



**CONSTRUCCIÓN DE UNA RED DE MONITOREO DE LLUVIA CON COMUNIDADES
EDUCATIVAS EN LOS MUNICIPIOS DE ARBOLETES Y TURBO, ANTIOQUIA.**

Luis Javier González Burgos

Informe de práctica académica presentado para optar al Título de Ingeniero Sanitario

Asesor interno

Mauricio Andrés Correa Ochoa, Magíster (MSc) en Ingeniería Ambiental

Asesora externa

Laura Catalina Ossa Carrasquilla, Magíster (MSc) en Gestión Ambiental

Universidad de Antioquia
Facultad de Ingeniería, Escuela Ambiental.
Ingeniería Sanitaria
Seccional Urabá
2023

Cita

(González Burgos, 2023)

Referencia

González Burgos, L. J. (2023). *Construcción de una red de monitoreo de lluvia con comunidades educativas en los municipios de Arboletes y Turbo, Antioquia.* [Practica Social]. Universidad de Antioquia, Seccional Urabá, Apartadó.

Estilo APA 7 (2020)



Centro de Documentación Ingeniería (CENDOI)

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

Rector: John Jairo Arboleda Céspedes

Decano: Julio Cesar Saldarriaga Molina

Jefe departamento: Lina María Berrouët Cadavid

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Dedicatoria

Quiero dedicar este logro a las personas que me han apoyado durante este proceso. En primer lugar, a mi madre, María de Los Ángeles Burgos Cuello, quien desde que tengo uso de razón siempre me inculcó la importancia de ser alguien en la vida y quien, a través de sus acciones, me motivó a alcanzar esta meta. A mis hermanas, Victoria Andrea González Burgos y Laura Ximena González Burgos, a quienes admiro por todo lo que han logrado y por lo que son capaces de hacer, siendo figuras de superación para mí. A mi padre, Cesar Augusto González, quien me ha brindado su apoyo desde el inicio de este recorrido. En especial, quiero dedicar este logro a mi tía Dubis Elena López, a quien admiro por su fortaleza y por el amor que irradia, y en memoria de mi tío Dagoberto Burgos, quien me brindó su hogar y siempre será una figura de superación en mi corazón.

Agradecimientos

Quiero expresar mi profundo agradecimiento a mi familia por el acompañamiento y apoyo que me brindaron durante este recorrido por la Universidad. Agradezco a mis asesores de prácticas, Mauricio Correa, y en especial a Catalina Ossa por acompañarme en esta etapa final de mi formación académica. Me quedo con su entusiasmo por transmitir los conocimientos y trabajar para la comunidad. También quiero agradecer a la familia que me regaló la Universidad de Antioquia y que siempre estuvo apoyándome en todo este proceso. A Lizdey Mercado, Camilo Grisales, Karolin Lozano, Gustavo Vásquez, Camilo Giraldo, Jessica Muñoz y Durey Restrepo, mi especial agradecimiento por todo.

Tabla de contenido

Resumen	9
Abstract	10
Introducción	11
1 Objetivos	13
1.1 Objetivo general	13
1.2 Objetivos específicos.....	13
2 Marco teórico	14
3 Metodología	16
3.1 Ubicación de las zonas de estudio.....	16
3.2 Fase 1 – Identificación y selección de comunidades educativas.....	17
3.3 Fase 2 - Construcción metodológica de talleres sociales	17
3.4 Fase 3 - Diseño y elaboración de pluviómetro manual	18
3.5 Fase 4 - Elaboración de procedimiento para la captación de lluvia	18
3.6 Fase 5 - Implementación de talleres de educación ambiental	19
3.7 Fase 6 - Recolección de información	19
3.8 Fase 7 – Análisis de los datos recopilados en relación con datos históricos.....	20
4 Resultados y análisis	21
4.1 Selección de comunidades educativas.....	21
4.2 Diseño y elaboración de pluviómetro manual.....	22
4.3 Diseño y elaboración de procedimiento para captar agua lluvia.....	22
4.4 Ejecución de talleres de educación ambiental.....	22
4.5 Recolección de la información	24
4.6 Análisis de los datos recopilados en relación con datos históricos.....	25
6 Conclusiones	38

Referencias39

Lista de figuras

Figura 1. Mapa de localización de los municipios de Arboletes y Turbo.....	16
Figura 2. Precipitación diaria del mes de agosto en el municipio de Turbo para el periodo de 2015 a 2017.	26
Figura 3. Precipitación diaria del mes de agosto en el municipio de Turbo para el periodo de 2018 a 2020.	26
Figura 4. Precipitación diaria del mes de agosto en el municipio de Turbo para el periodo de 2021 a 2023.	26
Figura 5. Precipitación diaria obtenida con la red de monitoreo en el mes de agosto en el municipio de Turbo en 2023.	27
Figura 6. Precipitación diaria del mes de septiembre en el municipio de Turbo para el periodo de 2015 a 2017.	29
Figura 7. Precipitación diaria del mes de septiembre en el municipio de Turbo para el periodo de 2018 a 2020.	29
Figura 8. Precipitación diaria del mes de septiembre en el municipio de Turbo para el periodo de 2021 a 2023.	30
Figura 9. Precipitación diaria obtenida con la red de monitoreo en el mes de septiembre en el municipio de Turbo en 2023.	31
Figura 10. Precipitación diaria del mes de agosto en el municipio de Arboletes para el periodo de 2015 a 2017.	32
Figura 11. Precipitación diaria del mes de agosto en el municipio de Arboletes para el periodo de 2018 a 2020.	32
Figura 12. Precipitación diaria del mes de agosto en el municipio de Arboletes para el periodo de 2021 a 2023.	32
Figura 13. Precipitación diaria obtenida con la red de monitoreo en el mes de agosto en el municipio de Arboletes en 2023.....	33
Figura 14. Precipitación diaria del mes de septiembre en el municipio de Arboletes para el periodo de 2015 a 2017.	35
Figura 15. Precipitación diaria del mes de septiembre en el municipio de Arboletes para el periodo de 2018 a 2020.	35
Figura 16. Precipitación diaria del mes de septiembre en el municipio de Arboletes para el periodo de 2021 a 2023.	36

Figura 17. Precipitación diaria obtenida con la red de monitoreo en el mes de septiembre en el municipio de Arboletes en 2023.....36

Siglas, acrónimos y abreviaturas

OMS	Organización Mundial de la Salud
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible
BUPPE	Banco de Programas y Proyectos de Extensión
POMCAS	Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas
IDEAM	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales
NASA POWER	Predicción de los recursos energéticos mundiales
NASA	Administración Nacional de Aeronáutica del Espacio de los Estados Unidos
CMCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático

Resumen

El cambio climático global está causando fenómenos meteorológicos extremos y amenaza la disponibilidad de agua dulce en todo el mundo. Esto afecta a la salud humana y la agricultura, especialmente en zonas costeras como en Colombia. En el departamento de Antioquia, se están sintiendo los impactos del cambio climático, lo que ha llevado a las autoridades locales a adoptar estrategias de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Municipios como Arboletes y Turbo enfrentan graves problemas de sequía y acceso limitado al agua potable. Es por esto, que la Universidad de Antioquia propone el proyecto de "Caracterización y cosecha de lluvia" para abordar esta crisis con soluciones que vinculan la participación comunitaria y permiten mejorar la planificación territorial. Se realizaron talleres en los municipios de Arboletes y Turbo en la subregión Urabá de Antioquia para abordar el proyecto "Caracterización y cosecha de lluvia". Se seleccionaron instituciones educativas y se diseñaron talleres sobre medición de la lluvia, captación de agua de lluvia y buenas prácticas para el uso del agua. Se recopiló información pluviométrica de manera estratégica a través de grupos de WhatsApp y se comparó con datos históricos de NASA POWER para los meses en que se compilaron datos generados por la comunidad. A partir de esto, se identificaron patrones de precipitación y tendencias en los datos recopilados. Este proceso de educación ambiental en comunidades educativas permitió desarrollar habilidades. Además, la elaboración de manuales y procedimientos simples promueven la replicabilidad en el territorio.

Palabras clave: Medición de lluvia, precipitación, captación de lluvia, pluviómetro.

Abstract

Global climate change is causing extreme weather events and threatens the availability of fresh water worldwide. This affects human health and agriculture, especially in coastal areas such as Colombia. In the department of Antioquia, the impacts of climate change are being felt, which has led local authorities to adopt Sustainable Development Goals strategies. Municipalities such as Arboletes and Turbo face serious problems of drought and limited access to drinking water. This is why the University of Antioquia proposes the "Characterization and rain harvesting" project to address this crisis with solutions that link community participation and allow for improved territorial planning. Workshops were held in the municipalities of Arboletes and Turbo in the Urabá sub-region of Antioquia to address the "Characterization and rain harvesting" project. Educational institutions were selected and workshops were designed on rainfall measurement, rainwater harvesting and good water use practices. Rainfall information was strategically collected through WhatsApp groups and compared with historical data from NASA POWER for the months in which community-generated data was compiled. From this, precipitation patterns and trends were identified in the data collected. This process of environmental education in educational communities allowed the development of skills. In addition, the development of simple manuals and procedures promotes replicability in the territory.

Key words: rainfall measurement, precipitation, rain catchment, rain gauge.

Introducción

Hoy en día, el cambio climático se ha convertido en una problemática ambiental de gran preocupación a nivel mundial, de manera que se han evidenciado aumentos en la frecuencia, intensidad y duración de los fenómenos meteorológicos y climáticos que, además, se proyecta que seguirán cambiando en las próximas décadas (Liu et al., 2023; Guo et al., 2022). En consecuencia, se esperan afectaciones en la disponibilidad de agua dulce en el mundo debido a los fuertes cambios en las precipitaciones, la temperatura y el aumento en el nivel del mar, provocando así, impactos negativos en la salud humana como, por ejemplo: el suministro inadecuado de agua para beber, ducharse y cultivar (OMS, 2009). Por otro lado, el cambio climático se está volviendo cada vez más extremo e irreversible a medida que pasan los años, lo cual se relaciona con alteraciones en los ecosistemas, producción de alimentos y suministro de agua debido a los impactos extremos provenientes de las sequías e inundaciones (Ali et al., 2020).

Los impactos asociados al cambio climático, como las inundaciones, sequías y tormentas intensas, están estrechamente relacionados con las zonas costeras debido al aumento en el nivel del mar, la escasez de lluvia en invierno y las altas tasas de evaporación (Abedin et al., 2019). Cuando ocurren estos eventos, la preocupación en las poblaciones costeras es alarmante, ya que dependen en gran medida de fuentes superficiales para satisfacer sus necesidades y, en consecuencia, se ven afectadas por una crisis de disponibilidad del recurso hídrico para el consumo y el uso diario (Khan et al., 2014; Abedin et al., 2014).

