua de lluvia al año, de los cuales solo se aprovechan alrededor de 380 millones de metros cúbicos, principalmente en el sector agropecuario y en algunas industrias. IDEAM 2021

En el departamento del Huila, según el Plan Departamental de Aguas del Huila 2015-2025, se estima que anualmente caen alrededor de 4.545 millones de metros cúbicos de agua de lluvia, de los cuales se aprovechan solamente cerca de 16 millones de metros cúbicos, principalmente en actividades agrícolas y pecuarias. Alarcón, D. (2015). Ruta de cambio 2030

En la ciudad de Neiva, capital del departamento del Huila, se han implementado algunas iniciativas de aprovechamiento de agua de lluvia en instituciones educativas y edificios públicos, como el Colegio Liceo Santander, que cuenta con un sistema de recolección y almacenamiento de agua de lluvia para su uso en baños y lavandería. También se han instalado sistemas similares en la Alcaldía de Neiva y en la Universidad Sur colombiana. Alarcón, D. (2015).

Según un estudio de "facultad de ciencias ambientales de la universidad tecnológica de Pereira, Colombia" se presentan cifras sobre la demanda de agua en centros educativos colombianos. El estudio estima que la demanda de agua en centros educativos puede variar entre 4 y 8 litros por estudiante por día, dependiendo del nivel educativo y la ubicación geográfica de la institución. Además, el estudio también señala que la mayoría de los centros educativos

colombianos no cuentan con sistemas adecuados para el manejo y tratamiento de aguas residuales. Carvajal, J. (2016).

En la actualidad, Colombia se encuentra en una situación crítica en términos de disponibilidad de agua. A pesar de que el país cuenta con importantes recursos hídricos, la distribución desigual de la lluvia y la sobreexplotación de los acuíferos y las cuencas han llevado a que muchas regiones sufran de escasez hídrica. Además, la contaminación y la degradación de los cuerpos de agua también son un problema que amenaza la seguridad hídrica de la población y los ecosistemas.

En este contexto, el aprovechamiento de aguas lluvias se presenta como una alternativa sostenible y eficiente para la gestión del agua. Esta práctica consiste en recolectar, almacenar y utilizar el agua de lluvia para diversos fines, como el riego de cultivos, la limpieza de superficies, la descarga de inodoros y la recarga de acuíferos. Al hacerlo, se reduce la demanda de agua potable y se disminuye la carga sobre los sistemas de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales.

Aunque existen iniciativas de aprovechamiento de aguas lluvias en algunas regiones de Colombia, aún queda mucho por hacer para promover su uso en la sociedad colombiana en general. Es necesario fomentar y fortalecer las prácticas de aprovechamiento de aguas lluvias a través de políticas y programas que incentiven su implementación y uso responsable. Esto podría incluir incentivos fiscales, financiamiento para la implementación de sistemas de captación y almacenamiento, y la promoción de normas técnicas que faciliten su uso. Carvajal, J. (2016).

Además, la educación y la sensibilización son fundamentales para promover el uso responsable y eficiente del agua lluvia. Las instituciones educativas y las organizaciones civiles

pueden jugar un papel importante en la promoción de prácticas de aprovechamiento de aguas lluvias, así como en la difusión de información y conocimientos sobre el tema.

El aprovechamiento de aguas lluvias puede contribuir significativamente a la gestión y conservación del agua en Colombia. Sin embargo, es necesario continuar promoviendo su uso y estableciendo políticas y programas que incentiven su implementación y uso responsable. La implementación de prácticas de aprovechamiento de aguas lluvias no solo contribuirá a garantizar la seguridad hídrica de la población y los ecosistemas, sino que también serán una herramienta importante para enfrentar los desafíos del cambio climático y la sostenibilidad del país en general. Carvajal, J. (2016).

### **Monitoreo y mantenimiento de sistemas de agua lluvia en instituciones educativas**

El monitoreo y mantenimiento de los sistemas de recolección y almacenamiento de agua lluvia en instituciones educativas es de suma importancia. Estos sistemas permiten que las instituciones puedan aprovechar el agua de lluvia para diferentes usos, como la irrigación de jardines, la limpieza de áreas comunes y la descarga de inodoros.

Sin embargo, para garantizar un uso adecuado del agua recolectada, es esencial que estos sistemas sean monitoreados y mantenidos regularmente. El monitoreo consiste en verificar periódicamente el funcionamiento de los diferentes componentes del sistema, como las tuberías, los filtros y los tanques de almacenamiento, para asegurarse de que están funcionando correctamente y detectar cualquier problema a tiempo. Camargo, D. A., Díaz, L. F., & Pino, L. E. (2018)

Por otro lado, el mantenimiento implica la realización de actividades como la limpieza de los tanques de almacenamiento para evitar la acumulación de sedimentos y la proliferación de

microorganismos, eliminación de obstrucciones en las tuberías y los filtros. Además, es importante realizar un mantenimiento preventivo para prevenir problemas futuros y garantizar un funcionamiento óptimo del sistema. Camargo, D. A., Díaz, L. F., & Pino, L. E. (2018)

Un sistema de recolección y almacenamiento de agua lluvia bien monitoreado y mantenido puede proporcionar una fuente de agua alternativa y sostenible para las instituciones educativas, lo que puede reducir su dependencia del agua potable y contribuir a la conservación del agua. Además, puede generar ahorros significativos en los costos de agua y reducir la huella hídrica de la institución, lo que puede ser beneficioso desde una perspectiva ambiental y económica. Chávez, M. (2015)

En conclusión, el monitoreo y mantenimiento regular de los sistemas de recolección y almacenamiento de agua lluvia en instituciones educativas es crucial para garantizar su correcto funcionamiento y maximizar sus beneficios en términos de conservación de agua y reducción de costos. se deben implementar prácticas efectivas de monitoreo y mantenimiento para garantizar que estos sistemas sean una fuente confiable y sostenible de agua para las instituciones educativas como los siguientes: Chávez, M. (2015)

1. Inspección regular del sistema: Se recomienda realizar inspecciones periódicas del sistema de recolección y almacenamiento de agua lluvia para detectar cualquier problema o malfuncionamiento. Durante estas inspecciones, se debe revisar la calidad del agua, el estado de los tanques de almacenamiento, las tuberías, las conexiones y cualquier otro componente del sistema.
2. Limpieza de los componentes: Es importante limpiar regularmente los componentes del sistema de recolección y almacenamiento de agua lluvia, especialmente

los canales de recolección y las tuberías, para prevenir la acumulación de sedimentos, la proliferación de microorganismos y la obstrucción del flujo de agua.

3. Control de calidad del agua: Para garantizar la seguridad del agua recolectada, se debe realizar un análisis regular de la calidad del agua. Se pueden tomar muestras de agua y analizarlas en un laboratorio para detectar cualquier contaminación o impureza que pueda afectar la calidad del agua.

4. Reparación y mantenimiento: Es importante reparar cualquier problema o mal funcionamiento del sistema de recolección y almacenamiento de agua lluvia tan pronto como se detecte. Esto incluye la reparación de fugas, roturas y cualquier otro tipo de daño. Además, es recomendable realizar mantenimiento preventivo en los componentes del sistema, como la limpieza y el cambio de filtros.

5. Capacitación y educación: Es importante capacitar a los usuarios del sistema sobre el monitoreo y mantenimiento adecuado del sistema de recolección y almacenamiento de agua lluvia. Esto incluye la educación sobre la importancia de la limpieza, el control de calidad del agua y la detección temprana de problemas.

6. Registro de actividades: Es fundamental llevar un registro de las actividades de monitoreo y mantenimiento realizadas en el sistema de recolección y almacenamiento de agua lluvia. Esto permitirá realizar un seguimiento de las acciones realizadas y tomar decisiones informadas en caso de que surjan problemas.

La implementación de estas prácticas efectivas de monitoreo y mantenimiento garantizará que los sistemas de recolección y almacenamiento de agua lluvia en las instituciones educativas sean una fuente confiable y sostenible de agua, lo que a su vez contribuirá a la gestión y conservación del agua.

## **Relación de proyectos existentes en Colombia y en el departamento del Huila**

La propuesta de un sistema de aprovechamiento de agua lluvia en la Institución Educativa María Auxiliadora de Caldas, Antioquia tiene como objetivo implementar un sistema de recolección y almacenamiento de agua lluvia para reducir el consumo de agua potable. El proyecto incluye la instalación de techos verdes y la construcción de un tanque de almacenamiento para el agua recolectada. Además, se contempla la capacitación y sensibilización de la comunidad educativa en el uso eficiente del agua. La implementación de este sistema de aprovechamiento de agua lluvia permitiría un ahorro significativo de agua potable y reduciría la carga sobre los recursos hídricos de la región. Giraldo, A. (2010)

***Proyecto "Huella de Agua" de la Universidad de Nariño.*** Este proyecto tiene como objetivo la implementación de sistemas de recolección y almacenamiento de agua lluvia en las instituciones educativas de la región. El proyecto incluye capacitación en el uso y mantenimiento de estos sistemas, así como la sensibilización de la comunidad educativa sobre el uso eficiente del agua.

***Proyecto "Agua en la Escuela" de la Fundación Saldarriaga Concha.*** Este proyecto busca mejorar el acceso al agua potable en las instituciones educativas de zonas rurales y urbanas marginadas de Colombia. El proyecto incluye la construcción de sistemas de recolección y almacenamiento de agua lluvia, así como la capacitación en el uso y mantenimiento de estos sistemas.

***Proyecto "Aprovechamiento de Aguas Lluvias en las Instituciones Educativas de Neiva" de la Alcaldía de Neiva.*** Este proyecto tiene como objetivo implementar sistemas de recolección y almacenamiento de agua lluvia en las instituciones educativas de la ciudad de

Neiva. El proyecto incluye la capacitación en el uso y mantenimiento de estos sistemas, así como la promoción del uso eficiente del agua entre la comunidad educativa. Alarcón, D. (2015).

***Proyecto de la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM) en el Huila.*** La CAM ha implementado varios proyectos de aprovechamiento de aguas lluvias en instituciones educativas del Huila. En uno de estos proyectos, se instalaron sistemas de captación y almacenamiento de agua lluvia en seis instituciones educativas de la zona rural de Pitalito, con el objetivo de reducir el consumo de agua potable y mejorar las condiciones de vida de la comunidad.

***Proyecto "Aprovechamiento de aguas lluvias para el desarrollo sostenible" en Colombia.*** Este proyecto, liderado por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), tiene como objetivo fomentar el aprovechamiento de aguas lluvias en diferentes sectores de la sociedad colombiana, incluyendo instituciones educativas. Se han desarrollado diferentes estrategias de sensibilización y capacitación, así como la implementación de sistemas de captación y almacenamiento de agua lluvia en varias regiones del país.

***Proyecto "Educación Ambiental para el uso sostenible del agua" en Colombia.*** Este proyecto, liderado por la Fundación Alma, tiene como objetivo fomentar la educación ambiental y el uso sostenible del agua en diferentes sectores de la sociedad colombiana, incluyendo instituciones educativas. Se han desarrollado diferentes estrategias de sensibilización y capacitación, así como la implementación de sistemas de captación y almacenamiento de agua lluvia en varias regiones del país.

