

**Implementación de un sistema de captación y  
filtración de agua lluvia en la vereda Verdín del  
Socorro, Santander**

**LADY ALEXANDRA SALAZAR SALAS**

**UNIVERSIDAD DE MANIZALES  
FACULTAD DE CIENCIAS CONTABLES, ECONÓMICAS Y  
ADMINISTRATIVAS  
MAESTRÍA EN DESARROLLO SOSTENIBLE Y MEDIO  
AMBIENTE  
MANIZALES  
2019**

**Implementación de un sistema de captación y  
filtración de agua lluvia en la vereda Verdín del  
Socorro, Santander**

**Proyecto para optar al título de Magister en  
Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente, del  
estudiante:**

**LADY ALEXANDRA SALAZAR SALAS**

**Directora:**

**GLORIA MARÍA RESTREPO FRANCO Ph.D.**

**UNIVERSIDAD DE MANIZALES  
FACULTAD DE CIENCIAS CONTABLES, ECONÓMICAS Y  
ADMINISTRATIVAS  
MAESTRÍA EN DESARROLLO SOSTENIBLE Y MEDIO  
AMBIENTE  
MANIZALES  
2019**

## **Acta de calificación**

**Implementación de un sistema de captación y filtración  
de agua lluvia en la vereda Verdín del Socorro, Santander**

**LADY ALEXANDRA SALAZAR SALAS**

**Tesis para optar el título de:  
Magister en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente**

**Nota de aceptación Jurado:**

---

**Jurado**

## **Agradecimientos**

En primer lugar, agradecer a Dios quien ha sido mi guía y fortaleza en este proceso que he iniciado, quien ha orientado cada paso por medio de su sabiduría. Quien fortaleció mi ánimo y vida para continuar y culminar tan importante estudio en mi vida, quien con su gran amor me enseñó que los sueños se pueden lograr de la mano de Él con esfuerzo, dedicación y disciplina.

A mi esposo, Jhonatan Alexander Ortiz Riaño quien siempre estuvo incondicionalmente en mi proceso alentándome y brindándome todo su apoyo y amor para lograr una meta más en nuestras vidas. A mi hijo Daniel Esteban quien ha sido mi motor constante para finalizar este sueño y así labrar un camino para un futuro mejor.

A mis familiares, amigos y personas que de una manera u otra han influido en este proceso de aprendizaje profesional.

Por último, agradecer a la Doctora Gloria Maria Restrepo Franco por su asesoría, gran colaboración e instrucción en el desarrollo de este proyecto, el cual es un importante aporte a la vida profesional, y a la Universidad de Manizales por su gestión y oportunidad académica brindada durante todo el proceso para adquirir conocimientos que nos llevan a ser profesionales con conocimientos sólidos, los cuales se verán reflejados en el desarrollo laboral.

# Tabla de contenido

Lista de tablas.....	1
Lista de figuras.....	2
Anexos .....	3
Resumen.....	4
Abstract .....	4
1. Introducción.....	6
2. Objetivos .....	9
2.1. Objetivo general.....	9
2.2. Objetivos específicos .....	9
3. Marco conceptual.....	10
3.1. Antecedentes .....	10
3.1.1. Marco legal.....	14
3.2. Agua lluvia.....	15
3.2.1. Aprovechamiento del agua lluvia .....	16
3.2.2. Captación de agua.....	17
3.2.3. Procesos que afectan la calidad del agua .....	17
3.2.4. Filtración en múltiples etapas como una alternativa para mejorar la calidad del agua lluvia.....	18
4. Materiales y métodos.....	20
4.1. Definición de las características de diseño del sistema de captación y filtración de agua lluvia para beneficio del café .....	20
4.2. Determinación de la calidad del agua lluvia tratada con el sistema de filtración en múltiples etapas implementado .....	20
4.3. Identificación de una propuesta para el aprovechamiento del agua lluvia en la vereda Verdín, con base en los resultados obtenidos .....	21
5. Resultados y discusión .....	23
5.1. Definición de las características de diseño del sistema de captación y filtración de agua lluvia para beneficio del café en la vereda Verdín de Socorro, Santander 23	
5.1.1. Implementación del sistema de captación y filtración de agua lluvia ...	23

5.2. Determinación de la calidad del agua lluvia tratada con el sistema de filtración en múltiples etapas implementado .....	26
5.3. Diseño de una propuesta para el aprovechamiento del agua lluvia en la vereda Verdín.....	28
5.3.1. Características de las fincas de la vereda Verdín.....	28
5.3.2. Cantidad de café recolectado y consumo de agua en la cosecha .....	30
5.3.3. Valores de precipitación (2010 al 2013).....	30
5.3.4. Ajustes al sistema de acuerdo con los resultados obtenidos en la valoración previa .....	31
6. Conclusiones.....	34
7. Recomendaciones .....	35
8. Bibliografía .....	36

## Lista de tablas

Tabla 1. Especificaciones del FiME compacto. ....	12
Tabla 2. Precipitación entre los años 2010 y 2013.....	16
Tabla 3. Variables de la investigación. ....	20
Tabla 4. Parámetros de la investigación.....	21
Tabla 5. Análisis de laboratorio.....	26
Tabla 6. Resultados de los parámetros físico químicos y microbiológicos. ....	27

## Lista de figuras

Figura 1. Diagrama de un sistema de filtración en múltiples etapas- FiME.....	19
Figura 2. Construcción sistema de captación y filtración. ....	25
Figura 3. Lavado de grava para sistema de filtración.....	25

## **Anexos**

Anexo 1. Valores diarios de Precipitación año 2010.....	39
Anexo 2. Valores diarios de Precipitación año 2011.....	40
Anexo 3. Valores diarios de Precipitación año 2012.....	41
Anexo 4. Valores diarios de Precipitación año 2013.....	42

## Resumen

El calentamiento global agudiza el problema de la escasez de agua, ya sea por la tendencia de reducción de los niveles de precipitación o por el aumento de los niveles de evaporación y transpiración, los cuales tienden a empeorar en aquellas regiones en las que ya se presenta déficit. Este es el caso del municipio de Socorro, Santander, en donde históricamente se han presentado prolongados racionamientos por desabastecimiento, en algunos periodos de estiaje, causando afectación en el área rural ya que se ven afectadas principalmente las actividades agrícolas que desarrollan el municipio. En este contexto la recolección de aguas lluvias y su tratamiento mediante un sistema de filtración se perfila como una alternativa potencial para promover el uso y manejo eficiente de este recurso hídrico. De acuerdo con lo anterior, el objetivo del presente trabajo se basó en la implementación de un sistema de captación y filtración de agua lluvia en la vereda Verdín de Socorro, Santander. Para lo cual inicialmente se definieron las características de diseño del sistema de captación y filtración, teniendo en cuenta la localización geográfica, la oferta de agua (precipitación pluvial), la composición del sistema de captación, conducción, almacenamiento y tratamiento. Posteriormente, se determinó la calidad del agua lluvia tratada con el sistema filtración en múltiples etapas implementado y finalmente, se diseñó una propuesta para el aprovechamiento del agua lluvia en la Vereda Verdín Socorro Santander, con base en los resultados obtenidos. Como resultados de la presente investigación, se realizó el montaje del sistema de captación y filtración de agua lluvia en la finca el Caucho de la vereda, en la cual se encontró un tipo de techo en zinc, adecuado para usar un canal plastificado con su respectiva pendiente para llevar al primer filtro y así lograr la captación directa del agua lluvia y evitar recolección de sólidos de gran tamaño que pudieran colmatar o afectar las unidades del sistema de filtración. En los resultados del análisis de laboratorio del agua lluvia captada y filtrada, se determinó que las características fisicoquímicas y microbiológicas obtenidas son similares a las del agua del acueducto que usan los agricultores de la Vereda Verdín del municipio del Socorro Santander. De acuerdo con el análisis de las necesidades de la vereda, se identificó que el agua recolectada y tratada en el sistema, podría ser aprovechada en el proceso agroindustrial del café, como el beneficio, lo cual requerirá de evaluaciones posteriores para valorar la influencia del agua captada y tratada en la calidad de taza. Finalmente se concluye que el sistema de captación y filtración de agua lluvia implementado en la vereda Verdín, es efectivo y puede contribuir en gran manera al ahorro del agua. No obstante, la recolección del agua lluvia está supeditada a las precipitaciones que se presenten en la zona, lo cual es indeterminable, por esto es necesario contar en el sistema con una importante capacidad de almacenamiento del agua lluvia captada, con el fin de tener mayor disponibilidad para el aprovechamiento en los procesos identificados.