En países como Colombia, algunos lugares empiezan a verse afectados, como es el caso del departamento de Antioquia, donde se tiene diversidad de pisos térmicos debido a factores como la latitud, altitud, entre otros, y estos varían entre climas templados y fríos hasta cálidos húmedos y semihúmedos (Todacolombia, 2019). Sin embargo, el cambio climático no ha pasado desapercibido, ya que la actual situación que presenta el departamento exige soluciones para la adaptación y mitigación a los impactos que se evidencian en el territorio. Es por eso, que las actuales administraciones contemplan dentro de sus proyectos y actividades las estrategias de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), para disminuir las situaciones de riesgos y mejorar la calidad de vida de la población.

En los municipios de la región de Urabá como Arboletes y Turbo, las alcaldías municipales priorizan acciones que buscan promover alternativas para mejorar el acceso a los servicios públicos y satisfacer las necesidades básicas humanas; incentivan el consumo de productos locales y desarrollos en infraestructura sostenible, debido a que actualmente cuentan con condiciones extremas de sequía y desabastecimiento de agua, impidiendo que las comunidades tengan acceso al recurso hídrico de manera constante, vulnerando sus derechos básicos (Alcaldía Arboletes, 2020; Alcaldía Turbo, 2020). Por otro lado, el abastecimiento del agua potable en estos municipios se realiza por medio de carrotaques, los cuales se surten directamente del acueducto o algunos puntos específicos, lo que permite tener disponibilidad del recurso en ciertos horarios del día; lo anterior, impide el libre desarrollo de las actividades tanto de la población como de diferentes sectores, los cuales se ven afectados por esta condición en actividades domésticas, agrícolas y ganaderas de la zona (Gobernación de Antioquia-Colombia, 2020).

Con respecto a la cobertura del servicio de acueducto y alcantarillado de estos municipios por parte de las empresas prestadoras de servicio, Arboletes no tiene cobertura completa para abastecimiento y desagüe, solo el 97 % del casco urbano presenta cobertura y el 36 % de la ruralidad tiene abastecimiento que presta la empresa local. Turbo presenta una de las brechas más críticas para el desarrollo de actividades en el municipio, registrándose actualmente cobertura en la zona urbana del 62 % y 49 % en la ruralidad (Alcaldía Municipal Arboletes, 2020; Alcaldía Turbo, 2020).

De esta manera, en marco de la décimo octava convocatoria del Banco de Programas y Proyectos de Extensión (BUPPE), la Universidad de Antioquia propone soluciones para abordar progresivamente esta problemática de los municipios de Arboletes y Turbo a través del proyecto “Caracterización y cosecha de lluvia” y en articulación con los programas de desarrollo de saneamiento básico y cambio climático de estos municipios, se reconoce la importancia de monitorear la cantidad del recurso atmosférico y comprender la disponibilidad hídrica actual para las distintas zonas de riesgo de escasez y solucionar por otro mecanismo sus necesidades básicas con la captación de agua lluvia (Alcaldía Distrital Turbo Antioquia, 2020). Es menester considerar que, los procesos de medición y cosecha de lluvia en los territorios contribuirán a identificar y desarrollar futuras alternativas hídricas para las zonas que carecen de este recurso, por lo que

podrán apoyar la construcción de herramientas de planificación territorial como los POMCAS y los esquemas y planes básicos de ordenamiento territorial para las alcaldías.

1 Objetivos

1.1 Objetivo general

Apoyar el proceso de consolidación de una red de monitoreo de lluvia con comunidades educativas en los municipios de Arboletes y Turbo, Antioquia, que permita la generación de datos de precipitación con pluviómetros manuales y el fomento de buenas prácticas del uso del agua.

1.2 Objetivos específicos

- Diseñar un modelo de pluviómetro manual y un sistema de captación de agua lluvia que incluya los procesos metodológicos de monitoreo y registro de datos, para aplicarlos en comunidades educativas de los municipios de Arboletes y Turbo.
- Desarrollar estrategias de educación ambiental en comunidades educativas de los municipios de Arboletes y Turbo, orientadas a la medición de la lluvia por medio de pluviómetros manuales, captación de lluvia y buenas prácticas del agua.
- Correlacionar los datos recopilados de precipitación por medio del uso de pluviómetros manuales en comunidades educativas de los municipios de Arboletes y Turbo, con los datos históricos de cada municipio.

2 Marco teórico

El cambio climático es una alteración del clima que resulta tanto de la actividad humana, directa o indirectamente, como de la variabilidad natural del clima a lo largo de períodos de tiempo similares. Esta alteración afecta la composición de la atmósfera mundial debido a la emisión de gases de efecto invernadero, y sus consecuencias son acumulativas (CMCC, 1992).

Por su ubicación geográfica, Colombia se considera uno de los países más vulnerables a esta alteración climática. Lo cual podría generar una afectación en el recurso hídrico y en sus cultivos en los siguientes años (Ministerio de Ambiente, 2023). Dentro de Colombia, el departamento de Antioquia presenta afectaciones localizadas, especialmente en la región de Urabá, que es considerada en amenaza de vulnerabilidad climática, debido a proyecciones que indican un aumento de temperatura de 1.9 °C en la región para el año 2100, siendo las zonas costeras las más afectadas (IDEAM, 2015).

El constante cambio climático tendrá efectos en la variabilidad atmosférica del territorio, afectando el ciclo hidrológico, el cual es un proceso constante de circulación del agua entre la Tierra y la atmósfera. Como resultado, cualquier alteración en una de las etapas del ciclo del agua puede tener un impacto en el comportamiento de las demás (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2022). De esta manera, a medida que ocurre el cambio, es posible que los fenómenos hidroclimáticos extremos impacten sobre la región y tengan una ocurrencia durante períodos prolongados, como meses, y puedan manifestarse como inundaciones de larga duración y sequías (Ministerio de Ambiente, 2021).

En ese sentido, el contexto climático de Arboletes y Turbo, ambos municipios, están siendo afectados por el cambio climático, proporcionando así, que los patrones de lluvia cambien y generen problemas de sequía, el cual es un fenómeno natural que ocurre de manera impredecible y se caracteriza por periodos prolongados en los que no precipita en un área determinada (Centro Nacional de Salud Ambiental, 2021). La escasez de precipitaciones se extiende por todo el ciclo del agua y provoca carencias en el flujo de los ríos, la humedad del suelo y las aguas subterráneas.

Además, la sequía representa un desafío fundamental en la administración de los recursos hídricos debido a los impactos significativos que genera en la sociedad y el medio ambiente (Shiau, 2023).

Las condiciones de sequía producen que la escasez de agua experimente un rápido crecimiento en el territorio, impactando un creciente número de usuarios del agua como los residenciales, comerciales, industriales y agrícolas (Faramarzi et al., 2010). A su vez, las condiciones de escasez provocan que los habitantes no tengan un servicio continuo de agua y muchos hogares se vean en la obligación de almacenarla en tanques para afrontar el desabastecimiento y esto provoque que deban limitarse en el uso de diario de agua (Salehi, 2022).

De manera que, las soluciones a la escasez de agua puedan reducirse con monitoreos constantes de la precipitación mediante herramientas como los pluviómetros, que son instrumentos utilizados para medir la cantidad de lluvia y consisten en receptáculos abiertos con lados verticales, generalmente en forma de cilindros rectos en donde la altura de la lluvia recogida se mide utilizando una probeta o una varilla de medición graduada (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2022). La disponibilidad de información precisa sobre la precipitación es crucial para investigar y desarrollar modelos climáticos en relación con el calentamiento global. Además, ayuda a mejorar la comprensión de los cambios en los eventos de precipitación extrema y su capacidad de predicción, favorece la gestión del agua, así como a diseñar estrategias para mitigar y adaptarse al cambio climático (Zhao et al., 2023).

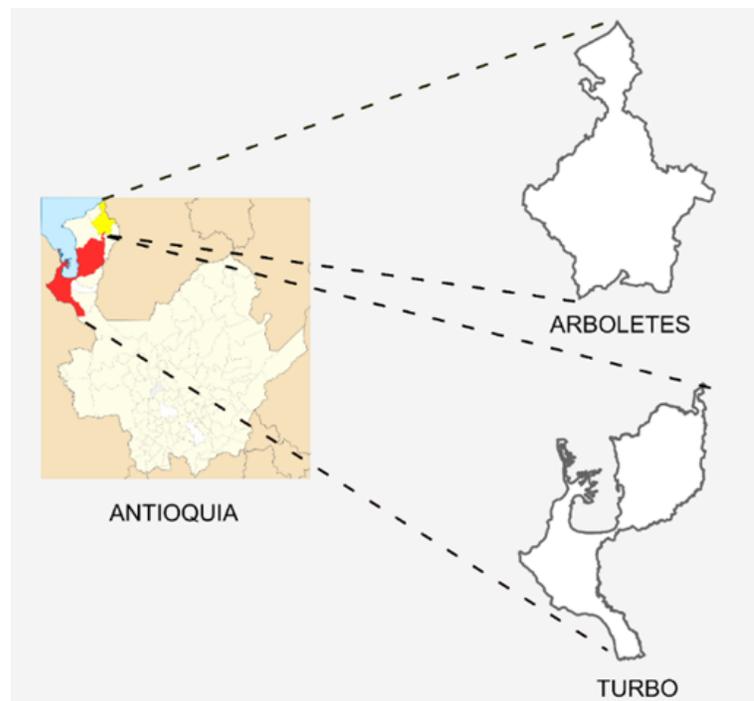
3 Metodología

3.1 Ubicación de las zonas de estudio

Los municipios seleccionados para el desarrollo del proyecto se encuentran ubicados en la subregión del Urabá antioqueño. Uno de ellos es Arboletes, que abarca una superficie total de 710 Km². Se sitúa a una altitud de 4 metros sobre el nivel del mar y presenta una temperatura promedio de 28 °C. Arboletes limita al norte con el Mar Caribe, al este con el municipio Los Córdoba (departamento de Córdoba), al sur con los municipios de San Pedro de Urabá y Turbo, y al occidente con los municipios de San Juan de Urabá y Necoclí (Noticias Urabá, 2017). El otro es Turbo, es el municipio más grande de Antioquia y tiene una extensión total de, 3055 Km². Su cabecera municipal se encuentra 2 metros sobre el nivel del mar y cuenta con una temperatura media de 28 °C. Turbo limita por el norte con el municipio de Necoclí y Arboletes, al este con el municipio de San Pedro de Urabá, Apartadó, Carepa y Chigorodó, por el occidente con el municipio de Río Sucio y Ungía, y al sur con el municipio de Mutatá (Alcaldía del Distrito de Turbo, 2020; Alcaldía Arboletes, 2020).