***Proyecto "Cosecha de agua para la vida" en Colombia.*** Este proyecto, liderado por la Fundación ACUA creada en el 2007, tiene como objetivo fomentar el aprovechamiento de aguas



lluvias en diferentes sectores de la sociedad colombiana es importante mencionar que este proyecto también ha trabajado en la implementación de sistemas de recolección y almacenamiento de agua lluvia en instituciones educativas, tanto en zonas urbanas como rurales. Además, se han realizado actividades de capacitación y sensibilización con estudiantes y docentes sobre el uso responsable y eficiente del agua.

Otro proyecto relevante en Colombia es el "Programa de Aprovechamiento de Aguas Lluvias para Fines Productivos" liderado por la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR). Este programa busca promover el uso de aguas lluvias para el riego de cultivos y otros usos productivos en zonas rurales del departamento de Cundinamarca. Aunque no está dirigido específicamente a instituciones educativas, el programa incluye actividades de capacitación y sensibilización sobre el uso eficiente del agua para toda la comunidad.

En cuanto a proyectos en el Huila, se destaca la iniciativa liderada por la Universidad Surcolombiana en la ciudad de Neiva, denominada "Proyecto de Investigación de Aprovechamiento de Aguas Lluvias en la Institución Educativa María Auxiliadora". Este proyecto busca implementar un sistema de recolección y almacenamiento de agua lluvia en la institución educativa para su uso en actividades cotidianas, así como para el riego de huertas escolares. Además, se realizarán actividades de sensibilización y capacitación con estudiantes y docentes sobre el uso responsable del agua y el cuidado del medio ambiente.

### **Justificación del aprovechamiento de aguas lluvias**

El aprovechamiento de aguas lluvias en infraestructuras grandes y de alto flujo de personas es un proceso más eficiente por varias razones:

Mayor volumen de agua: En este tipo de infraestructuras, se genera una mayor cantidad de agua de lluvia debido a la superficie de los techos y las áreas pavimentadas. Por lo tanto, el volumen de agua recolectada puede ser mayor en comparación con infraestructuras más pequeñas.

Mayor demanda de agua: En edificios con alto flujo de personas y alto consumo de agua, como universidades, hospitales o centros comerciales, el uso del agua es significativo y constante. El aprovechamiento de aguas lluvias puede ayudar a reducir la demanda de agua potable, especialmente en áreas donde el suministro de agua es limitado o donde los costos del agua potable son altos.

Reducción de la escorrentía: En infraestructuras grandes, la escorrentía superficial de agua de lluvia puede ser un problema. Si no se controla adecuadamente, puede causar inundaciones y erosión del suelo. Al recolectar y almacenar el agua de lluvia, se reduce la cantidad de escorrentía y, por lo tanto, se minimiza el impacto ambiental.

Costos de infraestructura: Aunque la instalación de sistemas de recolección y almacenamiento de agua de lluvia puede requerir una inversión inicial significativa, el costo por unidad de volumen recolectado se reduce a medida que aumenta el tamaño de la infraestructura. Por lo tanto, en infraestructuras grandes, el costo por unidad de agua recolectada puede ser mucho menor que en edificios pequeños.

El aprovechamiento de aguas lluvias es un proceso más eficiente en infraestructuras grandes y de alto flujo de personas debido al mayor volumen de agua recolectada, la mayor demanda de agua, la reducción de la escorrentía y los costos de infraestructura más bajos por unidad de agua recolectada.

### **Aprovechamiento de aguas lluvias en zonas rurales con baja densidad poblacional**

Implementar proyectos de aprovechamiento de aguas lluvias en zonas rurales con baja densidad poblacional es una oportunidad importante para mejorar la gestión de recursos hídricos en estas áreas y para aumentar el acceso al agua potable en zonas donde a menudo es escasa o de baja calidad. Camacho, A. G., Campos, E. M. E., y Yáñez, F. G. (2019).

A continuación, se presentan algunas posibilidades y consideraciones a tener en cuenta para implementar proyectos de aprovechamiento de aguas lluvias en zonas rurales con baja densidad poblacional: Gutiérrez, L. P. (2021)

**Identificación de áreas adecuadas:** Es importante identificar áreas donde la precipitación pluvial sea suficiente para cubrir las necesidades de agua y donde la topografía y el suelo sean adecuados para la construcción de infraestructuras de recolección y almacenamiento de agua lluvia.

**Diseño de sistemas adecuados:** Es necesario diseñar sistemas de recolección y almacenamiento de agua lluvia que se adapten a las necesidades de la comunidad y a las características de la zona. En las zonas rurales, los sistemas de recolección pueden incluir techos de viviendas, estructuras de invernaderos o canales para recolectar agua de la lluvia de los suelos.

**Educación y participación de la comunidad:** Es importante involucrar a la comunidad en la planificación y ejecución del proyecto, así como en su mantenimiento. La educación sobre el uso adecuado del agua lluvia y la participación de la comunidad en el mantenimiento del sistema son fundamentales para garantizar la sostenibilidad del proyecto.

**Implementación de medidas de seguridad:** Es importante implementar medidas de seguridad adecuadas en el diseño y construcción de infraestructuras de recolección y

almacenamiento de agua lluvia para evitar la contaminación del agua por factores externos, como, por ejemplo, la acumulación de hojas, insectos o animales muertos.

**Análisis de costos y beneficios:** Es importante realizar un análisis de costos y beneficios antes de la implementación del proyecto para evaluar su viabilidad económica y su potencial impacto en la comunidad. Es posible que los costos iniciales de construcción sean altos, pero los beneficios a largo plazo, como el ahorro en costos de agua potable y la mejora de la calidad de vida, pueden superar estos costos.

Implementar proyectos de aprovechamiento de aguas lluvias en zonas rurales con baja densidad poblacional puede ser una estrategia efectiva para mejorar la gestión de recursos hídricos y aumentar el acceso al agua potable en estas áreas. Es importante tener en cuenta las consideraciones mencionadas anteriormente para garantizar la sostenibilidad y el éxito del proyecto. Gutiérrez, L. P. (2021)

### **Integración de tecnologías de agua lluvia en infraestructuras educativas**

Puede ser una estrategia muy efectiva para fomentar el uso responsable y sostenible del agua. Se presentan algunas posibilidades y consideraciones que deben tenerse en cuenta:

***Diseño de techos.*** El diseño de techos puede ser un factor importante en la recolección de agua de lluvia. Se debe considerar la forma del techo, la pendiente, los materiales utilizados y la orientación de los desagües. Además, se deben considerar los obstáculos que puedan obstruir el flujo del agua.

***Sistema de recolección.*** El sistema de recolección debe ser diseñado de manera eficiente para asegurar una captación óptima del agua de lluvia. Se debe considerar el tamaño y la capacidad de los sistemas de almacenamiento, así como la calidad del agua que se recolecta.

**Tratamiento y filtración.** El agua de lluvia recolectada debe ser tratada y filtrada antes de su uso, especialmente si se utilizará para consumo humano. Se pueden utilizar diferentes tecnologías, como filtros de arena, sistemas de filtración de carbón activado o sistemas de tratamiento de luz UV.

**Uso del agua.** El agua de lluvia recolectada puede ser utilizada para diferentes usos, como riego de jardines, limpieza, descarga de inodoros o incluso para consumo humano si se trata adecuadamente. Se debe considerar cuidadosamente el uso previsto del agua antes de diseñar el sistema de recolección.

**Costos y beneficios.** La implementación de un sistema de aprovechamiento de agua de lluvia puede requerir una inversión inicial significativa, pero puede resultar en ahorros a largo plazo. Se deben considerar los costos y beneficios del sistema antes de su implementación.

### **Opinión pública y sistemas de agua lluvia en instituciones educativas**

La opinión pública juega un papel importante en la promoción y adopción de sistemas de aprovechamiento de agua lluvia en instituciones educativas. En general, la opinión pública puede ser un factor decisivo en la adopción de nuevas tecnologías y prácticas, incluyendo aquellas relacionadas con el uso del agua. Pérez, A. (2016)

Por un lado, una opinión pública favorable puede ayudar a crear un clima propicio para la adopción de sistemas de aprovechamiento de agua lluvia. Si las personas perciben que el uso de agua lluvia es una práctica sostenible y eficiente, es más probable que se interesen en su implementación y promoción.

Por otro lado, una opinión pública desfavorable puede dificultar la adopción de sistemas de aprovechamiento de agua lluvia. Si las personas tienen dudas o preocupaciones sobre la

seguridad o la eficacia de estas tecnologías, es menos probable que se interesen en su implementación y promoción.

Por lo tanto, es importante que los promotores de los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia trabajen en la sensibilización y educación del público en general. Esto puede incluir campañas de información, demostraciones prácticas y talleres para difundir información sobre las tecnologías de captación y almacenamiento de agua lluvia y sus beneficios.

Además, la participación y retroalimentación de la comunidad es esencial para garantizar que los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia sean aceptados y utilizados correctamente. Es importante escuchar las necesidades y preocupaciones de la comunidad para poder diseñar sistemas de captación y almacenamiento de agua lluvia que sean adecuados para las necesidades y realidades locales. Pérez, A. (2016)

## Las variables

### VARIABLES AMBIENTALES EN EL APROVECHAMIENTO DE AGUA LLUVIA

#### *Calidad del agua lluvia*

Es importante analizar la calidad del agua lluvia recolectada para verificar que sea segura para su uso. Para ello, se deben medir diferentes parámetros, como:

***PH.*** El pH es una medida de la acidez o alcalinidad del agua. El pH del agua lluvia suele ser ligeramente ácido debido a la presencia de dióxido de carbono en la atmósfera. El rango normal de pH para el agua lluvia está entre 5.0 y 5.5.

***Conductividad eléctrica.*** La conductividad eléctrica del agua es una medida de su capacidad para conducir la electricidad. La conductividad del agua puede indicar la presencia de sales disueltas en el agua.

***Sólidos disueltos totales (TDS, por sus siglas en inglés).*** Los TDS miden la cantidad total de sales disueltas en el agua, incluyendo minerales y metales. El nivel de TDS en el agua lluvia es generalmente bajo.

***Alcalinidad.*** La alcalinidad del agua es una medida de su capacidad para resistir cambios en el pH. El agua lluvia generalmente tiene una alcalinidad baja.

***Cloruros.*** Los cloruros son una medida de la cantidad de cloruro presente en el agua. Los niveles de cloruros pueden ser una indicación de la presencia de contaminación por sal.

***Nitratos y nitritos.*** Los nitratos y nitritos son compuestos químicos que pueden ser tóxicos para la vida acuática y también pueden ser una indicación de la presencia de contaminación por nitrógeno.

**Metales pesados.** Los metales pesados como el plomo, el cadmio y el mercurio son tóxicos para la vida acuática y pueden ser dañinos para los seres humanos. Es importante medir la presencia de estos metales en el agua lluvia para garantizar su seguridad

**Coliformes fecales.** La presencia de coliformes fecales en el agua indica la posible contaminación por materia fecal y puede ser una indicación de la presencia de patógenos en el agua.

En algunos casos, puede ser necesario tratar el agua antes de su uso para garantizar su calidad. García, J. (2018)

### **Composición del agua lluvia**

La composición del agua lluvia puede variar dependiendo de la región geográfica, la época del año y la contaminación atmosférica. Es importante analizar los componentes del agua lluvia recolectada para determinar su potencial de uso en diferentes aplicaciones, como riego de jardines o para uso sanitario.