**Palabras clave:** filtración, agua de lluvia, recolección, aprovechamiento de agua lluvia.

## Abstract

Global warming exacerbates the problem of water scarcity, either by the tendency to reduce levels of precipitation or by increasing levels of evaporation and transpiration, which tend to worsen in those regions where water is already present. deficit. This is the case of the municipality of Socorro, Santander, where historically there have been prolonged rationing due to shortages, in some periods of low water, causing affectation in the rural area since the agricultural activities developed by the municipality are mainly affected. In this context, the collection of rainwater through a filtration system is emerging

as a potential alternative to promote the efficient use and management of water resources. In accordance with the above, the objective of this work was based on the implementation of a rainwater collection and filtration system in the village of Verdín de Socorro, Santander. For which initially the design characteristics of the collection and filtration system were defined, taking into account the geographical location, the supply of water (rainfall), the composition of the collection system, conduction, storage and treatment. Subsequently, the quality of the rainwater treated with the multi-stage filtration system was determined and, finally, a proposal was designed for the use of rainwater in the Vereda Verdin Socorro Santander, based on the results obtained. As a result of the present investigation, the rainwater collection and filtration system was assembled in the rubber farm of la vereda, in which a type of zinc roof was found, suitable for using a plastic channel with its respective pending to take the first filter and thus achieve the direct collection of rainwater and avoid collection of large solids that could clog or affect the units of the filtration system. In the results of the laboratory analysis of the rainwater collected and filtered, it was determined that the physicochemical and microbiological characteristics obtained are similar to those of the aqueduct water used by the farmers of the Vereda Verdin in the municipality of Socorro Santander. According to the analysis of the needs of the village, it was identified that the water collected and treated in the system could be used in the coffee agroindustrial process, as the benefit, which would require subsequent evaluations to assess the influence of the water quality in cup quality. Finally, it is concluded that the rainwater collection and filtration system implemented in the Verdín village is effective and can contribute greatly to saving water. However, the collection of rainwater is subject to the rainfall that occurs in the area, which is indeterminable, this is why it is necessary to have in the system an important storage capacity of the collected rainwater, in order to have more availability for the use in the identified processes.

**Keywords:** filtration, rainwater, harvest.

# 1. Introducción

El 75% de la superficie terrestre está ocupada por agua, de la cual solamente el 2,76% es agua dulce y finalmente por su accesibilidad, sólo el 0,62% está disponible para el consumo humano proveniente de agua subterránea y superficial. El agua es el recurso natural renovable más importante y estratégico para la competitividad, crecimiento económico y bienestar de la sociedad.

El abastecimiento de agua potable para la población se ha convertido en un servicio público, que el estado debe suministrar de manera continua y obligatoria a los consumidores, debido a que es uno de los derechos colectivos y básicos para mantener una calidad de vida estable en el desarrollo del ser humano, pero esta necesidad no se ha suplido completamente por el gobierno en los distintos países, principalmente los que se encuentran en vía de desarrollo. Todo esto se ha presentado principalmente por la elevada contaminación de las fuentes hídricas, al aumento acelerado de la población, la sobreexplotación de los recursos naturales y la degradación medioambiental. Sin embargo, la Organización de las Naciones Unidas indica que la cantidad de agua dulce existente en el planeta puede abastecer las necesidades básicas para los seres humanos y asocia la falta de abastecimiento del recurso a una inadecuada gestión, atribuida a la corrupción, falta de compromiso por parte de los entes encargados de velar por el cuidado de este, el bajo presupuesto asignado para generar plantas de tratamiento de agua potable, la falta de conciencia por parte de la población para ahorrarla, entre otras causas. Como consecuencia de lo anterior 1.100 millones de personas en el mundo no tienen libre acceso al agua potable y 2.600 millones no cuentan con servicios básicos de saneamiento (WWAP, 2015).

De acuerdo con el Sistema de Información Ambiental de Colombia en el 2012, la demanda hídrica nacional fue de 35.987 millones de m<sup>3</sup>, distribuida en los sectores agrícola, energético, pecuario y doméstico. Lo anterior es importante bajo escenarios de incertidumbre generados por el cambio climático y ante el aumento significativo de la demanda por recurso hídrico y la ocupación de territorios que aportan a la regulación del proceso hidrológico (DNP, 2010).

Colombia está influenciada por fenómenos que aquejan directamente las fuentes hídricas, como por ejemplo el fenómeno del niño o época de estiaje, el cual cada vez se presenta con más intensidad, ocasionando en varios municipios y ciudades temporadas de sequías y agotamiento parcial o total del recurso hídrico, presentándose emergencias

ambientales por esta razón. Los municipios a nivel nacional no son ajenos a esta problemática; en un panorama local se toma como referencia el municipio de Socorro Santander, el cual se ve afectado diariamente por la escasez de agua debido a que el servicio de suministro solo se realiza durante 14 horas diarias y de forma intermitente, lo que en algunas épocas del año como el verano, pasa a ser más crítico con racionamientos de hasta tres días seguidos. Las fuentes hídricas principales de la región son los embalses la Honda y Aguilitas alimentados por el río Suarez, los cuales tienen una tendencia a disminuir su nivel y no alcanzan a satisfacer la demanda del municipio (promedio mensual de 150.000 m<sup>3</sup>) (Empresa Aguas del Socorro, 2019). Por esta razón la comunidad se ha visto afectada ya que no disponen del total del agua para el uso diario; esta problemática se acentúa más en la parte rural, donde la empresa de acueducto no presta el servicio.

Como vía para mitigar esta problemática se encuentra el método de aprovechamiento de los recursos naturales como “el agua lluvia”, la cual puede ser recolectada como medio de abastecimiento y ahorro del agua potable. Sin embargo, el agua lluvia requiere un tratamiento previo para minimizar el grado de contaminación, como partículas suspendidas que se generan al tener contacto con los contaminantes presentes en el aire, los cuales alteran directamente su calidad y los procesos para los cuales pueda ser requerida.

Esta es una alternativa que se basa en el concepto del desarrollo sostenible, como opción para gestionar los recursos naturales; por lo tanto el estudio de la implementación de un sistema de captación y filtración es una opción para mejorar la calidad del agua lluvia y la calidad de vida de la comunidad de la vereda Verdín, que le permitirá abastecerse en épocas de estiaje con agua segura de consumo o uso para las actividades diarias, disminuyendo el consumo de agua potable principalmente, lo que conlleva a un mejoramiento de las condiciones agrícolas.

La calidad del sistema se basará en el monitoreo constante de los parámetros físico-químicos y microbiológicos para llegar a mejorarlos, garantizando el correcto funcionamiento y eficiencia del proceso en todas sus etapas, reduciendo los niveles de contaminación presentes en el agua lluvia a tratar y así lograr aportar de manera positiva a la comunidad una solución efectiva y sostenible. Se por la recolección de agua lluvia y la

La presente investigación generará un impacto académico de gran relevancia, dado que se enfoca en fortalecer la línea de investigación Biosistemas Integrados de la Universidad de Manizales, aportando datos sobre la forma de reducir el nivel de gasto

para evitar le escases en épocas de estiaje; igualmente se incentivará a otros estudiantes a investigar y plantear métodos de ahorro del recurso hídrico en procesos de transformación agroindustrial, y aportará bibliográficamente al fortalecimiento de los antecedentes investigativos de la Universidad, lo cual servirá como base para futuras investigaciones. Se espera que el trabajo investigativo genere un impacto social positivo en la población rural, específicamente en los agricultores de la vereda Verdín del municipio del Socorro Santander, extendiéndose a las regiones aledañas, en el sentido de que tomen conciencia del ahorro del agua en los procesos de producción y así mismo implementen estrategias para mitigar el impacto ambiental que se genera por el alto consumo de agua en los procesos agrícolas.

## **2. Objetivos**

### **2.1. Objetivo general**

Implementar un sistema de captación y filtración de agua lluvia en la vereda Verdín de Socorro Santander.

### **2.2. Objetivos específicos**

- Definir las características de diseño del sistema de captación y filtración de agua lluvia en la vereda Verdín de Socorro Santander.
- Determinar la calidad del agua lluvia tratada con el sistema filtración en múltiples etapas implementado.
- Identificación de una propuesta para el aprovechamiento del agua lluvia en la Vereda Verdín Socorro Santander, con base en los resultados obtenidos.