Figura 1.

Mapa de localización de los municipios de Arboletes y Turbo.



3.2 Fase 1 – Identificación y selección de comunidades educativas

Durante la primera fase de ejecución del proyecto, se llevó a cabo la identificación de las instituciones educativas a impactar en cada municipio. Para lograr esto, se realizó una búsqueda de contactos en directorios municipales, con el objetivo de establecer una primera conexión comunicativa a través de llamadas telefónicas o correos electrónicos. Esta comunicación inicial sirvió para presentar el proyecto y su finalidad, y posteriormente se enviaron invitaciones formales a las instituciones mediante oficios, con el fin de formalizar su participación en el proyecto.

3.3 Fase 2 - Construcción metodológica de talleres sociales

El proyecto "Caracterización y cosecha de lluvia" se planteó con la premisa de brindar capacitaciones a comunidades educativas a través de diversos talleres que abordaran las necesidades específicas del territorio. A partir de esta premisa, se identificaron tres temáticas principales: medición de la lluvia, captación de la lluvia y buenas prácticas para el uso del agua lluvia. Los temas anteriores, se seleccionaron con el objetivo de proporcionar a las comunidades herramientas y conocimientos necesarios para caracterizar y aprovechar de manera sostenible el recurso hídrico de la lluvia.

Después de haber identificado las temáticas relevantes para la ejecución del proyecto, se llevó a cabo una búsqueda bibliográfica con el fin de recopilar información relevante y enriquecedora. Esta investigación permitió consolidar datos importantes y obtener una base sólida de conocimientos para las siguientes etapas del proyecto. Además, se utilizó la información recopilada para elaborar entregables de calidad que cumplieron con los objetivos del proyecto. Cada tema tuvo dos entregables que comprendieron lo siguiente:

- Ficha metodológica
 - a. Título
 - b. Objetivo general
 - c. Objetivos específicos

- d. Contexto base
 - e. Actividades para desarrollar
 - f. Responsable
 - g. Monitoreo y control del taller
 - h. Materiales necesarios
- Presentación en Power Point

La presentación de cada tema incluyó información pertinente y complementaria. Esta información adicional se incorporó con el propósito de enriquecer y respaldar los puntos clave presentados durante la exposición. Se incluyeron datos relevantes, ejemplos ilustrativos y material informativo que contribuyó a una comprensión más completa y efectiva del tema en cuestión. La presentación se diseñó de manera cuidadosa y visualmente atractiva, utilizando gráficos, imágenes y elementos visuales para mejorar la claridad y el impacto de la información transmitida.

3.4 Fase 3 - Diseño y elaboración de pluviómetro manual

Con el fin de complementar el taller de medición de lluvia, se elaboró un manual que proporcionó la metodología detallada para la instalación y construcción de un pluviómetro casero. El objetivo principal de este manual fue capacitar a los participantes del proyecto para que pudieran compartir la información y replicar el proceso de medición de lluvia con sus familias, amigos y comunidades. De esta manera, se fomentó la expansión de la red de monitoreo y se promovió la participación de más personas en la recolección de datos sobre la precipitación. El manual ofreció instrucciones claras y prácticas, acompañadas de ilustraciones y consejos útiles para garantizar que los pluviómetros caseros fueran construidos de manera precisa y efectiva.

3.5 Fase 4 - Elaboración de procedimiento para la captación de lluvia

En el segundo taller, se presentó a los participantes un diseño de captación de agua de lluvia. Con este fin, se elaboró un procedimiento detallado que incluyó un paso a paso y la lista de materiales necesarios para construir una estructura práctica de captación de agua de lluvia. Asimismo, se

seleccionó a tres instituciones, dos de Turbo y una de Arboletes, y se les proporcionó un sistema de captación de agua lluvia para el plantel educativo. De esta manera, estas instituciones pusieron en práctica la actividad de recolección y almacenamiento de agua de lluvia, y la utilizaron en sus actividades diarias. Esta iniciativa buscó no solo capacitar a los participantes, sino también promover la adopción de prácticas sostenibles de manejo del agua en sus comunidades.

3.6 Fase 5 - Implementación de talleres de educación ambiental

La ejecución de los talleres se llevó a cabo teniendo en cuenta la disponibilidad de las instituciones educativas. Además, se solicitó apoyo para contar con el espacio adecuado, el equipo audiovisual, tablero y otras herramientas que permitieron a los participantes sentirse cómodos y aprovechar al máximo la experiencia. Cada uno de los talleres contó con una metodología específica, diseñada para garantizar la comprensión de las temáticas abordadas, mediante el uso de estrategias lúdico-pedagógicas y dinámicas participativas.

Asimismo, se buscó iniciar cada taller planteando diferentes preguntas o interrogantes, con el objetivo de evaluar los conocimientos previos de los estudiantes. Esto permitió ajustar el enfoque y el nivel de profundidad necesario en cada sesión. De esta manera, se creó un ambiente de participación activa y se fomentó la interacción entre los participantes, promoviendo un aprendizaje más significativo y enriquecedor para todos.

3.7 Fase 6 - Recolección de información

En esta fase, se llevó a cabo la recopilación de información relacionada con la medición de la lluvia. La estrategia propuesta consistió en realizar una recolección de datos de manera semanal, con el objetivo de ir consolidando esta información en una base de datos centralizada. A partir de estos datos recopilados, se generaron reportes que posteriormente fueron compartidos y socializados con los participantes del proyecto. De esta manera, los participantes pudieron conocer cómo se utilizaba la información que ellos mismos estaban proporcionando, lo que fomentó su involucramiento y comprensión del proceso en general. Esta retroalimentación permitió que los participantes se

sintieran parte activa del proyecto y comprendieran el valor de su contribución en la generación de conocimiento sobre la lluvia y su impacto en el territorio.

3.8 Fase 7 – Análisis de los datos recopilados en relación con datos históricos

El análisis de los datos se realizó a partir de los valores que se obtuvieron de los 100 pluviómetros que se entregaron y distribuyeron por Turbo y Arboletes durante la ejecución del proyecto “Caracterización y cosecha de lluvia”. Con la distribución de los pluviómetros se buscó consolidar datos reales mediante el compromiso de los participantes en la red de monitoreo de la lluvia.

En ese sentido, una vez recolectados los datos, se procedió a su análisis y comparación con los valores históricos proporcionados por el NASA POWER para el territorio en cuestión. Esta comparativa permitió validar la información obtenida de los participantes y verificar su concordancia con los registros históricos.

El análisis se llevó a cabo mediante técnicas de estadística descriptiva y métodos de procesamiento de datos. Se buscaron patrones y tendencias en las precipitaciones, así como variaciones estacionales y anuales. Lo anterior, ayudó a comprender el comportamiento de la lluvia en la región y a tomar decisiones informadas en relación con la cosecha de agua de lluvia. Además, el análisis posibilitó identificar posibles desviaciones o anomalías en los datos recolectados por la comunidad.

4 Resultados y análisis

4.1 Selección de comunidades educativas

Las comunidades educativas seleccionadas (**Tabla 1 y Tabla 2**) para la implementación de esta propuesta fueron las siguientes: la institución educativa Santa Fe La Playa, San Martín de Porres y San José La Salle ubicadas en el municipio de Turbo, con un aforo de participantes de 25, 25 y 30 respectivamente. Para el municipio de Arboletes se eligió la institución educativa José Manuel Restrepo, con un total de 25 participantes. En conjunto, estas cuatro instituciones sumaron un total de 100 participantes que conformaron la red de monitoreo. Es importante destacar que la selección de las instituciones se basó en el hecho de que todas contaban con semilleros de investigación ambiental, lo que fue un criterio fundamental para su elección.

Tabla 1.

Instituciones educativas seleccionadas para la ejecución del proyecto en Turbo.

Ítem / Instituciones	San José de la Salle	San José de la Salle	Santa Fe La Playa
Nombre del rector/a o coordinador/a.	Emilio Ibarguen	Alberto Alain Cabrales	Zully Milán Mosquera
Nombre del representante en la institución para el proyecto.	Tania Hernández Correa	Ariel Antonio López	Ezequiela Tovar Mercado
Participantes	30	20	25

Tabla 2.

Instituciones educativas seleccionadas para la ejecución del proyecto en Arboletes.

Ítem / Institución	José Manuel Restrepo
Nombre del rector/a o coordinador/a.	Daniris Lucia Obregón Hernández
Nombre del representante en la institución para el proyecto.	Alfredo Rafael Álvarez Barrios
Participantes	25

4.2 Diseño y elaboración de pluviómetro manual

Para complementar los talleres de medición de la lluvia, se elaboró un manual que explica cómo construir un pluviómetro casero utilizando materiales de fácil acceso. Este manual está destinado a los participantes de los talleres y a cualquier persona interesada en medir la lluvia, proporcionando una guía detallada para la construcción del instrumento (ver Anexo 1).

4.3 Diseño y elaboración de procedimiento para captar agua lluvia.

Con la finalidad de proporcionar un sistema de captación replicable, se han diseñado dos opciones de sistemas de captación de aguas pluviales. Esto permitirá que las comunidades que enfrentan escasez de agua dispongan de sistemas de fácil construcción, incluyendo todos los materiales necesarios para el almacenamiento de agua de lluvia (ver anexo 2). Estos sistemas brindarán una solución accesible y sostenible para mejorar el acceso al agua en dichas comunidades.

4.4 Ejecución de talleres de educación ambiental

En el primer taller, titulado "Medición de lluvia", se compartió información sobre la importancia de medir la lluvia en un territorio afectado por sequías y desabastecimiento, y se concientizó a los participantes acerca de las posibles soluciones. Durante este taller, la atención se centralizó en capacitar a los participantes en la construcción de pluviómetros manuales de bajo costo y sobre cómo llenar una hoja de registro. Además, se proporcionaron instrucciones sobre cómo utilizar pluviómetros calibrados para que pudieran convertirse en replicadores. Como parte de esta capacitación, se entregaron 100 pluviómetros calibrados a los participantes del proyecto con la finalidad de consolidar la red de monitoreo de la lluvia.

El objetivo principal de este taller consistió en preparar a los participantes para que, una vez instruidos, pudieran instalar los pluviómetros en sus hogares y medir la cantidad de lluvia de manera efectiva. Esto les permitió recopilar información semanal sobre la precipitación en sus áreas respectivas y tener la capacidad de determinar la cantidad de agua que caía en el territorio. Posteriormente, mediante la colaboración, el compromiso y la distribución estratégica de estos

instrumentos, se estableció una red de monitoreo eficiente que permitió recopilar datos precisos y en tiempo real sobre la lluvia en diversas ubicaciones.