Condiciones de almacenamiento:

La calidad del agua recolectada puede verse afectada por las condiciones de almacenamiento. Es importante almacenar el agua recolectada en un tanque o cisterna limpios y libres de cualquier contaminación. Además, se deben tomar medidas para evitar la reproducción de insectos y otros organismos en el agua almacenada.

Potenciales usos o usos recomendados:

El agua recolectada puede ser utilizada en diversas aplicaciones, tales como el riego de jardines, la limpieza de áreas exteriores o para la descarga de sanitarios. Sin embargo, es



importante evaluar la calidad del agua recolectada y considerar las necesidades específicas de la comunidad para determinar los usos recomendados y maximizar la eficiencia del recurso hídrico.

Usos NO recomendados:

Es fundamental tener en cuenta los usos no recomendados del agua recolectada, como el consumo humano directo o la preparación de alimentos sin un tratamiento adecuado. Además, el agua recolectada no debe utilizarse en actividades que requieran agua potable, como la ingesta de bebidas o la preparación de alimentos crudos, para evitar posibles riesgos sanitarios. Es importante promover una cultura de uso responsable del agua recolectada para garantizar su seguridad y eficacia.

### **Variables Climáticas**

Estas variables están directamente involucradas en los procesos de aprovechamiento de agua lluvia y son fundamentales para el diseño y la implementación de sistemas de captación, almacenamiento y distribución de agua.

En primer lugar, la *cantidad de lluvia por zona* es una variable crítica que determina la disponibilidad de agua lluvia en un área determinada. El análisis de esta variable puede realizarse mediante el registro de datos históricos de lluvia, así como mediante la medición en tiempo real mediante estaciones meteorológicas. Es importante considerar la variabilidad temporal y espacial de la lluvia para diseñar sistemas de aprovechamiento de agua lluvia eficientes.

Figura 3

*Catálogo de las estaciones meteorológicas en Pitalito*

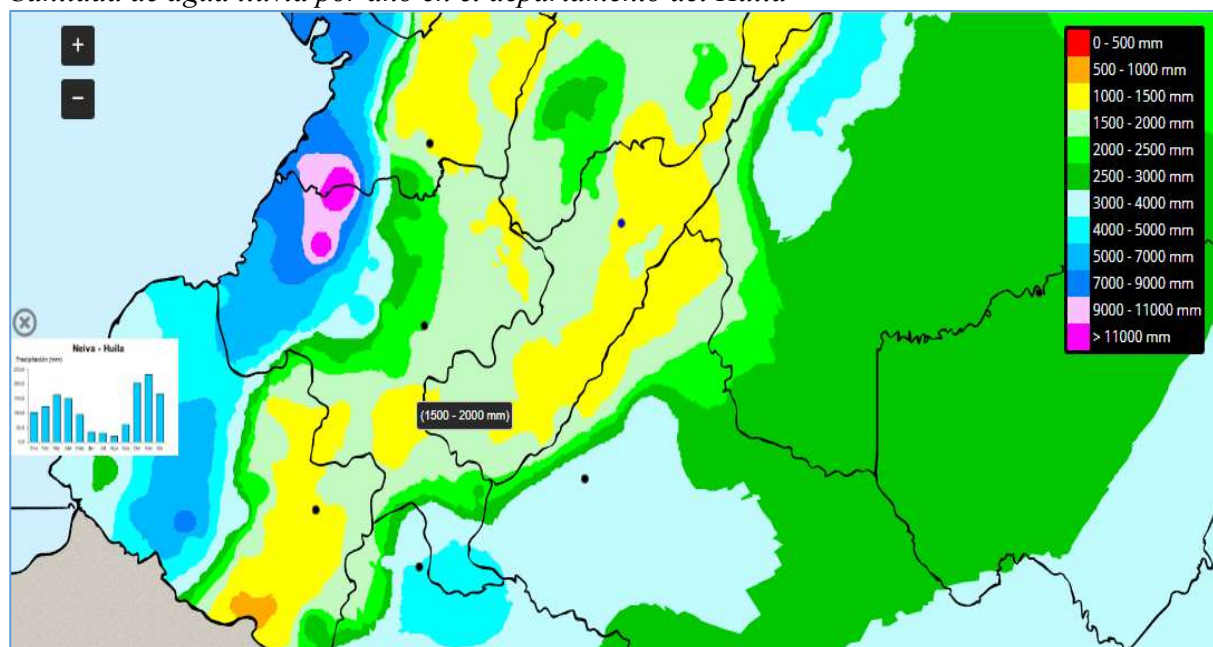


Fuente: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)

En segundo lugar, el *porcentaje de aprovechamiento del agua lluvia* es una variable que indica la cantidad de agua lluvia captada y utilizada en comparación con la cantidad total de agua lluvia que cae en una zona determinada. Este indicador depende de la infraestructura y tecnologías de captación disponibles, así como de las características físicas del terreno y la intensidad de las precipitaciones. El análisis de esta variable requiere la medición de la cantidad de agua capturada y el cálculo de la relación entre esta cantidad y la cantidad total de agua lluvia que cae en la zona. El porcentaje de aprovechamiento del agua lluvia varía según el diseño y la eficiencia del sistema de captación y almacenamiento utilizado.

**Figura 4**

*Cantidad de agua lluvia por año en el departamento del Huila*



*Fuente: Atlas Climatológico de Colombia, IDEAM, lamentablemente no se incluye a Pitalito*

En tercer lugar, las temporadas más eficientes para el aprovechamiento del agua lluvia son aquellas en las que se registra una mayor cantidad de lluvia y una menor evapotranspiración. Estas temporadas varían según la ubicación geográfica y pueden ser identificadas mediante el análisis de datos históricos de lluvia y evapotranspiración. Es importante considerar estas temporadas al diseñar sistemas de captación y almacenamiento de agua lluvia para maximizar su eficiencia y la disponibilidad de agua. Para obtener datos de precipitación.

**Figura 5**

*Tabla climática - Datos históricos del tiempo para el municipio de Pitalito*

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Temperatura media (°C)	17.8	18	17.9	17.7	17.3	16.6	16.2	16.5	17.2	17.7	18	17.8
Temperatura mín. (°C)	13.9	14.1	14.2	14.4	14.3	13.6	13.2	12.6	12.7	13.7	14.3	14.1
Temperatura máx. (°C)	22.6	22.8	22.8	22.2	21.4	20.3	20	20.9	22.2	22.7	22.8	22.5
Precipitación (mm)	222	246	329	338	311	330	324	238	207	238	228	235
Humedad(%)	84%	84%	87%	89%	90%	90%	90%	86%	83%	85%	87%	87%
Días lluviosos (días)	20	18	21	21	22	21	21	21	20	21	21	21
Horas de sol (horas)	6.2	6.0	5.9	5.6	4.9	4.6	4.9	6.3	7.1	6.9	6.6	6.3

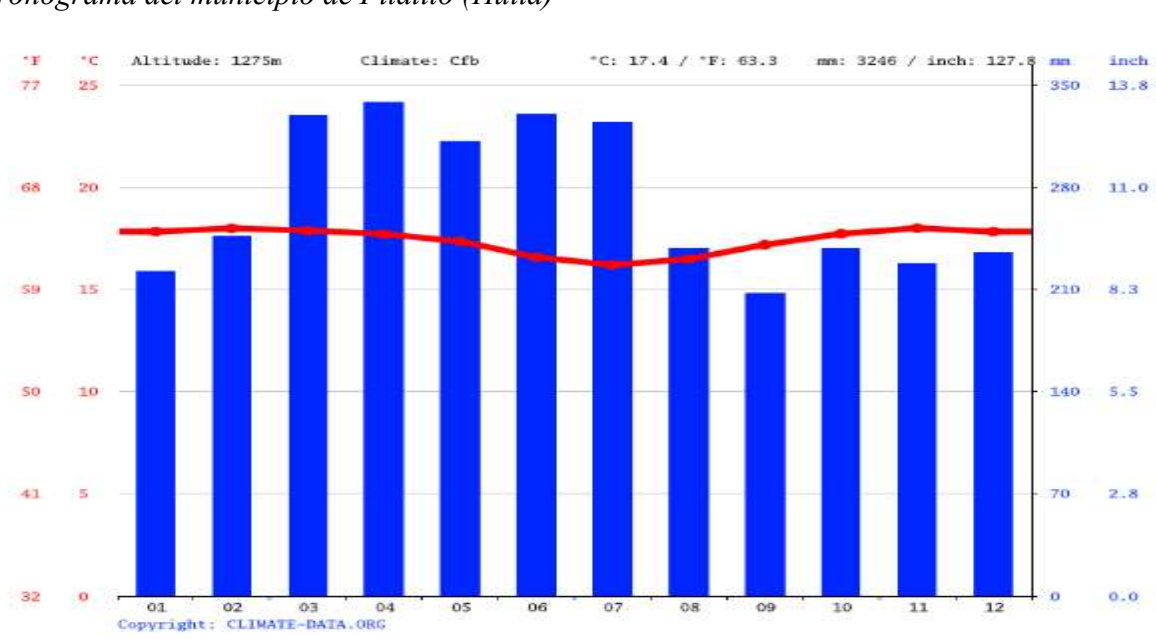
Data: 1991 - 2021 Temperatura mín. (°C), Temperatura máx. (°C), Precipitación (mm), Humedad, Días lluviosos. Data: 1999 - 2019: Horas de sol

Fuente: *climate-data.org*

Nota: La variación en la precipitación entre los meses más secos y los más húmedos es de 131 mm. La variación en la temperatura anual está alrededor de 1.8 °C. El valor más bajo de la humedad relativa se mide en septiembre (83.10 %). La humedad relativa es más alta en junio (90.36 %). El mes con la mayor cantidad de días lluviosos es mayo con 28.70 días. El mes con la menor cantidad de días lluviosos es febrero con 24.00 días

Figura 6

*Cronograma del municipio de Pitalito (Huila)*



Fuente:Climate-data.org

El mes más seco es septiembre, con 207 mm de lluvia. En abril, la precipitación alcanza su pico, con un promedio de 338 mm.

### **Relación entre la calidad del aire y la calidad del agua lluvia**

La relación entre la calidad del aire y la calidad del agua lluvia recolectada es estrecha, ya que la calidad del aire puede tener un impacto directo en la calidad del agua de lluvia. La lluvia es un proceso natural que ayuda a limpiar la atmósfera de contaminantes, pero si la calidad del aire es mala, la lluvia puede estar contaminada y tener un impacto negativo en la calidad del agua.

La contaminación del aire se produce por la emisión de sustancias químicas, gases y partículas en la atmósfera, que pueden ser producidos por fuentes naturales como volcanes, pero

también por fuentes antropogénicas como la industria, el transporte y la quema de combustibles fósiles. Estos contaminantes pueden ser arrastrados por la lluvia y depositarse en el agua, lo que puede tener efectos negativos en la calidad del agua.

Entre los contaminantes más comunes que pueden estar presentes en el agua de lluvia recolectada se encuentran el dióxido de azufre, el dióxido de nitrógeno, el ozono y las partículas finas. La exposición a estos contaminantes puede tener efectos negativos en la salud humana y en el medio ambiente. Además, la presencia de contaminantes puede afectar la calidad del agua para el consumo humano y la vida acuática. Romero, A. (2014).