## **3. Marco conceptual**

### **3.1. Antecedentes**

En el 2013 la oficina regional de la FAO para América Latina y el Caribe presentó la captación y almacenamiento del agua de lluvia como una de las opciones técnicas para la agricultura familiar en América Latina y el Caribe, con base en los argumentos de promover el uso y el manejo eficiente del recurso hídrico, sobre todo en aquellas zonas donde el agua es escasa. Este estudio intentó reunir, organizar, reproducir y actualizar aquellas técnicas disponibles y con mayores posibilidades de adopción y aplicación por los pequeños agricultores latinoamericanos (FAO, 2013). La implementación de sistemas de captación de agua lluvia ha venido evolucionando a través de los años, se ha avanzado significativamente en el aprovechamiento óptimo y adecuado de este recurso natural que ofrece el medio ambiente con el fin de brindar soluciones óptimas a las necesidades del ser humano, principalmente al mitigar el problema de desabastecimiento de agua en varias regiones del mundo el donde el recurso hídrico es de difíci acceso. De acuerdo con lo anterior, han surgido numerosas experiencias sobre el tema de captación y almacenamiento de agua de lluvia.

Desde el 2004 se han venido generando estrategias para la captación del agua lluvia, las cuales se han presentado en la guía de diseño para la captación del agua lluvia, realizada por la Organización Panamericana de la Salud, (2004). En esta se describe el diseño de un sistema de captación de agua de lluvia, en donde es necesario considerar los factores técnicos, económicos y sociales.

En el 2010 se desarrolló en Colombia una propuesta relacionada con un sistema de aprovechamiento de agua lluvia como alternativa para el ahorro de agua potable, en la institución educativa María Auxiliadora de Caldas, Antioquia (Palacio, 2010). Este proyecto presentó la ingeniería conceptual de una propuesta de diseño de un sistema de aprovechamiento de agua lluvia como alternativa para el ahorro de agua potable, para ser empleada en descarga de sanitarios, lavado de zonas comunes, entre otros. En este documento se desarrollaron tres aspectos principales: el cálculo de los volúmenes disponibles de agua lluvia en la zona, la evaluación del volumen de agua potable ahorrado con el aprovechamiento del agua lluvia, la estimación del presupuesto para la construcción del sistema y la proyección del ahorro generado al utilizarlo.

De igual manera se han generado estudios de alternativas tecnológicas para el tratamiento básico del agua lluvia de uso doméstico en el consejo comunitario de la comunidad afrodescendiente de Los Lagos Buenaventura (Arboleda, 2016). Este proyecto consistió en la captación del agua lluvia con la realización de análisis físico-químicos y microbiológicos al agua colectada con y sin tratamientos, permitiendo conocer con ello el cumplimiento o no de la normatividad ambiental aplicable. Se evaluaron cuatro alternativas tecnológicas (i) filtro de plástico con elementos de disco, (ii) filtro de plástico con malla, (iii) purificador de agua microbiológico instantáneo *LifeStraw Family* y (iv) hervido del agua.

Así mismo se han venido adelantando estudios sobre el sistema de filtración en múltiples etapas FiME en unidades de polietileno con desinfección mediante luz ultravioleta (Alba, González y Vega, 2015). Este proyecto consistió en un sistema FiME en unidades de polietileno y concreto, donde se mostró la diferencia en remoción de los parámetros físicos y microbiológicos entre el sistema de plástico y el de concreto y las características de desinfección del agua por medio de luz ultravioleta.

Esta tecnología también se ha distribuido como una alternativa apropiada para la potabilización de agua en una comunidad rural de Honduras. El proyecto “Construcción de planta potabilizadora de agua” consistió en la aplicación de la Tecnología FiME, donde se contempló el paso del agua en tratamiento por filtros de gravas y arenas graduadas, es decir diferentes tipos de diámetros para la grava y tipo de arena libre de agentes contaminantes que puedan afectar la calidad del agua. A través de esta técnica se redujo la turbiedad del agua y se removió e inactivó la acción de patógenos favoreciendo el adecuado almacenamiento y distribución del agua filtrada. El proceso se acompañó con una completa capacitación a los beneficiarios en aspectos sanitarios y de gestión ambiental, para que adquirieran conocimientos sobre los filtros de grava y arena utilizados en el proceso de filtración en múltiples etapas. Igualmente en el ejemplo del sistema la operación y mantenimiento de la planta El Naranjal (Ecuador) se encontró un rendimiento en remoción importante, expresado en: turbiedad 67,52%, color 61,12%, coliformes totales 97,71% y coliformes fecales 100% (Lugo, 2017).

El sistema de filtración en múltiples etapas ha tenido modificaciones como una alternativa técnica y económica, lo cual se puede evidenciar en la investigación desarrollada en un sistema compacto FiME para el tratamiento de fuentes de abastecimiento superficiales. Para el diseño del sistema potabilización se utilizaron conceptualmente criterios de producción de entropía, buscando aproximarse a una

distribución granulométrica ideal para obtener un sistema compacto. Dicho FiME está compuesto de prefiltración dinámica en grava, prefiltración ascendente en antracita y filtración lenta en arena. Los resultados de la evaluación técnica demostraron remociones medias alcanzadas para turbiedad (90%), color aparente (86%) y coliformes fecales (99%) (Vega, 2013). En la Tabla 1 se relacionan las especificaciones obtenidas del diseño para los procesos que componen el sistema compacto FiME

Tabla 1. Especificaciones del FiME compacto.

<b>Características</b>	<b>Pre filtración dinámica en grava</b>	<b>Pre filtración ascendente en antracita</b>	<b>Filtración lenta en arena</b>
Caudal de diseño (L/s)	0,10		
Velocidad de filtración (m/h)	2,79	1,25	0,79
Diámetro del tanque (cm)	41,00	61,00	76,00
Caudal de lavado (L/s)	1,00		
Pérdidas totales (m)	0,01	0,144	0,195
Altura del tanque (m)	2,50		
Método de operación	Velocidad filtración constante nivel de agua variable	Velocidad filtración constante nivel de agua constante	Velocidad filtración constante nivel de agua variable
<b>Lecho filtrante</b>			
Tamaño efectivo (mm)	9,6 capa superior 4,8 capa intermedia 2,4 capa inferior	0,6 capa superior 1,0 capa inferior	0,3
Espesor del lecho (m)	0,12 capa superior 0,18 capa intermedia 0,27 capa inferior	0,65 capa superior 1,0 capa inferior	1,0

Fuente: Vega, (2013).

Además, el sistema de filtración en múltiples etapas FiME se despliega en unas unidades que lo componen de la siguiente manera: tanque de reserva, sedimentador, filtro grueso dinámico (FGDi), filtro grueso ascendente (FGA), filtro lento de arena (FLA), tanque de distribución. Con la operación y el mantenimiento de estas unidades se han obtenido eficiencias en los indicadores de color con el 85% y turbiedad 81% de remoción (Ardila *et al*, 2010 citado en Vega, 2013).

La operación del sistema FiME en la Hacienda Majavita se realizó con el arranque del sistema de filtración en múltiples etapas FiME en concreto y polietileno. Mediante la operación del sistema, el comportamiento en cuanto a remoción del FiME fue muy similar en los dos sistemas, tanto el de concreto como el de polietileno, obtuvieron remoción de color, turbiedad, coliformes totales y fecales por encima del 90% y en cuanto a sólidos

suspendidos totales, el sistema en polietileno obtuvo el 81,31% por encima de la remoción del sistema en concreto que fue del 77,79% (Vega, 2013).

La evaluación de la calidad del agua lluvia para su aprovechamiento y uso doméstico en Ibagué (Tolima, Colombia), se realizó por medio del estudio del potencial de aprovechamiento del agua lluvia como fuente alternativa para uso doméstico a partir de la determinación de sus condiciones fisicoquímicas y microbiológicas. La investigación comprendió ocho estaciones de muestreo donde se recogió agua sin contacto con superficie alguna. La caracterización incluyó la medición de turbidez, color aparente, pH, conductividad, temperatura, nitratos, alcalinidad total, cloruros, aluminio, dureza total, hierro total, sulfatos y coliformes totales. Los análisis efectuados demostraron que la composición físico química es susceptible de potabilización al no encontrar niveles temibles de contaminación. Al contrario, la mayoría de los parámetros analizados están dentro de los rangos exigidos para el agua potable exceptuando el pH y turbiedad en algunos puntos de muestreo, permitiendo definir así su potencial aprovechamiento, previo al proceso de tratamiento convencional que permita remover algunos contaminantes detectados, como coliformes totales, reducción de turbiedad y neutralización del pH por presentar valores bajos como evidencia de agua ligeramente ácida. Además se ha realizado una patente de un sistema de recogida de agua de lluvia, el cual está destinado a recoger el agua de lluvia de buena calidad y unos agentes contaminantes, esto permite que el primer flujo (agua contaminada) fluya hacia la instalación sanitaria en un periodo de tiempo predeterminado (Ospina & Ramírez, 2014).