En el taller titulado "Captación de lluvia", se llevó a cabo una capacitación sobre la importancia de captar el agua de lluvia, sus ventajas y desventajas. Se utilizó ilustraciones de fácil comprensión y se plantearon preguntas desafiantes con el objetivo de que los estudiantes reflexionaran acerca de la relevancia de esta técnica en su territorio, que enfrenta problemas de escasez de agua.

Además, se motivó a los estudiantes a participar en una actividad grupal en la que debían diseñar un sistema de captación y compartir sus ideas con los demás participantes. Esta actividad fomentó la creatividad y permitió explorar las diferentes formas en que los estudiantes conocen para captar el agua de lluvia. También se llevó a cabo con la intención de conocer sus percepciones. A partir de esto, se diseñaron una variedad de sistemas convencionales basados en lo que hacen en sus hogares. Se evidenció que la gran mayoría de los estudiantes captan agua de lluvia en sus casas y la consumen sin ningún tratamiento.

Esto nos llevó a profundizar en sistemas de captación más sofisticados que podrían ser utilizados en los hogares sin representar un riesgo para la salud. Además, se proporcionó una explicación sobre por qué no se debe consumir agua de lluvia, ya que no cumple con los requisitos establecidos en la resolución 2115 de 2007 para ser considerada apta para el consumo humano.

Para concluir este ciclo de capacitaciones, el último taller se centró en las "Buenas prácticas para el uso del agua de lluvia". Durante este taller, se destacó la importancia de la cantidad de agua dulce disponible en el planeta Tierra y por qué es crucial cuidarla. Además, se ofreció un espacio curioso donde se ilustró la cantidad de agua que las personas utilizan en diversas actividades. Para hacerlo comprensible, se tomó como referencia un litro de agua, representando cada actividad con una cantidad equivalente en botellas de un litro. Esto tenía como objetivo que los participantes pudieran comprender la magnitud en términos de volumen cuando se habla de grandes cantidades de agua y, así, fomentar una mayor conciencia en el uso racional del recurso.

También se subrayó la importancia de cuidar el agua y cómo se puede contribuir mediante un uso eficiente del recurso. Se presentaron diversas situaciones en las que es fundamental hacer un uso adecuado del agua, y se observó que la mayoría de los participantes ya implementaba algunas técnicas para utilizar el agua de manera eficiente. Esto se debe a que la mayor parte de los meses del año no cuentan con suficiente agua para satisfacer sus necesidades, lo que ha desarrollado en ellos la capacidad de racionar el agua. Sin embargo, algunos pocos participantes compartieron en el taller que, aunque valoran el agua, no siempre la utilizan de manera eficiente y consciente.

Además de esta reflexión sobre el uso eficiente del agua, se les alentó a considerar sus propios hábitos y comportamientos en el manejo del recurso hídrico. Se les animó a buscar formas concretas de reducir el desperdicio de agua en sus actividades diarias y a compartir sus conocimientos con quienes los rodean. El objetivo fue crear una cadena de conciencia y acción que se extendiera más allá del taller y tuviera un impacto positivo en la institución y en sus comunidades. En última instancia, este taller no solo sirvió como un espacio de aprendizaje, sino como un punto de partida para una mayor colaboración y acción conjunta en la preservación del agua.

4.5 Recolección de la información

La metodología para recopilar la información pluviométrica proporcionada por los participantes de la red de monitoreo se llevó a cabo mediante grupos de WhatsApp con cada institución participante. En estos grupos, se agregó a cada participante junto con el código de su pluviómetro y su nombre para facilitar la identificación de la información. Esta información se recopiló semanalmente, ya que se designó los días viernes como el día para presentar los informes. En otras palabras, cada viernes del mes, los participantes debían enviar los registros de las mediciones tomadas durante los 7 días previos.

Posteriormente, con los datos proporcionados por los participantes, se procedió a digitalizar la información en hojas de Excel, creando una hoja por cada mes. Esto permitió realizar un análisis estadístico utilizando las herramientas del software, como las tablas dinámicas, que facilitan el

manejo de grandes cantidades de datos dado que permite realizar resúmenes mensuales de la información.

4.6 Análisis de los datos recopilados en relación con datos históricos.

Los datos históricos de precipitación para los municipios de Turbo y Arboletes se descargaron del sistema de información abierto y gratuito del proyecto POWER del Centro de Investigación Langley de la NASA (LaRC) financiado a través del Programa de Ciencias de la Tierra/Ciencias Aplicadas de la NASA. El portal NASA POWER (Predicción de los recursos energéticos mundiales), es un sistema que proporciona datos relacionados con las condiciones climáticas y, además, ofrece información precisa, confiable y de alta calidad sobre los recursos, ya que se derivan de diferentes fuentes de observación satelital y de estaciones meteorológicas de la superficie (NASA, 2021)

Precipitación en Turbo mes de agosto

En la Figura 2, 3 y 4 se presentan los datos históricos de precipitación promedio diaria correspondientes a los años 2015 al 2023 para agosto en Turbo. Se ha agrupado la información en intervalos de tres años por figura, con el fin de facilitar la visualización de las variaciones en la precipitación diaria y permitir una comparación con los datos recopilados por la red de monitoreo consolidada. En estas figuras, se puede observar claramente que, en los últimos días del mes agosto para cada año, la precipitación disminuyó considerablemente en comparación con los demás días del mes. Además, también es evidente que en los años 2018 y 2021 se registraron las menores cantidades de eventos de precipitación diaria para este mes, mientras que, en los años 2015, 2019 y 2023 se registraron los eventos más intensos en términos de precipitación.

Figura 2.

Precipitación diaria del mes de agosto en el municipio de Turbo para el periodo de 2015 a 2017.

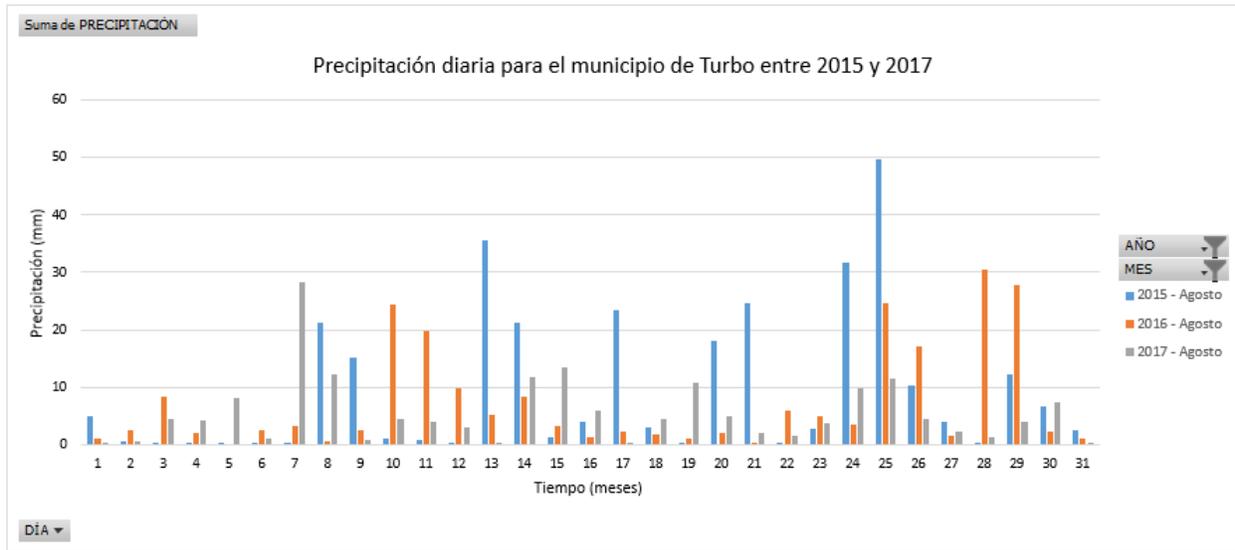


Figura 3.

Precipitación diaria del mes de agosto en el municipio de Turbo para el periodo de 2018 a 2020.

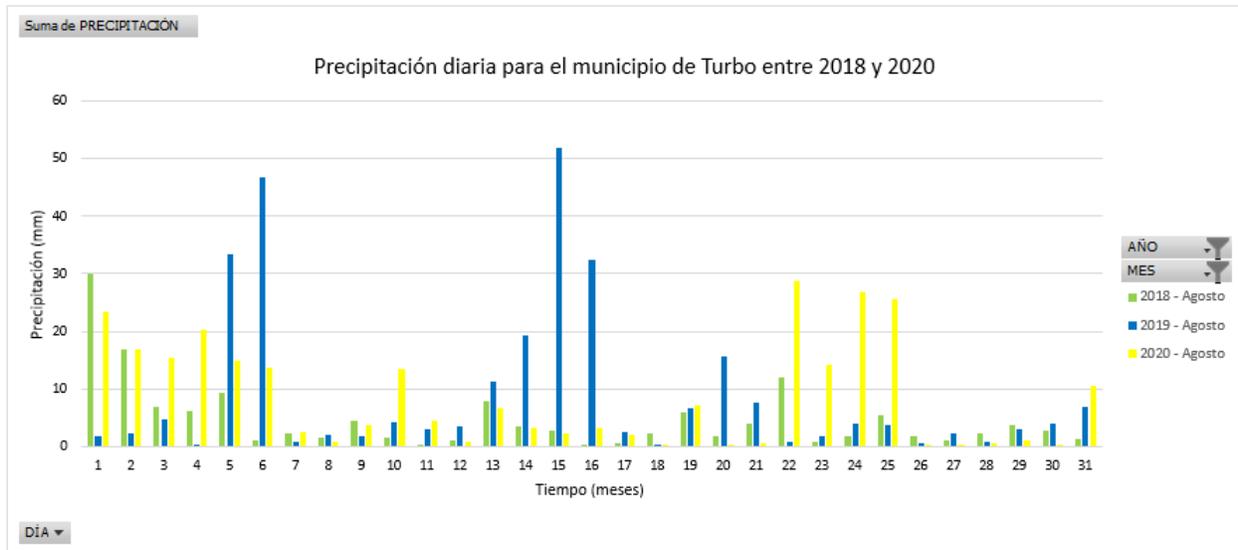
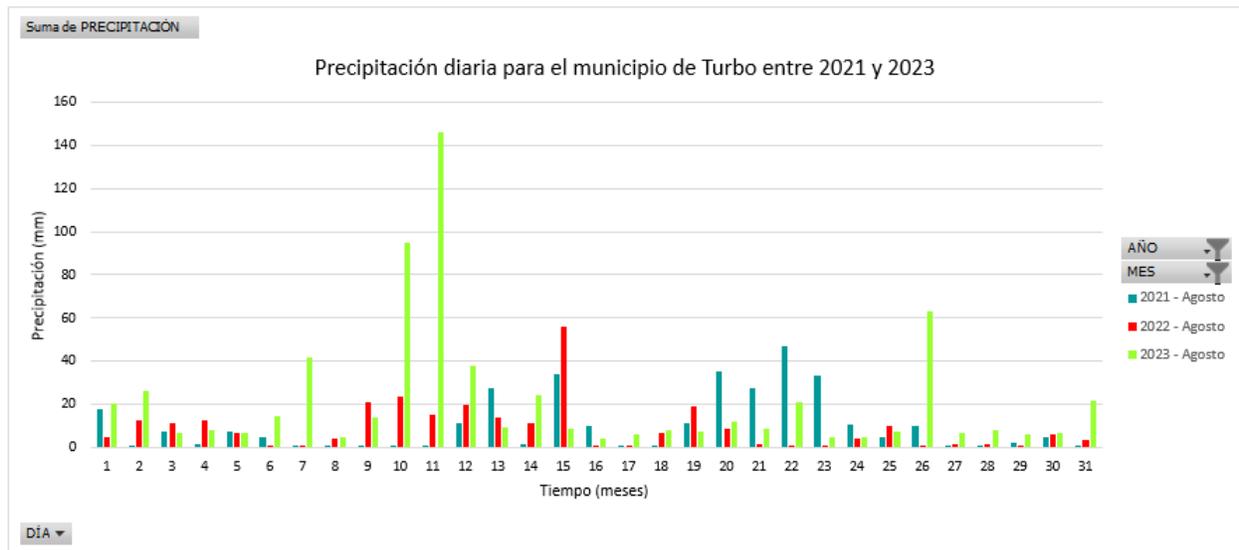