Durante la producción de ladrillos, se queman grandes cantidades de combustibles fósiles como el carbón, lo que puede emitir gases contaminantes como el dióxido de carbono, el dióxido de azufre y el óxido de nitrógeno a la atmósfera. Estos gases pueden ser transportados por el viento y depositarse en el suelo y el agua de lluvia. Además, las ladrilleras también pueden emitir partículas finas y otros contaminantes en el aire, que pueden ser arrastrados por la lluvia. Los materiales utilizados en la producción de ladrillos, como la arcilla y otros aditivos, también pueden contaminar el agua de lluvia con metales pesados y otros productos químicos.

En las zonas cercanas a ladrilleras o fábricas de ladrillos, es común encontrar un alto contenido de metales pesados en el agua de lluvia recolectada. Esto puede afectar la calidad del agua para el consumo humano y la vida acuática, lo que puede tener un impacto negativo en el medio ambiente y la salud humana.

### **Variables Económicas**

El *costo de implementación* de un proyecto de aprovechamiento de agua lluvia dependerá de varios factores, tales como el tamaño del sistema, la tecnología utilizada, la calidad del agua

requerida y la ubicación. Sin embargo, en general, se espera que el costo inicial sea moderado y que el sistema de recolección y almacenamiento de agua de lluvia sea relativamente fácil y económico de instalar. Camacho, A. G., Campos, E. M. E., y Yáñez, F. G. (2019).

En términos de *beneficios económicos*, la implementación de proyectos de aprovechamiento de agua lluvia en colegios puede generar ahorros significativos en los costos de agua potable. El agua de lluvia recolectada puede ser utilizada para actividades como el riego de jardines, la limpieza de baños y pisos, entre otras. Esto puede reducir los costos mensuales en la factura del agua y, en consecuencia, liberar recursos para otros fines. Además, los proyectos de aprovechamiento de agua lluvia pueden ser una oportunidad para reducir el consumo de energía y fomentar prácticas sostenibles en el colegio.

En cuanto a la *viabilidad económica* de implementar este tipo de proyectos en instituciones públicas o privadas, ambas opciones son viables. Sin embargo, las instituciones públicas pueden tener más incentivos para implementar proyectos de aprovechamiento de agua lluvia, ya que pueden estar sujetas a regulaciones gubernamentales que requieren que reduzcan su consumo de agua y energía. Además, las instituciones públicas pueden recibir financiamiento y apoyo del gobierno para implementar este tipo de proyectos. En el caso de instituciones privadas, la implementación de proyectos de aprovechamiento de agua lluvia puede ser una oportunidad para demostrar su compromiso con el medio ambiente y promover prácticas sostenibles. Camacho, A. G., Campos, E. M. E., y Yáñez, F. G. (2019).

### **Variables Políticas**

En Colombia, la implementación de proyectos de aprovechamiento de agua lluvia está regulada por la normativa ambiental vigente. La Ley 99 de 1993 establece que es responsabilidad del Estado colombiano fomentar el desarrollo sostenible y proteger el medio ambiente, y el

Decreto 1076 de 2015 establece los lineamientos para la gestión integral del recurso hídrico en el país.

Además, el Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022 establece el fortalecimiento de la gestión integral del recurso hídrico como una de las metas del gobierno colombiano, lo que puede impulsar la implementación de proyectos de aprovechamiento de agua lluvia en instituciones educativas.

En cuanto a los recursos públicos para la implementación de estos proyectos, el gobierno colombiano ha implementado programas y proyectos que buscan promover el uso eficiente del agua y la implementación de tecnologías sostenibles. Por ejemplo, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible ha desarrollado el Programa Nacional de Aguas y Saneamiento Rural, que busca mejorar la gestión del recurso hídrico en zonas rurales y fomentar prácticas sostenibles.

Además, existen recursos financieros y técnicos que pueden ser gestionados por las instituciones educativas a través de convocatorias y programas de financiamiento, como el Fondo de Adaptación y el Fondo Nacional de Pensiones de las Entidades Territoriales (FONPET), que pueden ser utilizados para la implementación de proyectos de aprovechamiento de agua lluvia en colegios.

La implementación de proyectos de aprovechamiento de agua lluvia en instituciones educativas en Colombia está regulada por la normativa ambiental vigente y es una prioridad en los planes de desarrollo actuales del país. El gobierno colombiano ha implementado programas y proyectos que buscan promover el uso eficiente del agua y la implementación de tecnologías sostenibles, lo que puede facilitar la obtención de recursos públicos para la implementación de este tipo de proyectos.



## **Variables Sociales**

La implementación de proyectos de aprovechamiento de agua lluvia en Colombia ha sido impulsada en diversas comunidades, incluyendo comunidades negras, indígenas, raizales y del interior del país. Estas comunidades han sido identificadas como prioritarias en la implementación de proyectos de desarrollo sostenible, debido a su vulnerabilidad socioeconómica y ambiental. Leguizamón, C. (2018)

En las comunidades indígenas y afrodescendientes, la implementación de proyectos de aprovechamiento de agua lluvia se ha enfocado en la mejora de las condiciones de vida de estas poblaciones, que suelen enfrentar problemas de acceso al agua potable y de saneamiento básico. En el caso de las comunidades raizales, la implementación de proyectos de aprovechamiento de agua lluvia se ha enfocado en la protección de los recursos hídricos y la adaptación al cambio climático en las islas o zonas costeras. Leguizamón, C. (2018)

En cuanto a las mediciones de aceptación y prosperidad de este tipo de proyectos, se han realizado diversas evaluaciones y estudios en diferentes comunidades del país. En general, se ha encontrado una alta aceptación y satisfacción por parte de las comunidades beneficiarias, ya que estos proyectos han mejorado su acceso al agua, han disminuido los costos en la obtención de agua y han mejorado las condiciones de salud y de vida.

Además, se ha observado un impacto positivo en la economía local, ya que la implementación de estos proyectos implica la contratación de mano de obra local y el fortalecimiento de la cadena productiva de proveedores y contratistas de la región. Asimismo, se ha identificado una mejora en la calidad ambiental, ya que estos proyectos contribuyen a la protección de los recursos hídricos y a la reducción de la huella de carbono.

La implementación de proyectos de aprovechamiento de agua lluvia en Colombia ha sido impulsada en diversas comunidades, incluyendo comunidades indígenas, afrodescendientes, raizales y del interior del país. Estos proyectos han tenido una alta aceptación y satisfacción por parte de las comunidades beneficiarias, y han tenido un impacto positivo en la economía local y en la protección del medio ambiente. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2020)

## **La implementación**

### **Colaboración interinstitucional en proyectos de agua lluvia en instituciones educativas**

La colaboración interinstitucional desempeña un papel fundamental en el éxito de los proyectos de aprovechamiento de agua lluvia en instituciones educativas. Estos proyectos no solo dependen de la cooperación entre diferentes entidades gubernamentales y no gubernamentales, sino también de la participación activa de la comunidad escolar.

En primer lugar, la colaboración entre entidades gubernamentales es fundamental para garantizar la asignación adecuada de recursos y la implementación de políticas efectivas. Las agencias gubernamentales a nivel local, regional y nacional deben trabajar juntas para asegurar que los recursos y fondos estén disponibles para la implementación del proyecto. Además, estas entidades deben colaborar para establecer políticas y regulaciones que permitan y fomenten el uso del agua lluvia en las instituciones educativas. García, J. (2018)

En segundo lugar, la colaboración entre entidades no gubernamentales y las instituciones educativas es crucial para el éxito de los proyectos. Las organizaciones no gubernamentales pueden proporcionar recursos, experiencia y apoyo técnico para el diseño, construcción y mantenimiento del sistema de recolección y uso del agua lluvia. Asimismo, la participación activa de la comunidad educativa, incluyendo a estudiantes, profesores y personal administrativo, es esencial para asegurar el uso efectivo y sostenible del agua recolectada. Pérez, A. (2016).

Además, es importante destacar que la colaboración interinstitucional no se limita a la etapa inicial del proyecto, sino que también es necesaria durante su implementación y mantenimiento. La comunicación y coordinación continua entre las diferentes entidades involucradas es fundamental para asegurar que el proyecto se implemente de manera efectiva y se mantenga en buen estado. Rodríguez, A. R., Pérez, D. P., & Cervantes, A. L. (2019)

La colaboración interinstitucional es esencial para el éxito de los proyectos de aprovechamiento de agua lluvia en instituciones educativas. La cooperación entre entidades gubernamentales y no gubernamentales, así como la participación activa de la comunidad educativa, son fundamentales para garantizar la asignación adecuada de recursos, la implementación efectiva de políticas y regulaciones, y el uso sostenible del agua recolectada.

### **Tecnologías para tratamiento de agua lluvia**

El tratamiento del agua recolectada de las lluvias es un tema de gran importancia en la gestión del agua, especialmente en regiones donde la escasez de agua es un problema crítico. En la actualidad, existen diversas tecnologías innovadoras y eficientes para el tratamiento del agua recolectada, tanto de tipo físico como químico. Smith, A., Johnson, B., & Lee, C. (2017)

En el tratamiento físico del agua recolectada, se utilizan tecnologías como la filtración, la decantación y la ultrafiltración. La filtración es una técnica muy utilizada en la purificación del agua, que permite eliminar las partículas sólidas en suspensión mediante el uso de materiales porosos. La decantación es una técnica que se utiliza para separar los sólidos sedimentables del agua por gravedad. Por último, la ultrafiltración es una técnica que permite la separación de partículas a través de una membrana con poros muy pequeños. Romero, A. (2014).

En el tratamiento químico del agua recolectada, se utilizan tecnologías como la oxidación avanzada, la adsorción y la precipitación química. La oxidación avanzada es un proceso que utiliza agentes oxidantes para eliminar la materia orgánica y los contaminantes químicos del agua. La adsorción es un proceso que utiliza materiales porosos para adsorber los contaminantes químicos del agua. Por último, la precipitación química es una técnica que se utiliza para eliminar los contaminantes mediante la formación de precipitados insolubles.

En la actualidad, existen tecnologías que combinan tanto el tratamiento físico como químico, como es el caso de la oxidación avanzada combinada con la filtración o la ultrafiltración. Estas tecnologías permiten una mayor eficiencia en la eliminación de los contaminantes presentes en el agua recolectada. Romero, A. (2014).

Existen diversas tecnologías innovadoras y eficientes para el tratamiento del agua recolectada de las lluvias, tanto de tipo físico como químico. La selección de la tecnología adecuada dependerá de las características del agua recolectada y de los contaminantes presentes. Por tanto, es necesario realizar un análisis detallado de las diferentes tecnologías disponibles y de sus ventajas e inconvenientes antes de seleccionar la tecnología más adecuada para el tratamiento del agua recolectada. Smith, A., Johnson, B., & Lee, C. (2017)

### **Modelos de financiamiento para proyectos de agua lluvia en instituciones educativas**

El financiamiento es un elemento fundamental para el éxito de los proyectos de aprovechamiento de aguas lluvias en instituciones educativas, ya que la implementación de este tipo de proyectos puede requerir una inversión inicial significativa. Por esta razón, es importante analizar los modelos de financiamiento más eficientes para garantizar la viabilidad del proyecto.