Este sistema es operado por elementos y principios mecánicos, que son accionados por el peso del agua de lluvia que se recoge en el colector, donde este colector tiene una perforación para el vaciado de la misma, una vez que el colector está vacío, el ciclo puede repetirse indefinidamente cada vez que un evento de lluvia se produce. El sistema incluye un recipiente o bandeja instalada en el techo, un mecanismo de apertura y cierre que es útil para el acoplamiento de los elementos y una válvula para diferenciar los flujos y la canalización de ellos al drenaje o al tanque de almacenamiento.

En contraste con lo anterior, es importante mencionar que en la vereda Verdín del municipio de Socorro Santander, la Gobernación construyó una planta de tratamiento de agua potable, con capacidad de dos litros por segundo, y se invirtieron 124 millones. En este momento la planta beneficia a 40 familias quienes reciben agua tratada, de la cual los cafeteros deben usar para el proceso del beneficio de café en época de cosecha (Vanguardia, 2015).

### **3.1.1. Marco legal**

#### **3.1.1.1. Nacional**

Colombia cuenta con legislación y normatividad para el uso del agua que la regula como servicio y bien público, así como del uso adecuado, racional y eficiente de la misma. Sin embargo, es poco el desarrollo que se tiene en lineamientos para el aprovechamiento de agua lluvia. Algunas de las normatividades a resaltar son las siguientes:

La Ley 373 de 1997, propende por el uso eficiente y ahorro del agua; en su artículo 2 relacionado con el contenido del programa de uso eficiente y ahorro del agua, describe este programa, la periodicidad de su implementación, y los criterios con los cuales se debe implementar; entre los criterios se resalta la utilización de aguas superficiales, lluvias y subterráneas. Igualmente, en el artículo 5 de esta Ley, el cual está referido al reuso obligatorio del agua, se describe cómo debe ser la reutilización de las aguas. En este documento se identifica el origen de las aguas a reutilizar, el cual puede ser superficial, subterráneo o de lluvias, y en las cuales se pueden aplicar actividades primarias o secundarias para su reutilización; su implantación se realiza de acuerdo con el proceso técnico-económico, socio-económico y de las normas de calidad ambiental. Finalmente en el artículo 9 de esta Ley, denominado “De los nuevos proyectos”, se plantea la necesidad de que las entidades públicas encargadas de otorgar licencias o permisos para adelantar cualquier clase de proyecto que consuma agua exija la inclusión del estudio de fuentes de abastecimiento, oferta de aguas lluvias y su implantación acorde con la viabilidad técnica y económica.

En el Reglamento Técnico del Sector de agua potable y saneamiento básico RAS 2000 y en la NTC 1500 relacionada con el Código Colombiano de Fontanería, se fijan las aguas lluvias solo como vertimientos o desague y solo se limitan a la captación y evacuación, no regulando su almacenamiento, retención o aprovechamiento.

Como se puede corroborar existe una necesidad en la legislación en el tema en Colombia, debido al reconocimiento del potencial del agua de lluvia, como una alternativa de suministro del recurso.

#### **3.1.1.2. Internacional**

Cualquier proyecto, de cooperación o no, que pretenda el suministro de agua de lluvia para su consumo, tiene que cumplir con los parámetros establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS), además de la normatividad propia al país de

implementación. En 1976, la OMS estableció los estándares por primera vez (World Health Organization, 1976), y posteriormente en 2011 adoptó la *"Guidelines for drinking-water Quality. Fourth Edition. World Health Organization"*, en la cual se sienta a nivel mundial las bases para el establecimiento de legislaciones y estándares nacionales de seguridad hídrica.

La calidad del agua lluvia se mantiene a partir de la implementación de buenas prácticas, entre las cuales se encuentra contar con sistemas bien diseñados de recogida/recolección de agua de lluvia, cuencas limpias, cisternas y tanques de almacenamiento cubiertos, y un tratamiento adecuado respaldado por una buena higiene en el punto de uso; todo lo cual permitirán ofrecer agua potable con muy bajo riesgo para la salud.

### **3.2. Agua lluvia**

Se entiende como el agua que se precipita de forma líquida o sólida en el ciclo hidrológico, que puede contener contaminación y representar riesgo por presencia de agentes patógenos según la calidad ambiental de la atmósfera.

El agua de lluvia presenta una serie de características ventajosas. Por una parte, es un agua extremadamente limpia en comparación con las otras fuentes de agua dulce disponibles. Ahora se está viendo como un recurso que se puede aprovechar y reutilizar para bajar el consumo de agua en algunos procesos industriales, agrícolas o incluso para su potabilización y reúso en todos los servicios. El agua de lluvia suele captarse en determinados meses y debe conservarse para ser utilizada durante el periodo posterior hasta la nueva época de lluvias (Ospina & Ramírez, 2014).

Colombia, un país de precipitaciones generosas, en otrora calificado como el cuarto país del mundo por su disponibilidad hídrica, está enfrentando un conflicto por el uso del espacio para su desarrollo socio-económico y para protección de la oferta hídrica natural. El crecimiento actual de la nación ha congregado la demanda hídrica sobre regiones donde su oferta es escasa y en las cuales los procesos de crecimiento poblacional amplifican la presión sobre un recurso que ya registra altos requerimientos para mantener la estructura socio-económica instalada. Por estas razones, desde 1998, el IDEAM, con el fin de mantener un seguimiento de esta problemática realiza y actualiza el Estudio Nacional del Agua (ENA), una síntesis de los recursos hídricos de Colombia a la luz de la relaciones demanda-oferta de agua.

Los valores mensuales de precipitación de la región de estudio de esta investigación, son captados por la estación meteorológica del Socorro, Santander (Universidad Libre-Hacienda Majavita). La figura 2 relaciona los datos de precipitación entre el 2010 y 2013. El año de mayor precipitación fue el 2011 (2424,2 mm), seguido de 2010 (1819,7 mm), 2012 (1583 mm) y del 2013 (406,5). El valor promedio de los 4 años fue de 2133,5 mm con valores máximos de 428 mm y mínimos de 4,4 mm. Como se puede apreciar la variabilidad de la precipitación en la zona es muy alta.

VALORES TOTALES MENSUALES DE PRECIPITACION (mms)														SISTEMA DE INFORMACION NACIONAL AMBIENTAL	
FECHA DE PROCESO : 2019/02/15				ESTACION : 24015370 HDA MAJAVITA UL											
LATITUD 0628 N		TIPO EST		CP		DEPTO SANTANDER		FECHA-INSTALACION 2010-MAY							
LONGITUD 7314 W		ENTIDAD		01 IDEAM		MUNICIPIO SOCORRO		FECHA-SUSPENSIÓN							
ELEVACION 1382 m.s.n.m		REGIONAL		08 SANTANDERES		CORRIENTE SUAREZ									
AÑO	EST	ENT	ENERO *	FEBRE *	MARZO *	ABRIL *	MAYO *	JUNIO *	JULIO *	AGOST *	SEPTI *	OCTUB *	NOVIE *	DICIE *	VR ANUAL *
2010	1	01					*	257.2	349.4	215.1	315.7	379.0	237.8	65.5	1819.7 3
2011	1	01	59.8	112.1	257.1	428.0	214.9	122.7	135.7	159.7	147.5	240.6	407.1	139.0	2424.2
2012	1	01	27.0	13.1	267.8	251.4	119.2	86.4	108.3	181.0	122.3	265.1	119.8	21.6	1583.0
2013	1	01	4.4	48.9	129.6	223.6									406.5 3
MEDIOS			30.4	58.0	218.2	301.0	167.1	155.4	197.8	185.3	195.2	294.9	254.9	75.4	2133.5
MAXIMOS			59.8	112.1	267.8	428.0	214.9	257.2	349.4	215.1	315.7	379.0	407.1	139.0	428.0
MINIMOS			4.4	13.1	129.6	223.6	119.2	86.4	108.3	159.7	122.3	240.6	119.8	21.6	4.4

Tabla 2. Precipitación entre los años 2010 y 2013.  
Fuente: Información suministrada por IDEAM.

### 3.2.1. Aprovechamiento del agua lluvia

El aprovechamiento del agua lluvia trae consigo múltiples ventajas que justifican la implementación del uso de este recurso. Inicialmente es un recurso de acceso gratuito, los únicos costos que se deben considerar para su aprovechamiento incluyen los del diseño de sistemas para su recolección, almacenamiento, tratamiento y distribución. Es importante reconocer que generalmente la calidad físico-química del agua lluvia es adecuada, debido a que el agua lluvia no entra en contacto con el suelo y las rocas donde se disuelven las sales y los minerales, siendo por lo tanto un agua suave. Al recolectar el agua lluvia, se reduce el caudal del alcantarillado pluvial, evitando así el ingreso de altos volúmenes a los sistemas de tratamiento de aguas residuales. La recolección y utilización del agua lluvia reduce los costos pagados a las empresas prestadoras del servicio debido a la disminución de los consumos de agua potable y alcantarillado (Betancourth, 2016).