Figura 4.

Precipitación diaria del mes de agosto en el municipio de Turbo para el periodo de 2021 a 2023.



En la Figura 5, se presentan los datos de precipitación recopilados a través de la red de monitoreo consolidada en el municipio de Turbo para el mes de agosto. A partir de esta figura, se puede observar que hubo una mayor cantidad de precipitaciones en los primeros 20 días del mes y una disminución en los últimos días. Al comparar estos registros con los datos históricos comprendidos entre 2015 y 2023, se observa una similitud en cuanto a la tendencia de disminución de la precipitación en los últimos días del mes.

Sin embargo, al analizar los datos del mismo año, es decir, 2023, se nota que no se presenta un patrón similar en las precipitaciones diarias. Esto sugiere que, aunque existe una tendencia histórica, cada año puede comportarse de manera diferente en términos de precipitación, lo que resalta la importancia de monitorear y analizar los datos en tiempo real para una toma de decisiones más precisa.

Figura 5.

Precipitación diaria obtenida con la red de monitoreo en el mes de agosto en el municipio de Turbo en 2023.



Precipitación en Turbo mes de septiembre

En la Figura 6, 7 y 8 se presentan los datos históricos de precipitación diaria correspondientes al mes de septiembre durante los años 2015 al 2023 en el municipio de Turbo. En las figuras, se puede evidenciar que, en los últimos tres años ha disminuido significativamente la cantidad de precipitación en la mayoría de los días del mes. Esta disminución podría ser indicativa de eventos de sequía que están afectando al territorio.

Este tipo de tendencias plantea preocupaciones importantes sobre la disponibilidad de agua para diversos usos en la zona, ya que es posible que los diferentes sectores se vean afectados por la escasez de suministro de agua. Con respecto a los otros años, se puede observar que no se presenta un patrón en la precipitación, pero si hay un registro de mayores precipitaciones diarias.

Figura 6.

Precipitación diaria del mes de septiembre en el municipio de Turbo para el periodo de 2015 a 2017.

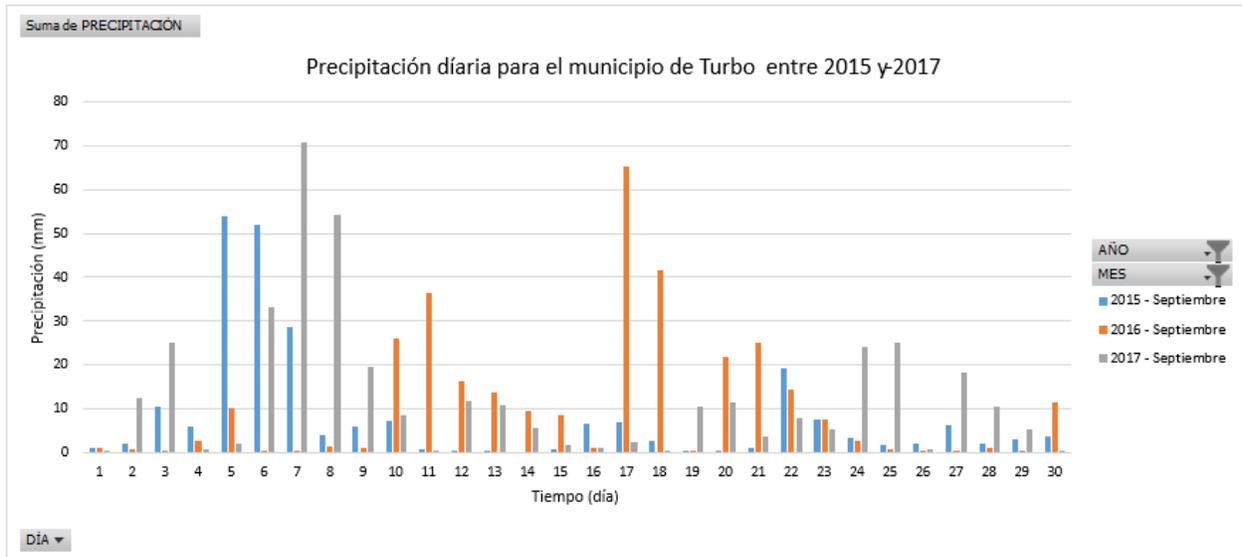


Figura 7.

Precipitación diaria del mes de septiembre en el municipio de Turbo para el periodo de 2018 a 2020.

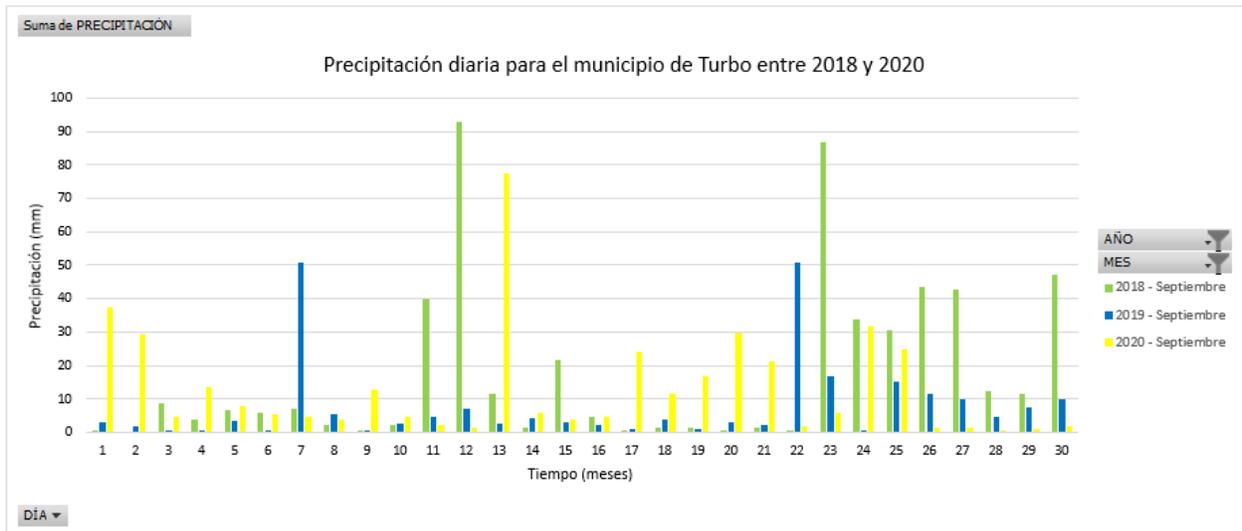
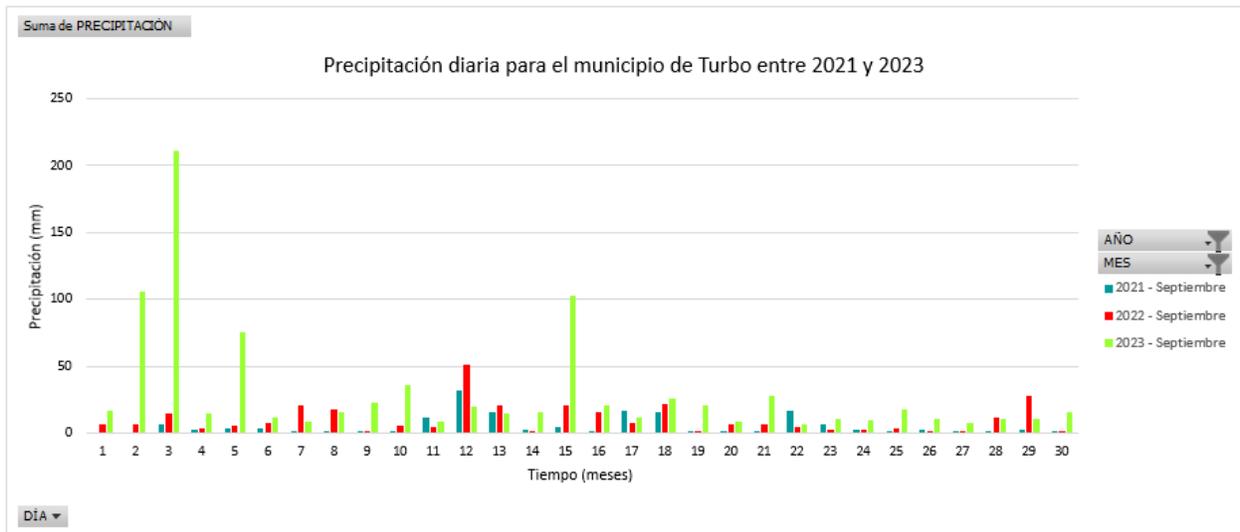


Figura 8.

Precipitación diaria del mes de septiembre en el municipio de Turbo para el periodo de 2021 a 2023.