Uno de los modelos de financiamiento más eficientes para proyectos de aprovechamiento de aguas lluvias en instituciones educativas es la alianza público-privada. Este modelo consiste en una colaboración entre el sector público y el sector privado, en la que ambas partes contribuyen con recursos para la implementación del proyecto. En este caso, el sector público podría aportar la infraestructura y los permisos necesarios para la implementación del proyecto, mientras que el sector privado podría contribuir con recursos financieros o en especie, como materiales o equipos. Además, este modelo puede tener beneficios adicionales, como la transferencia de conocimientos y tecnología entre ambas partes. Ministerio de Educación Nacional (2017)

Otro modelo de financiamiento eficiente para proyectos de aprovechamiento de aguas lluvias en instituciones educativas es la obtención de recursos a través de programas de responsabilidad social empresarial (RSE). Las empresas tienen un compromiso con la sociedad y el medio ambiente, y la RSE es una forma de canalizar ese compromiso a través de proyectos con impacto social y ambiental positivo. Las empresas pueden contribuir con recursos financieros o en especie para la implementación del proyecto, y a cambio pueden obtener beneficios reputacionales y de imagen corporativa.

Además de estos modelos de financiamiento, es importante considerar otras opciones, como la solicitud de fondos públicos y privados, la participación en concursos o convocatorias de proyectos, o la búsqueda de donaciones. En todos los casos, es importante planificar y presentar adecuadamente el proyecto, con un plan de negocios sólido y una evaluación de los costos y beneficios a largo plazo.

Existen diversos modelos de financiamiento eficientes para proyectos de aprovechamiento de aguas lluvias en instituciones educativas. La alianza público-privada y la obtención de recursos a través de programas de responsabilidad social empresarial son dos opciones a considerar, pero es importante evaluar todas las opciones disponibles y presentar adecuadamente el proyecto para garantizar la viabilidad y el éxito a largo plazo del mismo.

### **Importancia de la comunicación en proyectos de agua lluvia**

La comunicación y la divulgación son elementos clave en cualquier proyecto de aprovechamiento de aguas lluvias, ya que permiten informar a las partes interesadas sobre los beneficios y retos del proyecto. Además, una adecuada comunicación y divulgación pueden ayudar a generar conciencia sobre la importancia de la gestión del agua y fomentar la participación ciudadana en el proyecto.

En el caso específico de proyectos de aprovechamiento de aguas lluvias en instituciones educativas, la comunicación y divulgación tienen una importancia particularmente relevante, ya que estas instituciones son un espacio ideal para sensibilizar a estudiantes, docentes y personal administrativo sobre la necesidad de gestionar adecuadamente los recursos hídricos.

La comunicación y divulgación de un proyecto de aprovechamiento de aguas lluvias deben tener en cuenta tanto los beneficios como los retos del proyecto. Es importante resaltar los beneficios del proyecto, como la reducción del consumo de agua potable, la disminución del costo de la factura de agua, la contribución a la reducción del riesgo de inundaciones y la promoción de la educación ambiental en la comunidad educativa. Al mismo tiempo, es fundamental informar sobre los retos del proyecto, como la necesidad de contar con un adecuado mantenimiento de las instalaciones y la necesidad de implementar cambios en los hábitos de consumo de agua.

Además, la comunicación y divulgación de un proyecto de aprovechamiento de aguas lluvias deben considerar tanto a la comunidad educativa interna como a la comunidad externa a la institución. En el caso de la comunidad educativa interna, es importante realizar acciones de sensibilización, capacitación y seguimiento para lograr una mayor implicación en el proyecto. En cuanto a la comunidad externa, la divulgación del proyecto puede ayudar a generar conciencia y apoyo de otros actores relevantes, como los padres de familia, los vecinos y las autoridades locales.

La comunicación y divulgación son elementos cruciales en proyectos de aprovechamiento de aguas lluvias en instituciones educativas. Una adecuada comunicación y divulgación permiten informar a las partes interesadas sobre los beneficios y retos del proyecto, sensibilizar sobre la importancia de la gestión del agua y fomentar la participación ciudadana. Por tanto, es

fundamental considerar la comunicación y divulgación como una parte integral del proyecto y planificarlas adecuadamente desde el inicio del mismo.

## **Condiciones específicas para aprovechar el agua lluvia**

### ***Condiciones de infraestructura***

Se requiere de una serie de infraestructuras que incluyen:

***Techos.*** para la recolección de agua lluvia, es importante contar con techos que sean capaces de retener y canalizar el agua hacia los sistemas de recolección.

***Sistemas de recolección.*** es necesario contar con sistemas de canalización y filtrado del agua lluvia, como canaletas y filtros, para evitar la entrada de residuos y partículas en el agua recolectada.

***Tanques de almacenamiento.*** una vez recolectada, el agua lluvia debe ser almacenada en tanques que permitan su conservación y posterior distribución. La capacidad y número de tanques dependerá de la cantidad de agua recolectada y de los usos previstos.

***Sistemas de bombeo.*** si se requiere llevar el agua recolectada a niveles superiores, es necesario contar con sistemas de bombeo que permitan la distribución del agua.

En cuanto a la construcción, tanto la construcción en un solo piso como la construcción en varios pisos pueden ser viables para la implementación de proyectos de aprovechamiento de agua lluvia. Sin embargo, la construcción en un solo piso puede tener ciertas ventajas en comparación con la construcción en varios pisos, tales como:

***Mayor facilidad en la recolección de agua lluvia.*** En una construcción de un solo piso, es más fácil recolectar agua lluvia en los techos y canalizarla hacia los tanques de



almacenamiento, ya que no se requieren sistemas de bombeo adicionales para llevar el agua a niveles superiores.

***Menor complejidad en la instalación de infraestructuras.*** La construcción en un solo piso puede requerir menos materiales y mano de obra para la instalación de infraestructuras, como tanques de almacenamiento y sistemas de canalización.

***Menor costo.*** En general, la construcción en un solo piso puede ser menos costosa que la construcción en varios pisos, ya que requiere menos materiales y mano de obra.

Si bien ambas opciones son viables, la construcción en un solo piso puede tener ciertas ventajas en términos de facilidad, complejidad y costo. Sin embargo, es importante evaluar cada caso en particular y elegir la opción que mejor se adapte a las necesidades y condiciones de cada proyecto. Romero, A. (2014)

Los modelos más importantes que considerar en la implementación de sistemas de aprovechamiento de agua lluvia incluyen el cálculo del área de recolección, la estimación del volumen de almacenamiento necesario y la selección de materiales y técnicas de instalación adecuadas para maximizar la eficiencia del sistema. Además, se deben considerar aspectos específicos de la construcción para garantizar una instalación adecuada y un mantenimiento eficiente. Camacho, A. G., Campos, E. M. E., y Yáñez, F. G. (2019)

### **Métodos de recolección de agua lluvia**

El aprovechamiento de agua lluvia es una alternativa importante y sostenible para el uso de recursos hídricos en las comunidades. En cuanto a los métodos de recolección de agua lluvia, existen varias opciones que pueden ser utilizadas en función de las condiciones específicas de cada sitio.

En primer lugar, la recolección de agua lluvia en techos es uno de los métodos más comunes. Este método implica la instalación de canales y tuberías para recolectar el agua que cae en los techos de los edificios. El agua recolectada se almacena en tanques o cisternas y puede ser utilizada posteriormente para diversos fines, como el riego de jardines, la limpieza de vehículos y la descarga de inodoros. Romero, A. (2014)

Otro método de recolección de agua lluvia es la recolección en superficies de pavimento, que se refiere a la recolección del agua de lluvia que cae en las calles y carreteras. Este método implica la instalación de canales y tuberías en las cunetas y bordillos para recolectar el agua que fluye en la superficie del pavimento. El agua recolectada se puede utilizar para el riego de jardines y para otros fines no potables. Romero, A. (2014)

Además, la recolección de agua lluvia en superficies de suelo también es una opción viable en algunas situaciones. Este método implica la creación de cuencas y zanjas para recolectar y dirigir el agua de lluvia hacia tanques o cisternas para su almacenamiento. Esta opción es particularmente útil en áreas donde la recolección de agua en techos no es posible.

Otros métodos de recolección de agua lluvia incluyen la recolección en superficies verdes, como jardines y parques, y la recolección en superficies permeables, como grava y arena. Estos métodos son más adecuados para áreas donde se requiere una menor cantidad de agua recolectada y donde la calidad del agua no es crítica.

La elección del método de recolección de agua lluvia depende de las condiciones específicas de cada sitio. Es importante evaluar cuidadosamente las opciones disponibles y seleccionar la que sea más adecuada para el uso previsto y las necesidades de la comunidad. La recolección de agua lluvia puede ser una forma efectiva y sostenible de manejar los recursos

hídricos en las comunidades, y los métodos de recolección descritos anteriormente son solo algunas de las opciones disponibles para su implementación. Rivas, D. M., Frossard, C. F., y Diniz, D. D. A. (2019).

### **Condiciones de área**

En general, la cantidad de metros cuadrados mínima necesaria para que sea eficiente la recolección de agua lluvia dependerá de varios factores, como la cantidad de precipitación en la zona, la superficie de recolección disponible y el uso que se le dará al agua recolectada.

En zonas con alta precipitación y donde se desea recolectar agua para usos de bajo consumo, como el riego de jardines o el lavado, se puede considerar una superficie de recolección mínima de 50 metros cuadrados para lograr una recolección efectiva. Sin embargo, si se desea recolectar agua para usos de consumo humano o para uso en actividades que requieren una mayor cantidad de agua, como el riego de cultivos, se necesitará una superficie de recolección mayor.

Se puede decir que mientras más grande sea la superficie de recolección, mayor será la cantidad de agua que se pueda recolectar. Es importante tener en cuenta que la eficiencia de la recolección de agua lluvia también dependerá de la calidad y diseño del sistema de recolección y almacenamiento utilizado. Rivas, D. M., Frossard, C. F., y Diniz, D. D. A. (2019). Y Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2020)

### **Materiales y sus condiciones**

En el contexto del aprovechamiento de agua lluvia, es importante definir los materiales más comunes, pertinentes, usados y económicos para la implementación de sistemas de recolección y almacenamiento de agua de lluvia. Esto se debe a que la selección de los materiales adecuados puede tener un impacto significativo en la eficacia, durabilidad y costo del sistema.