El agua lluvia se ha utilizado para fines domésticos y productivos, sanitarios y de higiene, protección de cuencas, soberanía alimentaria, conservación de suelos, recarga de acuíferos, preservación de ecosistemas estratégicos, irrigación de los jardines y

cultivos.principalmente (Pacheco, 2008). Sin embargo, la mayoría de los estudios de captación de agua lluvia, se direccionan al ahorro del agua, sin tener en cuenta la importancia de la calidad de la misma, con el fin de identificar el tratamiento que se le debe dar para que tenga un aprovechamiento seguro (Rojas, Gallardo & Martínez, 2012).

### **3.2.2. Captación de agua**

La captación de agua de lluvia es un medio fácil que permite obtener agua para consumo humano y/o uso agrícola. En muchos lugares del mundo con alta o media precipitación y en donde no se dispone de agua en cantidad y calidad necesaria para consumo humano, se recurre al agua de lluvia como fuente de abastecimiento. Por lo tanto los sistemas de captación de agua lluvia, aportan al desarrollo sostenible de una región con respecto al consumo de agua.

Para que un sistema de captación de agua lluvia funcione se deben considerar el factor humano y técnico (uso, precipitación, superficies de captación, sistemas de conducción, elementos de almacenamiento, bombas, espacio para la instalación del sistema, mantenimiento, capacidad de inversión) (Adler, Carmona & Bojalil, 2008). Fundamentalmente el factor humano debe ser el más consolidado para garantizar la sostenibilidad de la implementación del sistema.

En el diseño el agua de lluvia es interceptada, colectada y almacenada en depósitos para su posterior uso. En la captación del agua de lluvia con fines domésticos se acostumbra a utilizar la superficie del techo como captación, conociéndose a este modelo como el Sistema de Captación de Agua Pluvial en Techos (SCAPT). Este modelo tiene un beneficio adicional y es que además de su ubicación minimiza la contaminación del agua. Adicionalmente, los excedentes de agua pueden ser empleados en pequeñas áreas verdes para la producción de algunos alimentos que puedan complementar su dieta. La captación del agua para uso agrícola necesita de mayores superficies de captación por obvias razones, por lo que en estos casos se requiere de extensas superficies impermeables para recolectar la mayor cantidad posible de agua (OPS, 2004).

### **3.2.3. Procesos que afectan la calidad del agua**

El agua es esencial para la vida, y la población debe disponer de un suministro satisfactorio en suficiencia, inocuidad y accesibilidad. La gran mayoría de problemas de

salud asociados a la calidad del agua se deben a la contaminación por organismos (principalmente enterobacterias) y por virus, adicionalmente se pueden relacionar problemas de salud por contaminación química del agua. La Guía *Guidelines for drinking-water Quality* (World Health Organization, 2011) identifica algunos ejemplos de cómo puede producirse el deterioro de la calidad del agua de lluvia durante la recogida, almacenamiento y el uso doméstico del agua, al estar en contacto con suciedad, hojas, excrementos fecales de aves y otros animales, insectos o basura en las zonas de captación, techos y cisternas; o por contaminación del agua por contacto con partículas de la atmósfera, como sería el caso del hollín por quema de materiales. La Guía sólo precisa que el agua para consumo humano, debe de estar libre de “sustancias químicas, impurezas y de microorganismos patógenos que puedan causar problemas a la salud de las personas”.

### **3.2.4. Filtración en múltiples etapas como una alternativa para mejorar la calidad del agua lluvia**

La tecnología de filtración en múltiples etapas (FiME) consiste en la combinación de procesos de filtración gruesa en grava y filtros lentos de arena (Avendaño, Hernández & Vega, 2011; Ardila, Carrizosa y Vega, 2010). La tecnología ha presentado buenos resultados en Colombia. Algunos tipos de filtración más usados son:

#### **3.2.4.1. Filtro grueso dinámico**

Los filtros dinámicos son tanques que contienen una capa delgada de grava fina (6 a 13 mm) en la superficie, sobre un lecho de grava más grueso (13 a 25 mm) y un sistema de drenaje en el fondo (Galvis, Latorre & Teun, 1999).

#### **3.2.4.2. Filtro grueso ascendente**

En caso de que la muestra sea compuesta o integrada, se sugiere mantener los recipientes de las diferentes muestras puntuales, ubicados a la sombra y tapados para evitar alteraciones en las características de la muestra por elementos extraños (Galvis, Latorre & Teun, 1999).

### 3.2.4.3. Filtro lento de arena

Consiste en un tanque con un lecho de arena fina, colocado sobre una capa de grava que constituye el soporte de la arena la cual a su vez se encuentra sobre un sistema de tuberías perforadas que recolectan el agua filtrada. En este filtro el flujo es descendente (Galvis, Latorre & Teun, 1999).

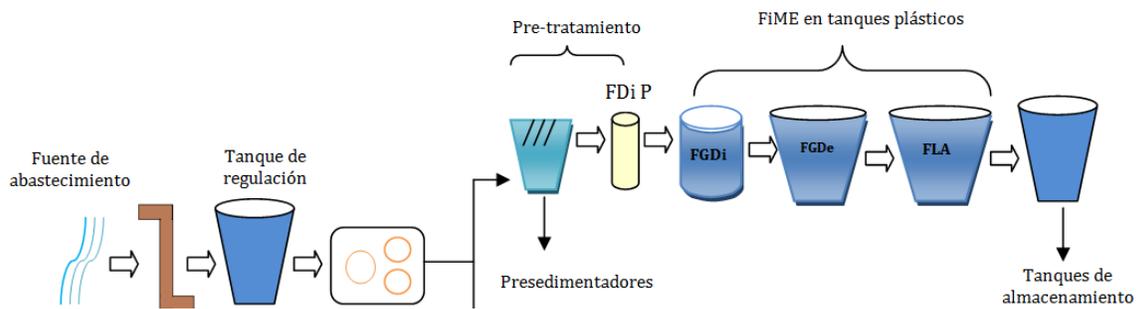


Figura 1. Diagrama de un sistema de filtración en múltiples etapas- FiME.

## 4. Materiales y métodos

### 4.1. Definición de las características de diseño del sistema de captación y filtración de agua lluvia para beneficio del café

En el diseño del sistema se tuvieron en cuenta características como la localización geográfica del proyecto, factores técnicos como la producción u oferta del agua, la cual está directamente relacionada con la precipitación pluvial durante el año y las posibles variaciones estacionales que se puedan presentar.

Otros componentes que se tuvieron en cuenta en el diseño, fueron la composición del sistema de captación (el cual se realizó en los techos), conducción, almacenamiento y tratamiento del agua captada. Como último componente se realizó el diseño de la distribución para uso directo en el proceso definido para su aprovechamiento. La implementación del sistema de filtración se realizó en la finca El Caucho, ubicada en la vereda Verdín del municipio de Socorro-Santander.

### 4.2. Determinación de la calidad del agua lluvia tratada con el sistema de filtración en múltiples etapas implementado

La recolección de agua en el sistema se realizó durante 6 meses. Se realizó una valoración de la eficiencia del sistema por medio de análisis de parámetros físicos, químicos y microbiológicos con base en la resolución 2115 de 2007, con monitoreos del agua lluvia a la entrada y a la salida del sistema, para así determinar la eficiencia de éste; los monitoreos realizados fueron tres.

Adicionalmente, se compararon los resultados de los parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua lluvia recolectada con los del agua del acueducto de la Vereda Verdín, tomando como base la normatividad ambiental aplicable y la resolución 2115 de 2007.

Las variables y parámetros evaluados en el sistema de captación y filtración diseñado se relacionan en las tablas 2 y 3.

Tabla 3. Variables de la investigación.

Variables	Descripción	Unidades
Dependiente	Remoción en el sistema de filtración de	%

	grava y arena	
Independiente	Tiempo de operación del sistema y Ha de café sembradas	mL/s
Interviniente	Precipitación en mm que se genera en la zona	mm

Tabla 4. Parámetros de la investigación.