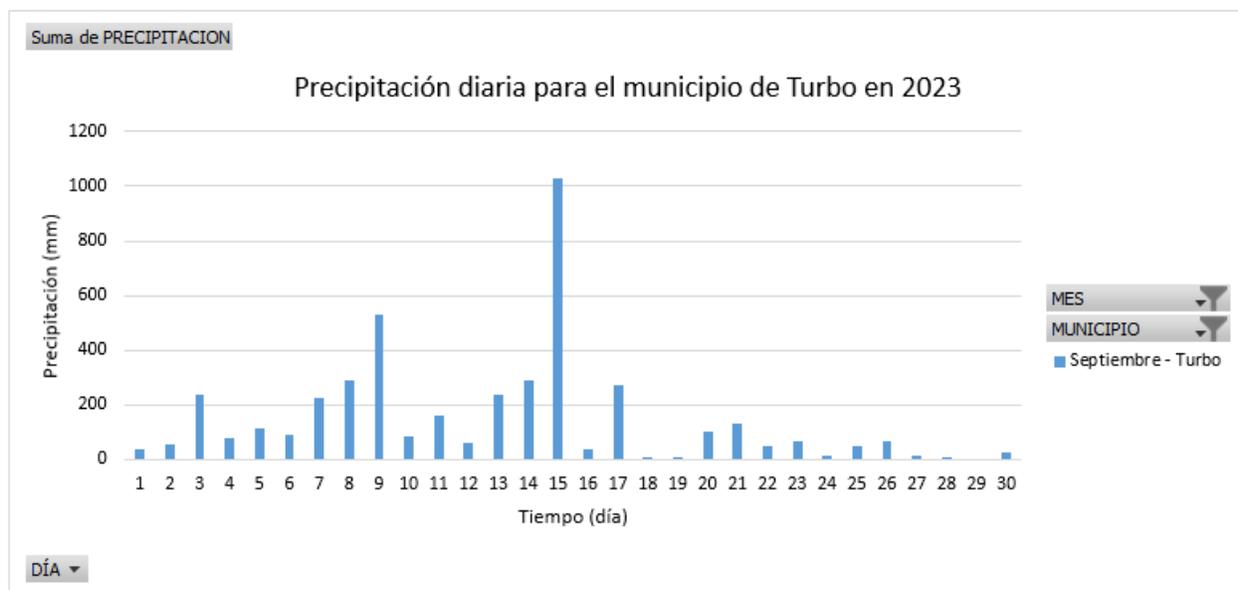


En la Figura 9, se ilustran los datos de precipitación recopilados a través de la red de monitoreo consolidada en el municipio de Turbo para el mes de septiembre. Al comparar estos registros con los datos de NASA POWER, se puede evidenciar que, al igual que en los últimos tres años, la precipitación disminuye hacia finales de mes y los eventos de precipitación no son tan intensos durante todo el mes.

Por otro lado, al comparar los registros del año 2023, se puede observar que solo hay similitud en la precipitación obtenida para el día 15, ya que en ambos registros se registra una alta precipitación en esa fecha, seguida de una disminución en los días posteriores.

Figura 9.

Precipitación diaria obtenida con la red de monitoreo en el mes de septiembre en el municipio de Turbo en 2023.



Precipitación en Arboletes mes de agosto

En las Figuras 10, 11 y 12 se presentan los datos históricos de precipitación diaria correspondientes a los años 2015 al 2023 para el mes de agosto en el municipio de Arboletes. A partir de estas representaciones gráficas, se puede destacar que los años 2015, 2016, 2017, 2022 y 2023 muestran un comportamiento similar en cuanto a la distribución de la precipitación a lo largo del mes. En estos años, la mayor intensidad de precipitación se concentra principalmente entre los días 7 al 17 y del 22 al 27 de agosto.

Por otro lado, los años 2018 y 2020 también exhiben similitudes en su distribución diaria, con valores muy cercanos entre ellos. Este análisis de patrones de precipitación a lo largo de los años es fundamental para comprender las variaciones climáticas en la región y puede ser valioso para la planificación y la toma de decisiones relacionadas con la gestión de recursos hídricos y la agricultura, entre otros aspectos.

Figura 10.

Precipitación diaria del mes de agosto en el municipio de Arboletes para el periodo de 2015 a 2017.

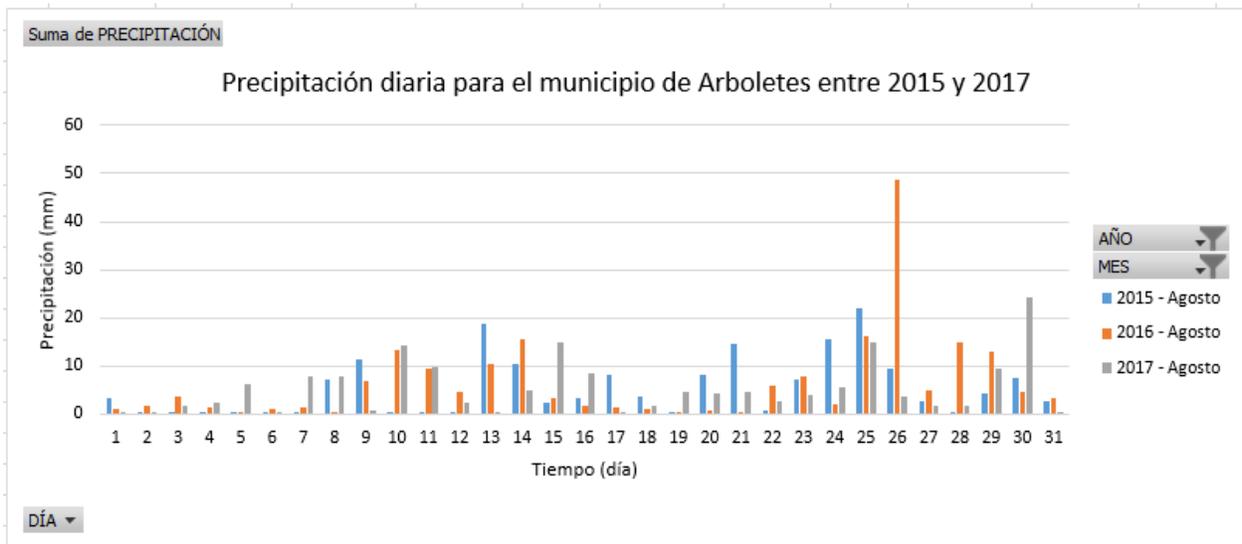


Figura 11.

Precipitación diaria del mes de agosto en el municipio de Arboletes para el periodo de 2018 a 2020.

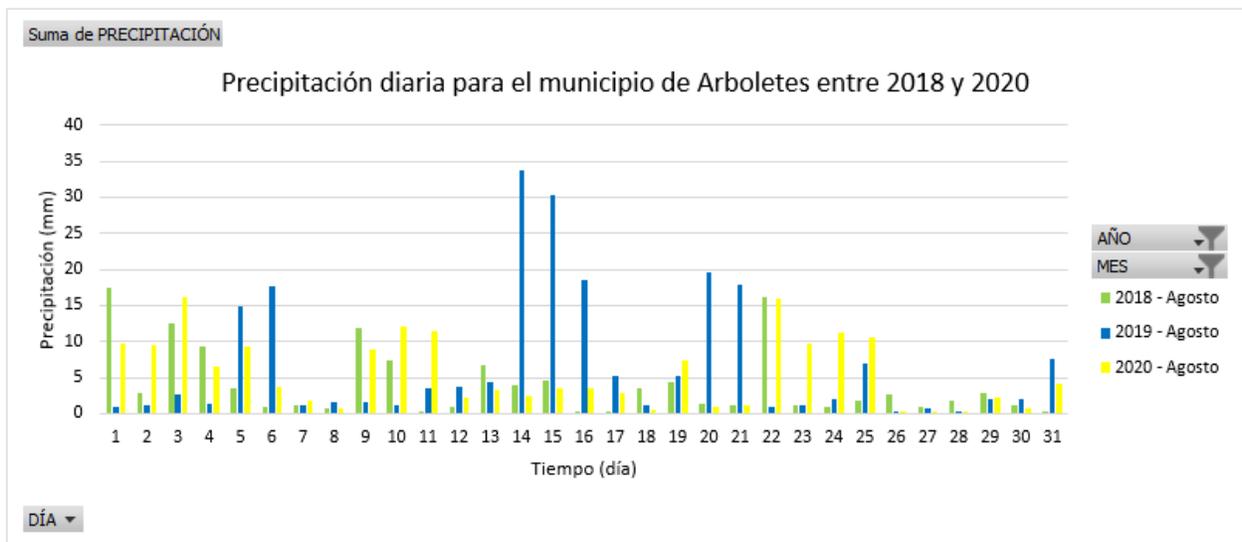
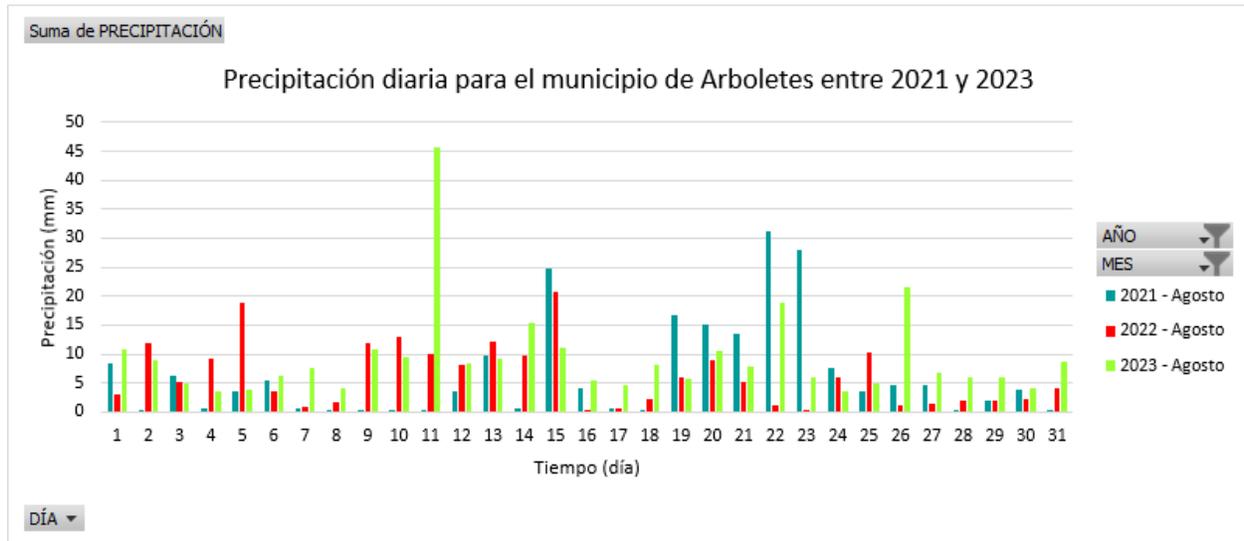


Figura 12.