Para identificar los materiales más comunes y pertinentes, se pueden considerar factores como la durabilidad, la resistencia a la corrosión, la capacidad de recolección y almacenamiento, y la facilidad de mantenimiento. Los materiales más comunes y pertinentes para la implementación de sistemas de recolección y almacenamiento de agua de lluvia incluyen:

**Tabla 4**

*Materiales más comunes y pertinentes para la implementación de sistemas de recolección de Agua lluvia*

Materiales	Características	Ventajas	Desventajas
Tanques de almacenamiento de plástico	Livianos, duraderos y económicos	Fáciles de transportar e instalar, resistentes a la corrosión	Pueden dañarse con la exposición al sol, no son adecuados para almacenamiento a largo plazo
Tanques de almacenamiento de hormigón	Fuertes y duraderos	Resistentes a la corrosión, adecuados para almacenamiento a largo plazo	Pueden ser costosos y difíciles de transportar e instalar
Canalones de aluminio	Ligeros y resistentes	Fáciles de instalar y mantener, resistentes a la corrosión	Pueden ser costosos y pueden oxidarse con el tiempo
Filtros de arena	Retienen sólidos y reducen la turbidez del agua	Bajo costo y fácil mantenimiento	Pueden requerir una gran cantidad de espacio y no son adecuados para la eliminación de contaminantes químicos
Filtros de carbón activado	Eliminan contaminantes químicos y reducen el sabor y olor del agua	Muy eficaces en la eliminación de químicos, pueden ser utilizados en combinación con otros filtros	Pueden ser costosos y requieren reemplazo regular del carbón
Bombas sumergibles	Permiten la transferencia de agua recolectada	Fáciles de instalar y operar, adecuados para una variedad de aplicaciones	Pueden ser costosas y pueden requerir mantenimiento regular
Sistemas de purificación UV	Eliminan bacterias y virus en el agua	Fáciles de operar y mantener, efectivos	No eliminan los contaminantes químicos y requieren

---

	en la eliminación de patógenos	una fuente de energía eléctrica
--	--------------------------------	---------------------------------

---

**Nota:** La Tabla presenta una selección de materiales comunes y relevantes para la implementación de sistemas de recolección de agua de lluvia, detallando sus características, ventajas y desventajas. Esta información es esencial para tomar decisiones informadas en la elección de materiales adecuados para la recolección y gestión sostenible del agua de lluvia, teniendo en cuenta factores como durabilidad, eficiencia y costo.

Fuente: Elaboración propia a partir de información recopilada en diversas fuentes especializadas en el tema.

Según (Pérez, A. (2016) es importante destacar que la elección de los materiales también puede depender de factores geográficos y climáticos específicos, así como de los recursos disponibles en la región.

Por lo tanto, es importante realizar una investigación adecuada para seleccionar los materiales más pertinentes y económicos para el proyecto en cuestión.

## Usos potenciales, recomendados o pertinente para el agua lluvia recolectada.

**Tabla 5**

*Potencial de uso del agua lluvia recolectada por los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia*

Uso potencial/recomendado	Descripción
Riego de jardines	El agua recolectada puede ser utilizada para regar plantas y cultivos en jardines, huertos y parques.
Lavado de autos	El agua recolectada puede ser utilizada para lavar autos y otros vehículos en lugares como estacionamientos o talleres mecánicos.
Limpieza de áreas exteriores	El agua recolectada puede ser utilizada para limpiar patios, terrazas, aceras y otras áreas exteriores.
Descarga en retretes	El agua recolectada puede ser utilizada para descargar los retretes o inodoros en baños y urinarios.
Sistemas de enfriamiento	El agua recolectada puede ser utilizada en sistemas de enfriamiento en industrias y grandes edificios.
Limpieza de pisos y superficies	El agua recolectada puede ser utilizada para limpiar pisos y otras superficies interiores en lugares como escuelas, oficinas, entre otros.
Sistemas de extinción de incendios	El agua recolectada puede ser utilizada en sistemas de extinción de incendios en edificios e instalaciones industriales.

Nota: proporciona una guía detallada sobre los usos potenciales y recomendados para el agua de lluvia recolectada a través de sistemas de aprovechamiento. Estos usos abarcan desde el riego de jardines hasta sistemas de extinción de incendios, ofreciendo una visión completa de cómo este recurso puede contribuir a la sostenibilidad, la conservación del agua y la eficiencia en una variedad de aplicaciones. Esta información es esencial para maximizar el beneficio de la recolección de agua de lluvia en diferentes contextos.

Es importante tener en cuenta que el uso del agua recolectada dependerá de la calidad de la misma y de la necesidad específica de cada comunidad o instalación. Se recomienda siempre realizar un análisis de la calidad del agua antes de utilizarla para cualquier propósito.

## Normativa y patentes sobre sistemas de tratamiento de agua lluvia.

En cuanto a la normativa específica, existen varias normas y patentes relacionadas con los sistemas de tratamiento de agua lluvia. Algunas de las normas más relevantes son:

**Tabla 6**

*Normativa y patentes*

Norma/ Patente	Descripción
<b>Norma ISO 5667-14:2017</b>	Establece requisitos para la toma de muestras y la medición de la calidad del agua de lluvia. Proporciona pautas para asegurar la consistencia y precisión en la evaluación de la calidad del agua de lluvia.
<b>Norma UNE-EN 16941-1:2018</b>	Establece requisitos para sistemas de recolección, almacenamiento y tratamiento de agua de lluvia no potable. Garantiza la calidad adecuada del agua de lluvia tratada para su uso en aplicaciones no potables, como riego y lavado de autos.
<b>Patente US20120279709A1</b>	Describe un sistema de filtración de agua de lluvia que utiliza carbón activado y resinas intercambiadoras de iones para remover contaminantes y mejorar la calidad del agua de lluvia antes de su uso.

Nota: La tabla enumera importantes referencias normativas y una patente relevante en el contexto de las regulaciones y tecnologías. La Norma ISO 5667-14:2017 y la Norma UNE-EN 16941-1:2018 son estándares internacionales que establecen pautas para la calidad del agua y otros aspectos relacionados con el medio ambiente. La Patente US20120279709A1 es una invención registrada que puede tener aplicaciones significativas en diversas industrias. Estas referencias

desempeñan un papel crucial en la promoción de la calidad, la seguridad y la innovación en diferentes campos.

En cuanto a los sistemas de tratamiento de agua lluvia, existen varias técnicas, como la filtración, la sedimentación y la desinfección. La selección de la técnica depende de la calidad del agua de lluvia recolectada y los usos previstos. Por ejemplo, para usos no potables, como el riego de jardines, puede ser suficiente un sistema de filtración y sedimentación, mientras que para usos potables se requiere un tratamiento más complejo, como la desinfección con cloro o luz ultravioleta.

### **Requisitos y trámites necesarios para la implementación de sistemas de recolección y uso de agua lluvia**

Para la implementación de sistemas de recolección y uso de agua lluvia en infraestructuras educativas en Colombia, específicamente en el municipio de Pitalito, es necesario cumplir con ciertos requisitos y trámites establecidos por las autoridades competentes. Alarcón, D. (2015)

En primer lugar, es importante destacar que en Colombia existe una regulación específica para el uso de agua lluvia en infraestructuras educativas, establecida en la Resolución 566 de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Esta resolución establece los requisitos técnicos y sanitarios para el uso de agua lluvia en edificaciones y establecimientos educativos, así como los parámetros para la evaluación de la calidad del agua.

En cuanto a los trámites necesarios para la implementación de sistemas de recolección y uso de agua lluvia, en Pitalito es necesario cumplir con los requisitos establecidos por la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM), entidad encargada de la gestión



ambiental en la región. La CAM es la encargada de otorgar los permisos ambientales necesarios para la construcción y operación de sistemas de recolección y uso de agua lluvia.

Además, es importante considerar que en Pitalito existe una regulación municipal específica para la implementación de sistemas de aprovechamiento de agua lluvia en edificaciones, establecida en el Acuerdo Municipal No. 030 de 2017. Este acuerdo establece las normas y requisitos para la construcción, operación y mantenimiento de sistemas de recolección y uso de agua lluvia en edificaciones. Alarcón, D. (2015)

Para la implementación de sistemas de recolección y uso de agua lluvia en infraestructuras educativas en Pitalito, es necesario cumplir con los requisitos establecidos por la Resolución 566 de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, así como los requisitos y regulaciones establecidos por la CAM y el Acuerdo Municipal No. 030 de 2017.

### **Estudio de caso: Institución Educativa Montessori en el municipio de Pitalito en el Departamento del Huila**

Según datos del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia, Pitalito, Huila recibe un promedio anual de lluvia de alrededor de 1.500 mm. Esto significa que, en promedio, Pitalito recibe alrededor de 125 mm de lluvia al mes o unos 5 mm de lluvia por día. Alarcón, D. (2015) y Morera-Gómez, Y., y Villegas-Romero, K. (2018).

La Institución Educativa Montessori en el municipio de Pitalito, en el Departamento del Huila, está tomando una importante iniciativa al implementar un sistema de aprovechamiento de aguas lluvias. Este sistema les permitirá reducir significativamente sus costos en la factura de agua potable, así como aprovechar un recurso natural renovable y contribuir a la conservación del medio ambiente.

Una de las principales ventajas económicas para la institución educativa es la reducción en su consumo de agua potable y, por lo tanto, la disminución en sus gastos en la factura de agua. Al implementar el sistema de aprovechamiento de aguas lluvias, podrán cubrir una parte importante de sus necesidades de agua para la limpieza de pisos, jardinería y retretes, lo que significa un importante ahorro económico a largo plazo.

Además, la implementación de un sistema de aprovechamiento de aguas lluvias puede tener incentivos fiscales. Algunos municipios y ciudades en Colombia ofrecen descuentos en impuestos o exenciones fiscales a las empresas y organizaciones que adoptan prácticas sostenibles y amigables con el medio ambiente. La Institución Educativa Montessori podría beneficiarse de estas políticas, lo que significa un ahorro adicional en sus costos. En el caso del departamento del Huila, existen algunas leyes y regulaciones que podrían aplicarse en este caso, como la Ley 142 de 1994, la cual establece que las empresas de servicios públicos deben promover la utilización de fuentes alternativas de abastecimiento de agua y la reutilización de las aguas residuales tratadas, lo que podría generar incentivos fiscales para las instituciones que implementen estos sistemas.

Además, la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM), entidad encargada de la gestión ambiental en la región, ofrece asesoría y apoyo técnico para la implementación de sistemas de aprovechamiento de agua de lluvia, lo que podría ser una ventaja para la Institución Educativa Montessori en su proyecto.

Otro beneficio importante de la implementación del sistema de aprovechamiento de aguas lluvias es la mejora de la imagen institucional. Al adoptar prácticas sostenibles y amigables con el medio ambiente, la institución educativa se posiciona como una entidad socialmente responsable y comprometida con la protección del medio ambiente. Esto no solo puede mejorar la

percepción de la comunidad sobre la institución, sino que también puede atraer la atención de medios de comunicación y generar publicidad gratuita.

Es importante destacar que la Institución Educativa Montessori es pionera en la implementación de un sistema de aprovechamiento de aguas lluvias en el municipio de Pitalito. Esta iniciativa puede servir como modelo para otras instituciones educativas y organizaciones en la región y el país, fomentando la adopción de prácticas sostenibles y promoviendo la conservación del medio ambiente.

Importante poder elaborar una especie de tabal o diagrama en donde se presenten los elementos más representativos de la implementación de un sistema de aprovechamiento en este estudio de caso.

### Figura 7

*Guía de aprovechamiento de agua lluvias*

Vol	Vol	%	Costos de
<b>Tanque</b>	<b>Aprov. (m3)</b>	<b>Aprovechado</b>	<b>Agua Aprovechada</b>
40	579,91	33,17%	\$ 3.479.460
50	600,08	34,33%	\$ 3.600.480
60	623,97	35,69%	\$ 3.743.820
70	666,91	38,15%	\$ 4.001.460
80	691,91	39,58%	\$ 4.151.460
90	716,08	40,96%	\$ 4.296.480
100	741,08	42,39%	\$ 4.446.480
150	919,9	52,62%	\$ 5.519.400
180	1004,9	57,48%	\$ 6.029.400
200	1064,61	60,90%	\$ 6.387.660
250	1203,9	68,86%	\$ 7.223.400
400	1218,9	69,72%	\$ 7.313.400

Nota: Romero, A. (2014). Descripción de los sistemas de recolección y aprovechamiento de aguas lluvias.