Parámetros	Unidades
Turbiedad	UNT
Conductividad	S/m
Color	UPC
Coliformes fecales y totales	UFC/100 cm <sup>3</sup>
pH	-----
Caudal	m <sup>3</sup> /s
Sólidos suspendidos	Mg

#### 4.3. Identificación de una propuesta para el aprovechamiento del agua lluvia en la vereda Verdín, con base en los resultados obtenidos

Para la propuesta del diseño de un sistema de aprovechamiento del agua lluvia en la vereda Verdín, se tuvieron en cuenta los siguientes aspectos:

- Características de las fincas de la vereda Verdín y demanda de agua requerida en el beneficio del café, debido a que es una de las principales actividades de la región. Este aspecto se valoró mediante la determinación de la cantidad de café que se recolecta diariamente y la cantidad de agua que se requiere para el lavado del café en la vereda. Igualmente, se tuvo en cuenta las hectáreas sembradas en café y el rendimiento. Esta información se recolectó mediante la aplicación de encuestas en cinco fincas de la zona. La población que se tuvo en cuenta para determinar la cantidad de café que se recolecta diariamente y la cantidad de agua que se requiere para el lavado del café fueron 5 fincas cafeteras de la vereda Verdín en el municipio del Socorro-Santander. Las técnicas incluyeron la aplicación de encuestas a las fincas cafeteras para conocer la cantidad de café recolectado diariamente y el consumo requerido para lavado del café y protocolos para análisis del agua lluvia recolectada y filtrada.

- Precipitación en los últimos cinco años, a través de los datos suministrados por el IDEAM.
- Ajustes al sistema de acuerdo con los resultados obtenidos en la valoración previa.

## **5. Resultados y discusión**

### **5.1. Definición de las características de diseño del sistema de captación y filtración de agua lluvia para beneficio del café en la vereda Verdín de Socorro, Santander**

Como referencia de la implementación de un sistema de filtración se tomó, la evaluación de un FiME en el año 2012, donde se determinó que los FGD<sub>i</sub> remueven el mayor porcentaje del material coloidal y disuelto medido como turbiedad y color aparente, al presentar promedios de 37,3% y 30,7% en el filtro de plástico y 39,5%, 26,4%. Además se demostró en el sistema FiME en concreto una remoción más significativa en cuanto color aparente y turbiedad con valores promedios de 82% y 87% respecto al sistema plástico presentándose remociones de 82% y 74%, con ésto se ratifica la eficiencia del FiME en concreto tanto en indicadores físicos como microbiológicos.

En el diseño del sistema de captación del presente trabajo se tuvieron en cuenta los siguientes criterios: (i) Pendiente del sistema, en la cual se decidió emplear una pendiente del 40% para lograr que el agua descendiera sin inconvenientes y permitir su adecuado aprovechamiento. Se evidenció con un ensayo previo que con una pendiente del 20% no era posible alcanzar por gravedad el descenso del agua, por lo cual se requería de una motobomba para garantizar que el agua bajará al punto de aprovechamiento. (ii) Material de diseño del canal, para lo cual se planteó el uso de PVC con el fin de obtener una mayor limpieza y evitar generar algún tipo de contaminación al agua recolectada. La demanda de agua estuvo directamente relacionada con las necesidades que se generan en el proceso agrícola del beneficio del café.

En el diseño de la construcción de los filtros se incluyó el empleo de gravas de diferente tamaño, en donde el primer filtro estuvo construido con una grava de 13-25 mm y 6-13 mm, y el segundo con una capa de 15 cm de grava gruesa (13-25 mm) y arena fina. Adicionalmente, se incluyó un tiempo de retención hidráulico de una hora por cada filtro, para observar la eficiencia del sistema de filtración. Esto se determinó por medio de análisis físico-químico y microbiológico.

#### **5.1.1. Implementación del sistema de captación y filtración de agua lluvia**

A partir del diseño planteado se realizó la construcción del sistema de captación, el cual se realizó en el techo de zinc de la casa de la finca El Caucho, de la vereda Verdín del Socorro Santander, ya que cuenta con características que permiten minimizar los contaminantes al momento de recolectar agua lluvia. Los techos de barro, teja u otros materiales pueden generar desprendimientos de sólidos que causan alteraciones mayores en el agua lluvia. El canal que se instaló fue a base de PVC (policloruro de vinilo), que al ser un material plástico permite tener mayor limpieza y durabilidad del mismo.

Se instalaron tres tanques plásticos de color negro de 500 litros, los cuales consisten en: uno de recolección de agua lluvia, uno con grava y uno con arena para conformar el sistema de filtrado. Se ubicó tubería de PVC de 1" para realizar el conducto hacia el tanque de almacenamiento, este tiene conexión de tubería PVC de 1" hacia el primer filtro (filtro grueso dinámico), en donde inició su proceso de descontaminación, seguidamente hacia el último filtro (filtro lento de arena). Cada filtro tuvo un tiempo de retención hidráulica de una hora, teniendo en cuenta las características iniciales del agua lluvia y su capacidad fue de 500 litros cada uno. Finalmente, el agua fue llevada a un último tanque receptor de 500 litros donde se distribuyó el agua a la actividad del beneficio del café, específicamente al proceso del lavado del café.

Como se mencionó anteriormente, en la construcción del sistema de filtración se tuvieron en cuenta dos filtros, uno con grava gruesa al fondo y grava fina encima (Figura 1). El segundo filtro se realizó con grava fina al fondo y arena fina encima. Estos filtros tuvieron una retención hidráulica de una hora para lograr retener contaminantes y eliminar agentes patógenos que estuvieran presentes en el agua lluvia recolectada. Cada material utilizado en el sistema de filtración pasó por un proceso de lavado, con el fin de evitar la alteración de las características del agua a tratar (Figura 3).



Figura 2. Construcción sistema de captación y filtración.



Figura 3. Lavado de grava para sistema de filtración.

## 5.2. Determinación de la calidad del agua lluvia tratada con el sistema de filtración en múltiples etapas implementado

Para lograr establecer la eficiencia del sistema de captación y filtración se requirieron de los análisis de parámetros físico-químicos y microbiológicos a la entrada y a la salida del sistema. Los resultados obtenidos en los tres muestreos fueron comparados con la normatividad ambiental y la resolución 2115 del 2007, donde se definen los límites permisibles. A continuación, se muestran los resultados obtenidos del agua lluvia y el agua potable, en comparación con la resolución citada.

Tabla 5. Análisis de laboratorio.

Parámetro	Unidades	Resolución 2115 del 2007	Agua lluvia	Primer monitoreo (salida del sistema)	Segundo monitoreo (salida del sistema)	Tercer monitoreo (salida del sistema)
Turbiedad	NTU	2	1,99	1,09	1,05	1
pH	-	6,5 y 9,0	5,75	7,4	7,2	7,0
Conductividad	mS/cm	1.000	131,5	129,3	125,2	124,1
Nitritos	Mg/L NO <sub>2</sub>	0,1	0,005	≤ 0,01	≤ 0,01	≤ 0,01
Fosfatos	Mg/L PO <sub>4</sub>	Max. 0,5	29	0,4	0,156	0,121
Sulfatos	Mg/L SO <sub>4</sub>	250	-0,3935	6,20	4,58	3,25
Nitratos	Mg/L NO <sub>3</sub>	10	0,241	0,001	≤ 0,01	≤ 0,01
Hierro	Mg/L Fe	Max. 0,3	-0,02	0,034	0,021	0,015
Alcalinidad	Mg/L CaCO <sub>3</sub>	200	91,8	64,7	62,5	50,2
Dureza total	Mg/L CaCO <sub>3</sub>	300	5	48,4	45,5	44,3
Coliformes totales	UFC/100 cm <sup>3</sup>	0	200	0	0	0
<i>Escherichia coli</i>	UFC/100 cm <sup>3</sup>	0	300	0	0	0
Mesófilos	UFC/100 cm <sup>3</sup>	0	Incontables	500	300	280

Parámetro	Unidades	Resolución 2115 del 2007	Agua lluvia	Primer monitoreo agua lluvia	Segundo monitoreo agua lluvia	Tercer monitoreo agua lluvia
Turbiedad	NTU	2	1,99	1,97	1,78	2
pH	-	6,5 y 9,0	5,75	5,75	5,67	5,70
Conductividad	mS/cm	1.000	131,5	130,0	135,0	132,3

Nitritos	Mg/L NO <sub>2</sub>	0,1	0,005	0,005	0,004	0,005
Fosfatos	Mg/L PO <sub>4</sub>	Max. 0,5	29	27	29	30
Sulfatos	Mg/L SO <sub>4</sub>	250	-0,3935	-0,375	-0,298	-0,389
Nitratos	Mg/L NO <sub>3</sub>	10	0,241	0,198	0,233	0,240
Hierro	Mg/L Fe	Max. 0,3	-0,02	-0,02	-0,03	-0,02
Alcalinidad	Mg/L CaCO <sub>3</sub>	200	91,8	94,7	92,5	90,2
Dureza Total	Mg/L CaCO <sub>3</sub>	300	5	5	5,5	5,3
Coliformes totales	UFC/100 cm <sup>3</sup>	0	200	198	189	205
<i>Escherichia coli</i>	UFC/100 cm <sup>3</sup>	0	300	305	302	307
Mesófilos	UFC/100 cm <sup>3</sup>	0	Incontables	Incontables	500	480

Se determinó que los parámetros que no cumplen con la norma son: el pH, fosfatos, coliformes y mesofilos, viéndose mayor alteración en los resultados del agua lluvia. Por ésto se prevé la necesidad de realizar otro proceso como la filtración para disminuir los agentes patógenos que puedan estar presentes en el agua lluvia recolectada. Además, se pudo analizar que la alteración de los parámetros microbiológicos del agua lluvia pueden estar relacionados con la presencia de aves en la finca el Caucho, quienes por sus depósitos pueden generar este tipo de agentes patógenos.