Precipitación diaria del mes de agosto en el municipio de Arboletes para el periodo de 2021 a 2023.

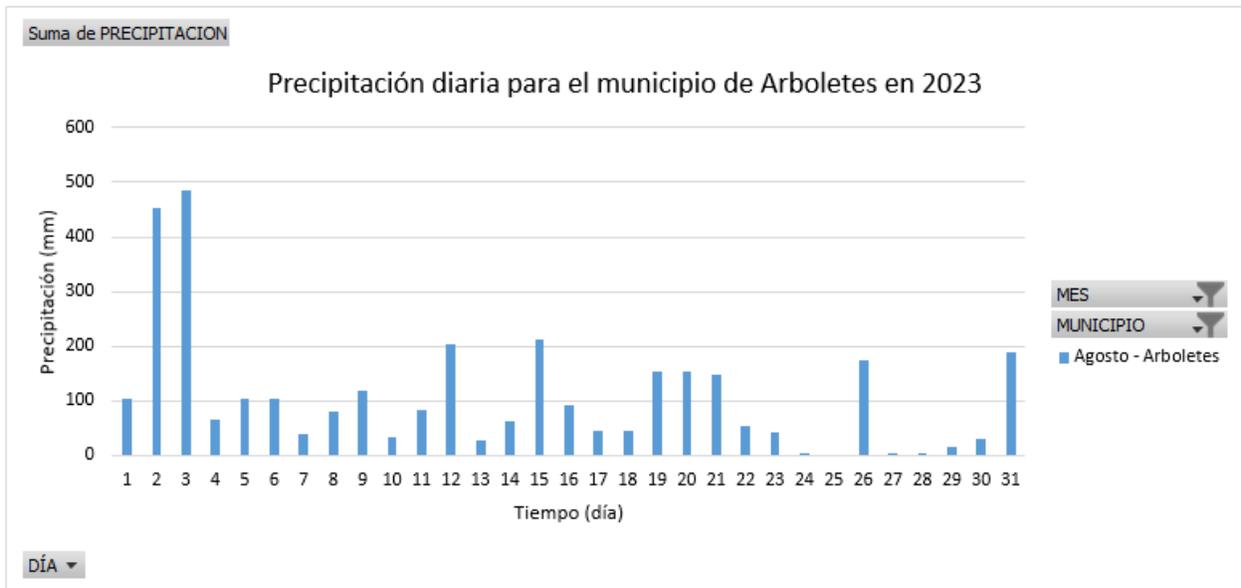


En relación a la Figura 13 y su comparación con los datos históricos, podría establecerse una posible relación con los valores registrados en 2018 y 2020, ya que muestran similitudes en los registros de lluvia tanto al inicio como al final del mes. Sin embargo, identificar patrones de precipitación en estos casos resulta desafiante cuando no se dispone de un factor temporal común entre los años que presentan estos valores, como podría ser un análisis de tiempos de retorno u otros criterios temporales.

La variabilidad en los patrones de precipitación a lo largo de los años resalta la importancia de llevar a cabo un análisis detallado y considerar múltiples factores para comprender mejor las tendencias climáticas y sus implicaciones.

Figura 13.

Precipitación diaria obtenida con la red de monitoreo en el mes de agosto en el municipio de Arboletes en 2023.



Precipitación en Arboletes mes de septiembre

En las Figura 14, 15 y 16 se presentan los datos históricos de precipitación diaria correspondientes a los años 2015 al 2023 para el mes de septiembre en el municipio de Arboletes. Como se puede apreciar en las figuras, se observa un patrón de precipitación, ya que en los últimos 9 años estas han sido bajas. Sin embargo, a pesar de que ha habido días con precipitaciones intensas, estos no son representativos de un cambio significativo en el patrón general.

Figura 14.

Precipitación diaria del mes de septiembre en el municipio de Arboletes para el periodo de 2015 a 2017.

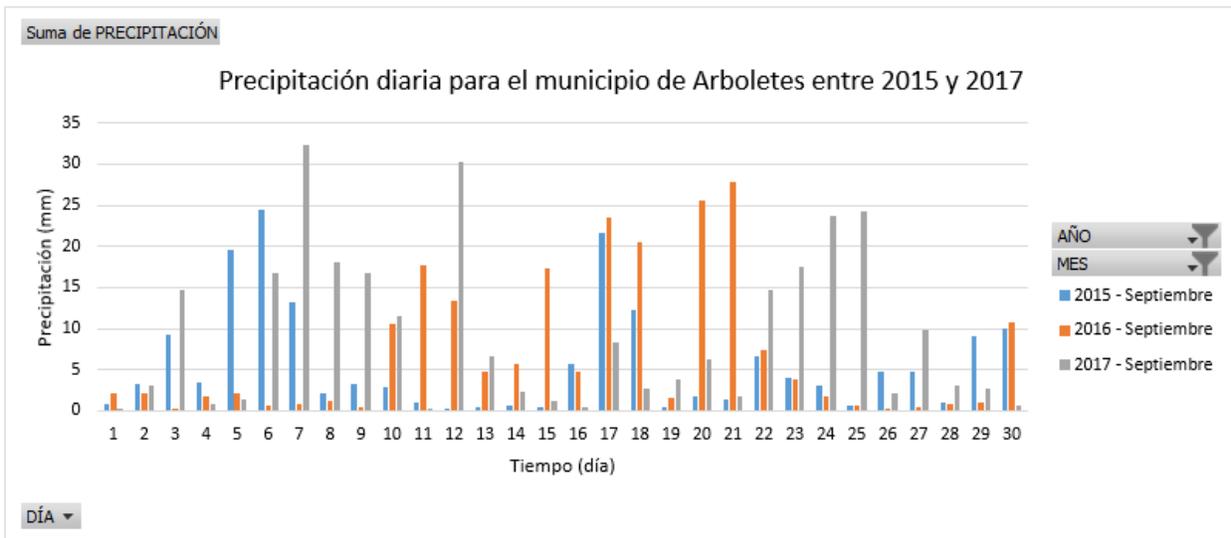


Figura 15.

Precipitación diaria del mes de septiembre en el municipio de Arboletes para el periodo de 2018 a 2020.

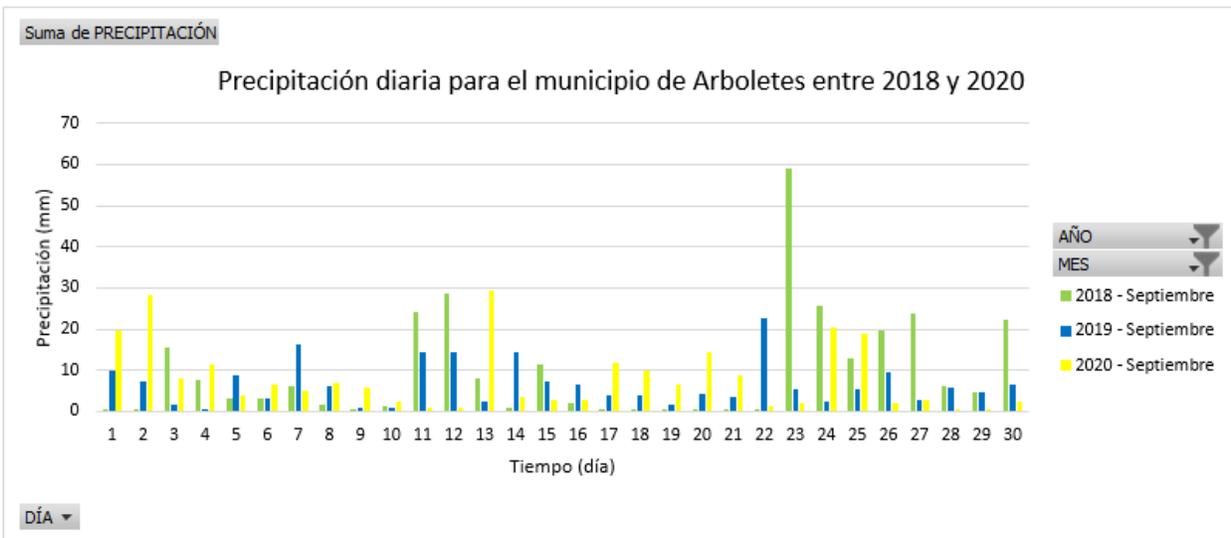
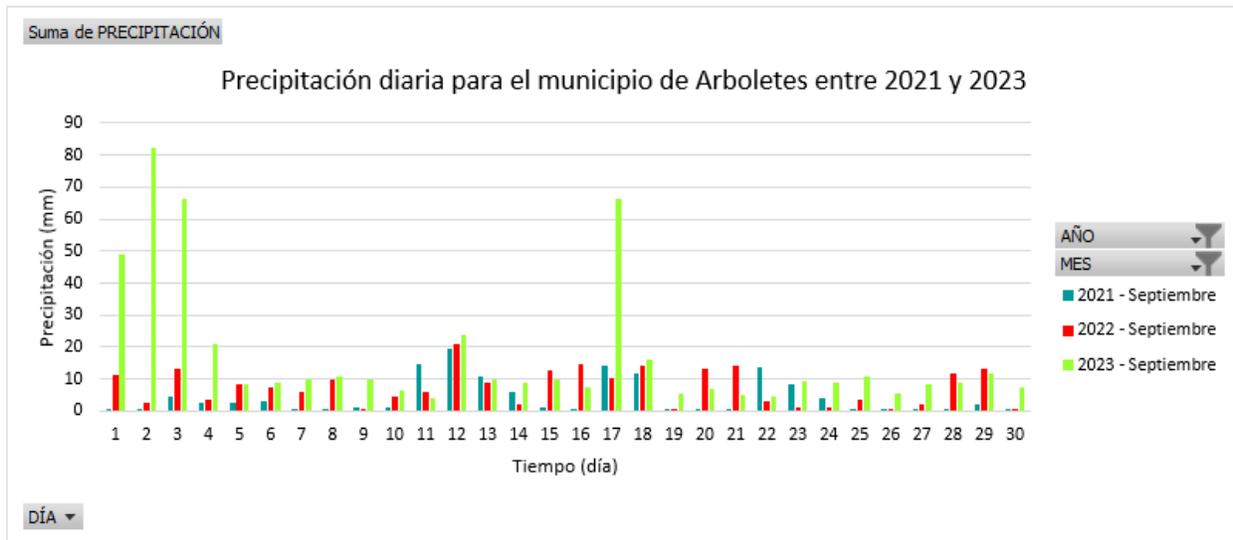


Figura 16.

Precipitación diaria del mes de septiembre en el municipio de Arboletes para el periodo de 2021 a 2023.