¿Cuáles son los principales beneficios de implementar sistemas de aprovechamiento de aguas lluvias en instituciones educativas?

La implementación de sistemas de aprovechamiento de aguas lluvias en instituciones educativas puede generar ahorros significativos en los costos de agua potable, reducir el consumo de energía y fomentar prácticas sostenibles. Además, puede tener incentivos fiscales y mejorar la imagen institucional al posicionarse como una entidad socialmente responsable y comprometida con la protección del medio ambiente.

Una guía básica:

1. Identifica las áreas del colegio donde se puede recolectar agua lluvia, como techos, patios y jardines.
2. Evalúa la cantidad de agua que se puede recolectar y el tamaño del tanque de almacenamiento necesario para cubrir las necesidades del colegio.

### Figura 8

Tanques de almacenamiento



Romero, A. (2014).

3. Diseña el sistema de recolección y almacenamiento de agua lluvia, considerando los materiales necesarios y el costo total del proyecto.
4. Instala el sistema de recolección y almacenamiento, asegurándote de que cumpla con las normas y regulaciones colombianas.
5. Capacita al personal del colegio sobre el uso adecuado del sistema y cómo mantenerlo en buen estado.
6. Promueve la conciencia ambiental entre los estudiantes, docentes y padres de familia sobre la importancia del uso eficiente del agua lluvia.
7. Monitorea regularmente el sistema para asegurarte de que esté funcionando correctamente y realiza mantenimiento preventivo según sea necesario.

Tabla 7

Guía básica

Material	Descripción	Implementación básica
<b>Canalones</b>	Conductos para recolectar el agua de lluvia	Instala canalones en los techos para captar el agua y dirigirla hacia un sistema de recolección, como un tanque de almacenamiento.
<b>Colectores de agua</b>	Superficies para recoger el agua de lluvia	Utiliza superficies inclinadas, como techos o áreas pavimentadas, que conduzcan el agua hacia una estructura de recolección, como una cisterna o un barril.
<b>Filtros</b>	Dispositivos para limpiar el agua recogida	Instala filtros en el sistema de recolección para eliminar sedimentos, hojas y otros contaminantes del agua antes de almacenarla o utilizarla.
<b>Tanques de almacenamiento</b>	Contenedores para almacenar el agua recolectada	Coloca tanques de almacenamiento en áreas designadas del colegio para almacenar el agua de lluvia recolectada. Asegúrate de que los tanques estén sellados adecuadamente y protegidos de la contaminación.
<b>Bombas</b>	Equipos para extraer y distribuir el agua	Utiliza bombas para extraer el agua almacenada en los tanques y distribuirla a las áreas necesitadas, como los sistemas de riego o los inodoros. Asegúrate de que las bombas sean eficientes y adecuadas para tus necesidades.

---

<b>Sistemas de filtración y purificación</b>	Métodos para mejorar la calidad del agua recolectada	Implementa sistemas de filtración y purificación adicionales, como la desinfección con luz ultravioleta o la filtración mediante carbón activado, para garantizar que el agua recolectada sea segura y adecuada para su uso.
--	--	--

---

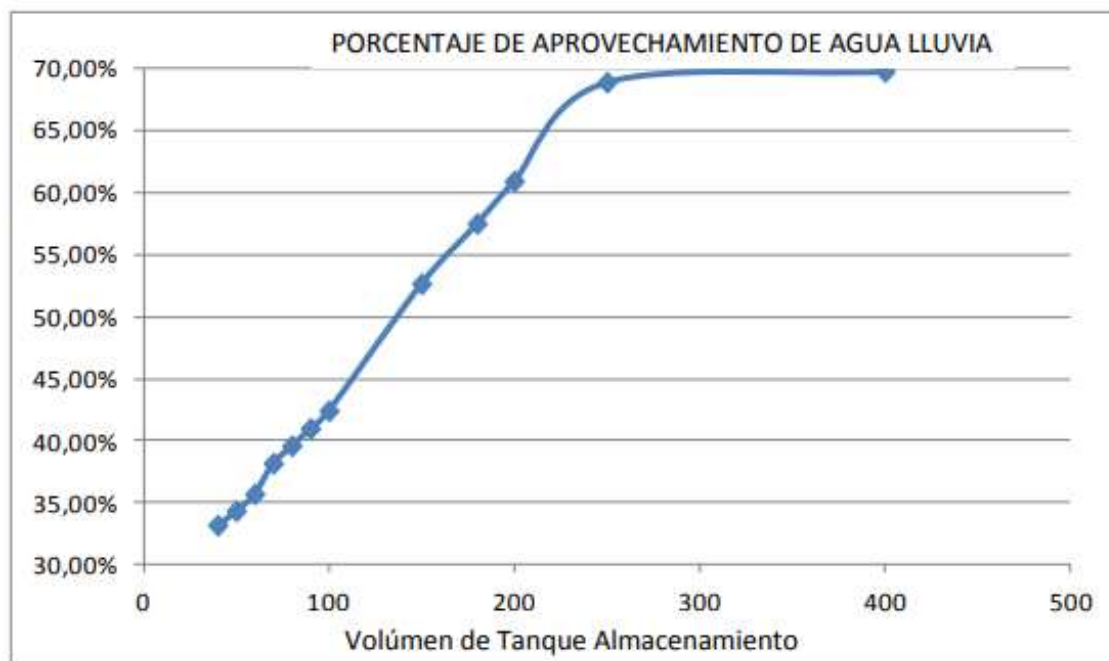
Nota: La tabla presenta una guía básica que incluye materiales y componentes esenciales para la implementación de sistemas de recolección, almacenamiento y purificación de agua. Junto a cada elemento se proporciona una descripción de su función y una breve orientación sobre su implementación básica. Esta guía sirve como punto de partida para comprender los componentes clave involucrados en la creación de sistemas de gestión de agua y puede ser útil para aquellos que buscan comenzar proyectos relacionados con el agua.

Apreciamos una ganancia de agua significativa en trabajo de Romero, A. (2014).

Descripción de los sistemas de recolección y aprovechamiento de aguas lluvias como podemos apreciar en la siguiente ilustración:

**Figura 9**

*Comportamiento de consumos acumulados*



Romero, A. (2014).



## Conclusiones

Después de realizar el reconocimiento de la historia, evolución y tendencias en lo que respecta al aprovechamiento de las aguas lluvias desde el contexto global hasta el local, podemos concluir que este recurso hídrico es una fuente valiosa y alternativa que puede ser aprovechada de manera eficiente y sostenible. Desde las antiguas civilizaciones hasta la actualidad, hemos visto cómo se han desarrollado diversas técnicas y tecnologías para recolectar, almacenar y utilizar el agua de lluvia en diferentes contextos y usos. En la actualidad, el uso de sistemas de aprovechamiento de aguas lluvias se ha convertido en una práctica cada vez más común y necesaria, en particular en zonas donde la escasez de agua potable es una realidad. Además, es una estrategia importante para la adaptación al cambio climático y la mitigación de los efectos negativos que éste puede tener sobre la disponibilidad de agua dulce. En definitiva, el conocimiento y la implementación de sistemas de aprovechamiento de aguas lluvias pueden contribuir significativamente a la sostenibilidad ambiental, económica y social de una región o comunidad.

En conclusión, el análisis de las variables ambientales, ecológicas, físicas, climáticas, económicas, políticas y sociales es fundamental para comprender la complejidad de los procesos de aprovechamiento de agua lluvia. A través de este análisis se puede identificar y comprender la influencia que estas variables tienen en la implementación y operación de sistemas de recolección y uso de agua lluvia. Es importante tener en cuenta que cada una de estas variables puede afectar de manera diferente a los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia, y que es necesario considerarlas de manera integral para lograr una gestión efectiva y sostenible del recurso hídrico. Por lo tanto, el análisis de estas variables es esencial para lograr una gestión integrada del agua lluvia en el contexto local y global.

Después de haber analizado los modelos y las condiciones específicas relacionadas con la implementación de procesos de aprovechamiento de agua lluvia, podemos concluir que existen diversos factores que influyen en la elección del modelo y las condiciones más adecuadas para su implementación, tales como las características del entorno, el uso que se le dará al agua recolectada, los recursos disponibles y las normativas aplicables en cada contexto. Es importante considerar estos factores para garantizar una implementación eficiente y sostenible de los procesos de aprovechamiento de agua lluvia. Además, “es necesario continuar investigando y actualizando los conocimientos teóricos y prácticos en esta área para mejorar constantemente los modelos y las condiciones de implementación y aumentar así la eficiencia de estos procesos en la gestión del agua y la protección del medio ambiente”. García, J. (2018).

## Recomendaciones

En un mundo sediento de soluciones, la lluvia se presenta como un regalo divino. Cada gota que cae del cielo es un tesoro líquido que debemos apreciar y aprovechar al máximo. El agua es vida, es el hilo conductor que une a todos los seres vivos en este planeta azul.

En nuestras instituciones educativas, el agua es un recurso esencial para el desarrollo de mentes curiosas y sedientas de conocimiento. Sin embargo, enfrentamos desafíos para satisfacer esta necesidad vital. Aquí es donde brilla con fuerza la solución del sistema de abastecimiento de agua lluvia.

Este sistema innovador nos ofrece una oportunidad única de capturar la magia que cae del cielo y convertirla en una fuente sostenible de agua para nuestras instituciones. Cada gota recolectada es un paso hacia la autosuficiencia y la preservación del preciado líquido.

Al implementar un sistema de abastecimiento de agua lluvia, nos convertimos en guardianes del medio ambiente y defensores del futuro. Estamos construyendo un legado de responsabilidad y conciencia, enseñando a las generaciones venideras la importancia de cuidar y utilizar de manera inteligente nuestros recursos.

En un mundo donde el cambio climático amenaza con alterar nuestro ciclo natural del agua, la recolección y el uso eficiente de la lluvia se vuelven cruciales. Es un acto de resiliencia y adaptación, una respuesta creativa y brillante a la problemática del agua que enfrentamos.

Así que se recuerda que, en cada gota de lluvia hay un poder transformador. Unámonos en la implementación de sistemas de abastecimiento de agua lluvia en nuestras instituciones educativas y marquemos el comienzo de un futuro sostenible. Juntos, podemos celebrar la lluvia como una fuente inagotable de vida y un símbolo de esperanza.