Tabla 6. Resultados de los parámetros físico químicos y microbiológicos.

Parámetro	Unidades	Agua lluvia	Agua potable	Resolución 2115 del 2007
Turbiedad	NTU	1,99	1,34	2
pH	-	5,75	6,27	6,5 y 9,0
Conductividad	mS/cm	131,5	125,2	1.000
Nitritos	Mg/l NO <sub>2</sub>	0,005	0	0,1
Fosfatos	Mg/l PO <sub>4</sub>	29	0,4	Max. 0,5
Sulfatos	Mg/l SO <sub>4</sub>	-0,3935	6,20	250
Nitratos	Mg/l NO <sub>3</sub>	0,241	0,001	10
Hierro	Mg/l Fe	-0,02	0,015	Max. 0,3
Alcalinidad	Mg/l CaCO <sub>3</sub>	91,8	13,325	200
Dureza cálcica	Mg/l CaCO <sub>3</sub>	5	21,6	300

Coliformes totales	UFC/100 cm <sup>3</sup>	200	0	0
<i>Escherichia coli</i>	UFC/100 cm <sup>3</sup>	300	0	0
Mesofilos	UFC/100 cm <sup>3</sup>	Incontables	300	0

De acuerdo con estos análisis, el agua lluvia captada es de buena calidad, sin embargo, no puede ser usada para consumo humano sin previo tratamiento debido a que los parámetros microbiológicos están por encima de los niveles máximos permisibles por la norma, su ingesta podría generar problemas gastrointestinales a quienes la consuman. En comparación con el agua potable que es tratada y cuenta con desinfección, el agua lluvia presenta características físico-químicas óptimas para procesos de recolección de agua lluvia y su respectivo uso para diferentes actividades principalmente para los procesos agrícolas como el beneficio del café.

### **5.3. Diseño de una propuesta para el aprovechamiento del agua lluvia en la vereda Verdín**

#### **5.3.1. Características de las fincas de la vereda Verdín**

Se realizaron encuestas en 10 fincas de la vereda, con el fin de conocer la producción y necesidades de agua, que permitieran proyectar las dimensiones del diseño del sistema. La encuesta incluyó 10 preguntas, cuyos resultados se describen a continuación:

*Preguntas 1 y 2: ¿Con cuantas hectáreas (ha) cuenta su finca?, ¿Cuántas hectáreas de café tiene sembradas en la finca?*

Se logró determinar que entre los 10 encuestados, existen cuatro fincas que cuentan con una hectárea de terreno, las cuales están destinadas al cultivo de café. Éstas reúnen más del 50% del total de las hectáreas de las fincas encuestadas.

*Pregunta 3: ¿Qué tipos de cultivos tiene en la finca aparte del café?*

Según las encuestas se encuentran que 8 de 10 fincas tienen sembrado cítricos como cultivo alternativo. Otras opciones de los cafeteros incluyen cultivo de aguacate.

*Pregunta 4: ¿Cuánto tiempo dura la cosecha de café?*

Los diez encuestados respondieron que la cosecha de café dura tres meses y medio aproximadamente, manifestando que muchas veces depende del clima que se dé durante el año; si es muy lluvioso puede adelantarse la cosecha, si es muy seco el tiempo o estiaje no se madura el grano y se pospone la cosecha.

*Pregunta 5: ¿Cuánto café genera diariamente?*

Según las respuestas de los encuestados se generan un promedio de 20 arrobas de café en una hectárea sembrada. También se debe tener en cuenta una variable y es que existe el “rere”, o comúnmente llamado “la raspa” que se debe coger antes de iniciar la cosecha o después de pasar la cosecha.

*Pregunta 6: ¿Qué tipo de café se genera en la finca?*

De las personas encuestadas ocho respondieron que se genera café variedad castillo, dos de ellos emplean variedad Colombia.

*Pregunta 7: ¿Qué método utiliza para el beneficio del café en la finca?*

El 90% de los encuestados utiliza el método tradicional, lo que indica que por cada kilogramo de café requieren diez litros de agua para su beneficio. El método tradicional, de acuerdo con el Beneficio Ecológico del café corresponde a al menos 40 L / kg de café pergamino seco; los datos aquí mostrados deben corresponder a Beneficio Ecológico con Tanque Tina. El 10% utiliza el método Becolsub, el cual disminuye el consumo del agua para el beneficio del café.

*Pregunta 8: ¿Cuánta cantidad de agua requiere para realizar el beneficio del café recolectado?*

Para realizar el beneficio del café para una arroba que equivale a 12 kilos, se requieren 120 litros de agua, es decir que para el promedio de 20 arrobas que se maneja en la mayoría de fincas (equivalente a 240 kilos), se necesitan 28.800 litros de agua.

*Pregunta 9: ¿Ha escuchado proyectos sobre recolección de agua lluvia?*

El 90% de los encuestados han escuchado sobre el desarrollo de proyectos de recolección de agua lluvia para otros procesos agrícolas como: ganadería, cultivos perennales, tomate, otros cultivos, excepto para el cultivo del café. Y el 10% restante no habían escuchado sobre esta alternativa.

*Pregunta 10: ¿Qué piensa sobre el aprovechamiento del agua lluvia para el beneficio del café?*

En general les parece buena idea, una alternativa para ahorrar agua, es un buen planteamiento de proyecto, se realiza ahorro directo del agua potable, entre otras.

### **5.3.2. Cantidad de café recolectado y consumo de agua en la cosecha**

Con base en la información recolectada a través de las encuestas se identificaron cinco fincas con producción de café. La figura 3 representa la producción (kg) en contraste con el volumen de agua (L) requerido para el beneficio, con el método tradicional recomendado por Cenicafé, en los meses de septiembre a diciembre de 2018.



Figura 4. Relación de la producción de café en los meses de septiembre a diciembre de 2018 y el volumen de agua requerido para su beneficio, por el método tradicional.

Los meses con mayor requerimiento de agua son octubre y noviembre, con valores de 495.990 y 375.570 L respectivamente, para el beneficio de 51.129 y 38.399 kg de café. De acuerdo con lo anterior, se requiere una disponibilidad de aproximadamente 500.000 L, principalmente para los meses de mayor cosecha.

### **5.3.3. Valores de precipitación (2010 al 2013)**

En cuanto a los valores de precipitación únicamente se pudo acceder a la información del 2010 al 2013. Los datos fueron suministrados por el IDEAM, a partir de la información suministrada por la estación meteorológica del Socorro Santader, la cual está localizada en la Universidad Libre-Hacienda Majavita. Se requirió la información de los últimos cinco años, pero ésta no se encuentra completa.

De acuerdo con los datos suministrados el año de mayor precipitación fue el 2011 (2424,2 mm), seguido de 2010 (1819,7 mm), 2012 (1583 mm) y del 2013 (406,5). El valor promedio de los 4 años fue de 2133,5 mm con valores máximos de 428 mm y mínimos de 4,4 mm. Como se puede apreciar la variabilidad de la precipitación en la zona es muy alta.

#### ***5.3.4. Ajustes al sistema de acuerdo con los resultados obtenidos en la valoración previa***

Luego de la evaluación del sistema, se identificó la necesidad de incorporar mejoras al sistema como un adecuado lavado de la arena y grava a usar en los filtros, debido a la gran contaminación que éstas traen desde su recolección hasta su venta, esto teniendo en cuenta que se realizaron varios lavados previos a la grava y arena donde se observaba un color oscuro del agua usada. De acuerdo con lo anterior, es necesario que la retención hidráulica en los filtros sea mayor a una hora. Igualmente, para mayor efectividad del sistema se sugiere implementar más unidades de filtración en el sistema.