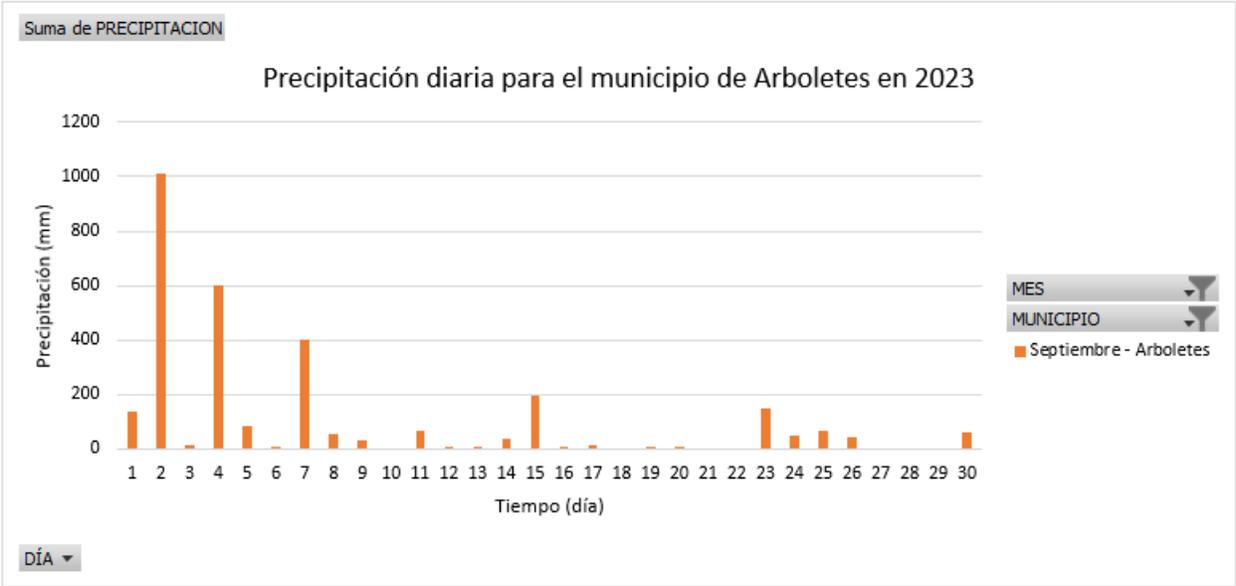


En la Figura 17, se puede observar que se registraron precipitaciones bajas durante el mes de septiembre en el municipio de Arboletes. En relación con los datos históricos, se encuentra una correlación similar, ya que al igual que en años anteriores, este mes presenta niveles de precipitación muy reducidos.

Por otro lado, al comparar estos datos con los del año 2023, se evidencia que en el día número 2 se registraron las mayores precipitaciones tanto en los registros de NASA POWER como en los recopilados por el proyecto.

Figura 17.

Precipitación diaria obtenida con la red de monitoreo en el mes de septiembre en el municipio de Arboletes en 2023.



6 Conclusiones

- La educación ambiental en las comunidades educativas ha desempeñado un papel fundamental en el desarrollo de nuevas habilidades en los participantes. A través del conocimiento de medir la lluvia y su importancia, así como la concientización sobre temáticas relevantes como la captación de agua de lluvia y el uso eficiente del agua en regiones donde la escasez de agua es una realidad cotidiana.
- Por medio del desarrollo de manuales y procedimiento de elaboración se promovió la utilización de materiales de fácil acceso para construir pluviómetros caseros y sistemas de captación de agua de lluvia. Lo cual facilita la replicabilidad de los sistemas en comunidades que enfrentan escasez de agua y así poder entender los efectos del cambio climático en el territorio.
- La red de monitoreo de la lluvia consolidada en el territorio, permitió recopilar datos precisos y en tiempo real sobre la lluvia en diversas ubicaciones, lo que es esencial para comprender y abordar problemas de sequía y gestión del agua.
- Los talleres no se limitaron a la medición de la lluvia, sino que también en difundirla importancia de un uso eficiente del agua. Lo que ayudó a los participantes a reflexionar sobre sus hábitos y comportamientos en relación con el agua. Este enfoque educativo permitió promover la conciencia y el conocimiento de los participantes en relación con cuestiones ambientales críticas. En este sentido, se podría considerar que los aprendizajes generados representan un paso importante hacia la construcción de comunidades más sostenibles y responsables con su entorno y los recursos naturales.
- Los talleres sirvieron como puntos de partida para una mayor colaboración y acción comunitaria en la preservación del agua. Se alienta a los participantes a compartir sus conocimientos y a promover la conciencia del agua en sus comunidades.
- La comparación de los datos históricos con los registros actuales sugiere que cada año puede comportarse de manera diferente en términos de precipitación. Esto resalta la necesidad de un monitoreo continuo y análisis en tiempo real para una toma de decisiones precisa, especialmente en áreas propensas a eventos climáticos extremos como el municipio de Turbo y Arboletes.

7 Referencias

- Abedin, M. A., Collins, A. E., Habiba, U., & Shaw, R. (2019). Climate change, water scarcity, and health adaptation in southwestern coastal Bangladesh. *International Journal of Disaster Risk Science*, 10, 28-42. <https://doi-org.udea.lookproxy.com/10.1007/s13753-018-0211-8>
- Abedin, M. A., Habiba, U., & Shaw, R. (2014). Community perception and adaptation to safe drinking water scarcity: salinity, arsenic, and drought risks in coastal Bangladesh. *International Journal of Disaster Risk Science*, 5, 110-124. <https://doi.org/10.1007/s13753-014-0021-6>
- Alcaldía Distrital Turbo Antioquia. (n.d.). Plan de Desarrollo Municipal: Turbo Antioquia 2020-2023 - Observatorio a la gestión Educativa. Recuperado: <https://www.obsgestioneducativa.com/download/plan-de-desarrollo-municipal-turbo-2020-2023/>
- Alcaldía del Distrito de Turbo. (2020). Plan de formación docente Turbo 2020-2023 “Turbo ciudad puerto”. Recuperado: https://www.mineduccion.gov.co/1780/articles-319469_recurso_24.pdf
- Alcaldía Municipal de Arboletes Antioquia. (n.d.). Diagnóstico Técnico Municipio de Arboletes (Antioquia).
- Alcaldía Municipal de Arboletes. (2020). Plan de desarrollo 2020-2023. Recuperado: https://arboletesantioquia.micolombiadigital.gov.co/sites/arboletesantioquia/content/files/000418/20858_plan-de-desarrollo-version-final_compressed.pdf
- Ali, S. M., Khalid, B., Akhter, A., Islam, A., & Adnan, S. (2020). Analyzing the occurrence of floods and droughts in connection with climate change in Punjab province, Pakistan. *Natural Hazards*, 103, 2533-2559. <https://doi-org.udea.lookproxy.com/10.1007/s11069-020-04095-5>

Centro Nacional de Salud Ambiental. (2021). Drought and Your Health. Recuperado: <https://www.cdc.gov/nceh/features/drought/index.html#print>

Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático [CMCC]. (1992). Naciones Unidas. Recuperado: <https://unfccc.int/es/process-and-meetings/que-es-la-convencion-marco-de-las-naciones-unidas-sobre-el-cambio-climatico>

Faramarzi, M., Yang, H., Mousavi, J., Schulin, R., Binder, C. R., & Abbaspour, K. C. (2010). Analysis of intra-country virtual water trade strategy to alleviate water scarcity in Iran. *Hydrology and Earth System Sciences*, 14(8), 1417-1433. <https://doi.org/10.5194/hess-14-1417-2010>

Gobernación de Antioquia -Colombia. (2020). Plan de Desarrollo Gobernación Antioquia (2020-2023).

Guo, H., Xia, Y., Jin, J., & Pan, C. (2022). The impact of climate change on the efficiency of agricultural production in the world's main agricultural regions. *Environmental Impact Assessment Review*, 97, 106891. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2022.106891>

IDEAM PNUD. (2015). Nuevos escenarios de cambio climático para Colombia 2011 - 2100 en Tercera Comunicación Nacional. *BMC Genetics (Vol. 13)*. <https://doi.org/10.1186/1471-2156-13-58>

Khan, A. E., Scheelbeek, P. F. D., Shilpi, A. B., Chan, Q., Mojumder, S. K., Rahman, A., Haines, a., Kovats, A., & Vineis, P. (2014). Salinity in drinking water and the risk of (pre) eclampsia and gestational hypertension in coastal Bangladesh: a case-control study. *PLoS One*, 9(9), e108715. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0108715>

Liu, J., Dong, H., Li, M., Wu, Y., Zhang, C., Chen, J., Yang, Z., Lin, G., Liu, D., & Yang, J. (2023). Projecting the excess mortality due to heatwave and its characteristics under climate

change, population and adaptation scenarios. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 250, 114157. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2023.114157>

Ministerio de Ambiente. (2021). Enfoque de Reducción de Riesgo de Desastre basado en Ecosistemas. Aproximación conceptual y metodológica para su implementación en Colombia.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2022). Lineamientos para potencializar el uso del agua lluvia. Dirección de Gestión Integral del Recurso Hídrico. Colombia.

Ministerios de Ambiente. (2023). ¿Cómo afectaría el cambio climático a Colombia en los próximos años? Recuperado: <https://www.minambiente.gov.co/cambio-climatico/como-afectaria-el-cambio-climatico-a-colombia-en-los-proximos-anos/>

NASA. (2021). Prediction Of Worldwide Energy Resources. Recovered from: <https://power.larc.nasa.gov/>

Noticias Urabá. (2017). Geografía del municipio de Arboletes. Recuperado: <https://noticiasuraba.com/geografia-del-municipio-arboletes/1915/>

Organización Mundial de la Salud [OMS]. 2009. Proteger la salud del cambio climático: Prioridades de investigación global. Ginebra: OMS

Salehi, M. (2022). Global water shortage and potable water safety; Today's concern and tomorrow's crisis. *Environment International*, 158, 106936. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2021.106936>

Shiau, J. T. (2023). Causality-based drought propagation analyses among meteorological drought, hydrologic drought, and water shortage. *Science of The Total Environment*, 888, 164216. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.164216>

Todacolombia. (2019, 27 de febrero). Clima Departamento de Antioquia. Recuperado:
<https://www.todacolombia.com/departamentos-de-colombia/antioquia/clima.html>

Zhao, Y. N., Chen, R. S., Wang, L., Han, C. T., & Yang, J. P. (2023). Intercomparison measurements from commonly used precipitation gauges in the Qilian mountains. *Advances in Climate Change Research*. <https://doi.org/10.1016/j.accre.2023.05.006>