### Referencias bibliográficas

- Camacho, A. G., Campos, E. M. E., y Yáñez, F. G. (2019). La captación de agua de lluvia como alternativa de suministro en zonas rurales de México. *Hidrogeología y ciencias ambientales*, 33(1), 101-115. Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/pdf/hca/v33n1/2007-4018-hca-33-01-00101.pdf>
- Camargo, D. A., Díaz, L. F., & Pino, L. E. (2018). Evaluación de la eficiencia de un sistema de captación de agua de lluvia en una institución educativa de Colombia. *Ambiente Construido*, 18(1), 1-15. <https://doi.org/10.1590/s1678-86212018000100281>
- Carvajal, J. (2016). Estimación de la demanda de agua en centros educativos: caso de estudio Facultad de Ciencias Ambientales de la Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia. *Artículo de Revista*. <https://www.redalyc.org/journal/467/46750927001/>
- Chávez, M. (2015). Diseño de un sistema de captación de agua de lluvia para uso doméstico. *Revista Ingeniería Civil*. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/3115/1/SISTEMA%20DE%20CAPTACION%20DE%20AGUA%20LLUVIA.pdf>
- Gómez, E. y Pinzón, L. (2015). Vivienda MIHOUSE: Un esfuerzo por la sostenibilidad. *Revista Universitaria*. <http://www.revistavinculacionuniversitaria.org/revistas/index.php/vinculacion/article/view/42>
- Gómez, J. (2016). Diseño de un sistema de ahorro sustentable de agua y energía eléctrica en el "Campus Juan Montalvo". Recuperado de <https://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/614>

- Giraldo, A. (2010). Propuesta de un sistema de aprovechamiento de agua lluvia como alternativa para el ahorro de agua potable, en la institución educativa María Auxiliadora de Caldas, Antioquia. Artículo de Revista. <https://www.redalyc.org/pdf/1694/169420002002.pdf>
- Gutiérrez, L. P. (2021). Implementación de un sistema de captación y filtración de agua lluvia en la Vereda. Universidad de Manizales.  
<https://ridum.umanizales.edu.co/handle/20.500.12746/4357>
- Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. (1998). Sistemas de captación de agua de lluvia para uso doméstico en América Latina y El Caribe. Manual Técnico.  
<http://repiica.iica.int/docs/B1218E/B1218E.PDF>
- Leguizamón, C. (2018). Recolección y aprovechamiento de aguas pluviales, mediante sistemas de recolección. (Trabajo de grado). Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Colombia. Recuperado de  
<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/23559/leguzmanc.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Martínez, A., Murillo, M. y Torres, F. (2006). Historia de los Sistemas de Aprovechamiento de Agua Lluvia. Artículo de Revista.  
[https://sswm.info/sites/default/files/reference\\_attachments/BALLEN%20et%20al.%202006.%20Historia%20de%20los%20sist%20de%20aprovechamiento%20agua%20lluvia.pdf](https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/BALLEN%20et%20al.%202006.%20Historia%20de%20los%20sist%20de%20aprovechamiento%20agua%20lluvia.pdf)
- Martínez, M. C. (2021). Captación de lluvia como alternativa para el ahorro de agua potable. Ciencia UANL, 24(113), 28-31.  
<https://cienciauanl.uanl.mx/?p=11005#:~:text=En%20México%20y%20Mesoamérica%20C%20diversas,jagüeyes%20C%20bordos%20C%20entre%20otros.>

- Mira, D. y López, J. (2011). Gestión de aguas pluviales en universidades de Colombia. *Revista Educación Superior y Sociedad*. <https://www.redalyc.org/pdf/676/67619827002.pdf>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2020). Manual para diseño de sistemas de aprovechamiento de agua lluvia. Colombia. [https://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/publicaciones\\_pdf/Manual\\_para\\_Dise%C3%B1o\\_de\\_Sistemas\\_de\\_Aprovechamiento\\_de\\_Agua\\_Lluvia.pdf](https://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/publicaciones_pdf/Manual_para_Dise%C3%B1o_de_Sistemas_de_Aprovechamiento_de_Agua_Lluvia.pdf)
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2020). Proyectos de Aprovechamiento de Aguas Lluvias en Colombia. Colombia. <http://www.minambiente.gov.co/index.php/educacion-ambiental/temas-ambientales/188-proyectos-de-aprovechamiento-de-aguas-lluvias-en-colombia>.
- Ministerio de Educación Nacional (2017). Guía para la implementación de estrategias de sostenibilidad en diseño y construcción de colegios nuevos de jornada única en Colombia. Recuperado de [https://www.mineducacion.gov.co/1759/articles-355996\\_recurso\\_4.pdf](https://www.mineducacion.gov.co/1759/articles-355996_recurso_4.pdf)
- Molina, L. y Rozo, J. (2006). Aprovechamiento de aguas lluvias en la ciudad de Bogotá. *Revista de Ingeniería*. <https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ingenieria/article/view/858/711>
- Morera-Gómez, Y., y Villegas-Romero, K. (2018). Análisis de la calidad del agua en la cuenca del río Guarapas. *Revista Geográfica de América Central*, 61, 107-121. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/451/45158248003.pdf>
- Nascimento, C. A., Farias, F. B., & Aragão, R. O. (2021). El sistema brasileño de gestión del agua y la participación pública: el caso de la cuenca del río Paraíba. *Actas de Tecnología*

en Medio Ambiente, 3(1), 44-55.

<https://revistaselectronicas.ujaen.es/index.php/atma/article/download/4921/5130?inline=1>

Proyecto Vivienda Ecológica Galápagos. (2015). Plan Piloto de Casa Ecológicas en la Provincia de Galápagos. Página de divulgación. <https://es.slideshare.net/radioencantada/plan-piloto-de-casa-ecologicas-en-la-provincia-de-galpagos>

Ramírez, M. (2010). Elaboración de Un procedimiento para el diseño de sistemas de captación de agua de lluvia para el uso doméstico. Trabajo de grado.

<http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1939/T17097%20BARTOLOME%20ZUNUN,%20JORGE%20%20TESIS.pdf?sequence=1>

Rivas, D. M., Frossard, C. F., y Diniz, D. D. A. (2019). Diseño de un sistema de captación y aprovechamiento de aguas lluvias en una institución educativa. *Ambiente Construido*, 19(3), 1-14. <https://doi.org/10.1590/s1678-86212019000300316>

Rodríguez, A. R., Pérez, D. P., & Cervantes, A. L. (2019). La captación del agua de lluvia como solución en el pasado y el presente. *Revista Cubana de Ingeniería*, 10(2), 125-138.

[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1680-03382019000200125](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1680-03382019000200125)

Romero, A. (2014). Descripción de los sistemas de recolección y aprovechamiento de aguas lluvias. Monografía - Trabajo de Grado.

<https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/0657ae70-006b-468b-afe1-60f2f4d2a7f2/content>

Sánchez, A. (2012). Estudio de alternativas para el uso sustentable del agua de lluvia.

<https://repositoriodigital.ipn.mx/handle/123456789/5813>

United Nations. (2019). Sustainable Development Goal 6: Clean water and sanitation.

Recuperado de [https://www.un.org/sustainabledevelopment/wp-content/uploads/2019/07/6\\_Why-it-Matters\\_Spanish.pdf](https://www.un.org/sustainabledevelopment/wp-content/uploads/2019/07/6_Why-it-Matters_Spanish.pdf)

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2020). Manual para diseño de sistemas de aprovechamiento de agua lluvia. Colombia.

[https://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/publicaciones\\_pdf/Manual\\_para\\_Dise%C3%B1o\\_de\\_Sistemas\\_de\\_Aprovechamiento\\_de\\_Agua\\_Lluvia.pdf](https://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/publicaciones_pdf/Manual_para_Dise%C3%B1o_de_Sistemas_de_Aprovechamiento_de_Agua_Lluvia.pdf)

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2020). Proyectos de Aprovechamiento de Aguas Lluvias en Colombia. Colombia.

<http://www.minambiente.gov.co/index.php/educacion-ambiental/temas-ambientales/188-proyectos-de-aprovechamiento-de-aguas-lluvias-en-colombia>.

Martínez, M. C. (2021). Captación de lluvia como alternativa para el ahorro de agua potable.

Ciencia UANL, 24(113), 28-31.

<https://cienciauanl.uanl.mx/?p=11005#:~:text=En%20México%20y%20Mesoamérica%2C%20diversas,jagüeyes%2C%20bordos%2C%20entre%20otros>.

Gutiérrez, L. P. (2021). Implementación de un sistema de captación y filtración de agua lluvia en la Vereda. Universidad de Manizales.

<https://ridum.umanizales.edu.co/handle/20.500.12746/4357>

Gómez, J. (2016). Diseño de un sistema de ahorro sustentable de agua y energía eléctrica en el "Campus Juan Montalvo". Recuperado de.

<https://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/614>



Gómez, E. y Pinzón, L. (2015). Vivienda MIHOUSE: Un esfuerzo por la sostenibilidad. Revista Universitaria.

<http://www.revistavinculacionuniversitaria.org/revistas/index.php/vinculacion/article/view/42>

Giraldo, A. (2010). Propuesta de un sistema de aprovechamiento de agua lluvia como alternativa para el ahorro de agua potable, en la institución educativa María Auxiliadora de Caldas, Antioquia. Artículo de Revista. <https://www.redalyc.org/pdf/1694/169420002002.pdf>

Molina, L. y Rozo, J. (2006). Aprovechamiento de aguas lluvias en la ciudad de Bogotá. Revista de Ingeniería. <https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ingenieria/article/view/858/711>

Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. (1998). Sistemas de captación de agua de lluvia para uso doméstico en América Latina y El Caribe. Manual Técnico. <http://repiica.iica.int/docs/B1218E/B1218E.PDF>

Leguizamón, C. (2018). Recolección y aprovechamiento de aguas pluviales, mediante sistemas de recolección. (Trabajo de grado). Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Colombia. Recuperado de <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/23559/leguzmanc.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Martínez, A., Murillo, M. y Torres, F. (2006). Historia de los Sistemas de Aprovechamiento de Agua Lluvia. Artículo de Revista. [https://sswm.info/sites/default/files/reference\\_attachments/BALLEN%20et%20al.%202006.%20Historia%20de%20los%20sist%20de%20aprovechamiento%20agua%20lluvia.pdf](https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/BALLEN%20et%20al.%202006.%20Historia%20de%20los%20sist%20de%20aprovechamiento%20agua%20lluvia.pdf)

Martínez, M. C. (2021). Captación de lluvia como alternativa para el ahorro de agua potable.

Ciencia UANL, 24(113), 28-31.

<https://cienciauanl.uanl.mx/?p=11005#:~:text=En%20México%20y%20Mesoamérica%20C%20diversas,jagüeyes%20C%20bordos%20entre%20otros.>

Gutiérrez, L. P. (2021). Implementación de un sistema de captación y filtración de agua lluvia en la Vereda. Universidad de Manizales.

<https://ridum.umanizales.edu.co/handle/20.500.12746/4357>

Gómez, J. (2016). Diseño de un sistema de ahorro sustentable de agua y energía eléctrica en el "Campus Juan Montalvo". Recuperado de.

<https://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/614>

Gómez, E. y Pinzón, L. (2015). Vivienda MIHOUSE: Un esfuerzo por la sostenibilidad. Revista Universitaria.

<http://www.revistavinculacionuniversitaria.org/revistas/index.php/vinculacion/article/view/42>

Giraldo, A. (2010). Propuesta de un sistema de aprovechamiento de agua lluvia como alternativa para el ahorro de agua potable, en la institución educativa María Auxiliadora de Caldas, Antioquia. Artículo de Revista. <https://www.redalyc.org/pdf/1694/169420002002.pdf>

Molina, L. y Rozo, J. (2006). Aprovechamiento de aguas lluvias en la ciudad de Bogotá. Revista de Ingeniería. <https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ingenieria/article/view/858/711>

Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. (1998). Sistemas de captación de agua de lluvia para uso doméstico en América Latina y El Caribe. Manual Técnico.

<http://repiica.iica.int/docs/B1218E/B1218E.PDF>

Leguizamón, C. (2018). Recolección y aprovechamiento de aguas pluviales, mediante sistemas de recolección. (Trabajo de grado). Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Colombia. Recuperado de <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/23559/leguzmanc.pdf?sequence=1&isAllowed=y>