Finalmente, el diseño final del sistema de captación y filtración del agua lluvia dio buenos resultados. Luego de dos meses de establecimiento del sistema los parámetros físico-químicos y microbiológicos fueron de alta calidad; por ésto se evidenció que entre mayor retención hidráulica en el sistema, mayor remoción de contaminantes se puede generar. Con el sistema se cumplió con las necesidades agrícolas del beneficio del café y el ahorro del agua potable.

La elevada cantidad de agua potable que se requiere para el beneficio del café, genera un agotamiento de ésta para las necesidades básicas en la población. Se logró determinar que la recolección de agua lluvia disminuyó un 60% el consumo de agua potable, en donde lo que se requiere principalmente para la implementación de un sistema de recolección y filtración es un adecuado sistema de almacenamiento para lograr captar y almacenar el agua lluvia que se genera en las altas precipitaciones de la zona.

De acuerdo con la precipitación que se da en la zona (principalmente las precipitaciones más elevadas), se recomienda al diseño del sistema planteado inicialmente, aumentarle a dos tanques de almacenamiento de 2.000 litros por lo menos para alcanzar a recolectar una medida considerable de agua lluvia. Debido que en el tiempo de estudio se observó que el tanque de recolección no era suficiente cuando se presentaban altas precipitaciones. Para el elevado consumo de agua que se necesita en este proceso agrícola se requeriría de una precipitación demasiado elevada y diaria, por esta razón no se supe el 100% de la demanda requerida para el proceso agrícola del café. Se debe tener en cuenta que la precipitación en los últimos años ha variado notablemente, debido al cambio climático, por esto se recomienda que se disponga de una recolección de aguas lluvias durante todo el año.

Finalmente se realizó la valoración del presupuesto ejecutado en el montaje del sistema, la cual se relaciona en la tabla 6.

Tabla 6. Presupuesto proyecto

CONCEPTO	VALOR UNITARIO	CANTIDAD	VALOR TOTAL
Tanques plásticos de 250 litros	450.000	2	900.000
Tanques de 500 litros	650.000	3	1950.000
Polisombra	1.800	50 mts	90.000
Grava gruesa	3000	15	45.000
Grava fina	3000	25	75.000
Arena fina	2000	30	60.000
Accesorios de tubería y otros	-----	-----	500.000
Zinc	2300	30 mts	69.000
Internet	250.000	500 horas	250.000
Análisis de las muestras	200.000	10	200.000
Fotocopias e impresiones	150.000	2000	150.000
Mano de obra	1.000.000	1 maestro	1.000.000
Imprevistos	-----	-----	500.000
TOTAL			3.284.000

Para decidir si un agua califica para un propósito particular, su calidad debe especificarse en función del uso que se le va a dar. La inocuidad es la propiedad de un producto de no contener sustancias químicas como residuos de plaguicidas, solventes, metales pesados, sustancias peligrosas, micotoxinas, o microorganismos como hongos, levaduras, bacterias, virus, parásitos, gusanos, insectos, entre otros, en cantidades que

conviertan el producto en no apto para su consumo, porque puede afectar la salud de las personas al prepararlo o consumirlo. En este caso el producto sería el café.

Por consiguiente, los productos para consumo humano y animal como alimentos, bebidas, cosméticos y medicamentos deben ser producidos en condiciones higiénicas para asegurar la inocuidad del producto y para proteger la salud de los consumidores y de los mismos productores. Las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) y las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) son guías para la producción de productos inocuos.

De esta manera el café es uno de los productos para el consumo humano, por esto, requiere también de higiene durante todas las etapas de su procesamiento y preparación. La higiene en el procesamiento del café incluye a las instalaciones de beneficio, las bodegas de almacenamiento, los equipos, el personal que manipula los granos, los empaques y el uso de agua limpia para las diferentes etapas de su beneficio y preparación (Puerta, 2015)

## 6. Conclusiones

- Se realizó el montaje del sistema de captación y recolección de agua lluvia en la finca el Caucho, perteneciente a la vereda Verdin, donde se evidenció que de acuerdo al tipo de techo (zinc) era adecuado usar un canal plastificado con sus respectiva pendiente para llevar al primer filtro y así lograr la captación directa del agua lluvia para evitar recolección de sólidos de gran tamaño que puedan colmatar o afectar las unidades del sistema de filtración.
- El agua lluvia recolectada tiene características fisicoquímicas y microbiológicas similares al agua que usan los caficultores para realizar el beneficio del café, según análisis realizados.
- Se identificó que en la Vereda Verdin del municipio de Socorro departamento de Santander, los agricultores encuestados tienen la caficultura como actividad económica, lo cual genera un elevado consumo de agua potable desde el mes de octubre hasta el mes de diciembre para el desarrollo de esta actividad agrícola.
- Se identificó como potencial actividad para el aprovechamiento del agua lluvia, el beneficio del café. Debido a la alta demanda de agua potable para llevar a cabo el proceso agrícola del café con el método tradicional, se concluye que no se supe totalmente la necesidad de usar únicamente agua lluvia, ya que existen dos meses picos (octubre y noviembre), donde se eleva la cantidad de café recolectado y procesado, generando así un alto porcentaje de demanda de agua.

## 7. Recomendaciones

- Para el desarrollo del proyecto se requiere tener presente la topografía del terreno, ya que se necesita una pendiente del 40% para no utilizar motobomba en el uso del agua lluvia filtrada, además porque el agricultor no tiene la capacidad de realizar una gran inversión para llevar a cabo la recolección del agua lluvia y se debe realizar de la manera más viable ambientalmente y económicamente.
- Para el proceso de captación del agua lluvia es factible el uso de canales plastificados ya que disminuye la contaminación del agua, evitando su oxidación o el desprendimiento de sólidos que alteren las características del agua. Además, su desgaste es más lento contribuyendo así a un rápido y fácil lavado, comparado con uno de material zinc o guadua.
- Se recomienda tener tanques con capacidades adecuadas para un correcto y oportuno almacenamiento de agua lluvia en el área de estudio, logrando aprovechar un % alto de este recurso para fines agrícolas u otros que requiera la población de estudio.
- Se recomienda evaluar el agua captada y tratada con el sistema implementado, en el beneficio del café para su influencia en la calidad de taza.

## 8. Bibliografía

Adler, I., Carmona, G., & Bojalil, J. A. (2008). Manual de captación de aguas de lluvia para centros urbanos. *México DF, México.: International Renewable Resources Institute Mexico.*

Alba Chávez, J.C., González Rangel, M.P., Vega Serrano, H.A., 2015. *Sistema de filtración en múltiples etapas fime en unidades de polipropileno con desinfección mediante luz ultravioleta.* Revista Innovando en la U. No. 7. Año 6: 79-86. Disponible en: <https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/innovando/article/view/3924>

Arboleda Montaña, N. 2016. *Evaluación de alternativas tecnológicas para el tratamiento básico del agua lluvia de uso doméstico en el consejo comunitario de la comunidad negra de los lagos, Buenaventura.* Scientia et Technica, ISSN 0122-1701, Vol. 21, N°. 3, 2016, pág. 136. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5802417>

Ardila Otero, C. D., Carrizosa Garzón, D. y Vega Serrano, H. A. 2010. *Sistema de filtración en múltiples etapas FiME en unidades de polipropileno y concreto.* Revista el Centauro. Expresión libre comunera. ISSN 2027-1212. N° 4. Editorial Universidad Libre Seccional Socorro. Pág 39 - 51.

Avendaño, A. L., Hernández, E. R. y Vega Serrano, H. A. 2011. Características de operación del sistema de filtración en múltiples etapas FiME Hacienda Majavita. Revista el Centauro. Expresión libre comunera. ISSN 2027-1212. N° 5. Editorial Universidad Libre Seccional Socorro. Pág 9-20.

Betancourth, G. S. (2016). Ventajas económicas del aprovechamiento del agua lluvia. *Equidad & Desarrollo*, (26), 101-113.

Congreso de la República de Colombia. 1997. Ley 373. Por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua. Diario oficial N. 43.058. Santafé de Bogotá, D.C.

DNP (Departamento Nacional de Planeación). 2010. Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014. Prosperidad para todos. Imprenta Nacional de Colombia. Bogotá D.C., Colombia. 905 p.

Empresa Aguas del Socorro. 2019. Informe de gestión de gerencia y junta directiva. Asamblea general de accionistas. Aguas del Socorro S.A. E.S.P. Disponible en: [https://4guas-d3l-socorro-sa-esp.micolombiadigital.gov.co/sites/4guas-d3l-socorro-sa-esp/content/files/000003/124\\_informe-de-gestion\\_2018.pdf](https://4guas-d3l-socorro-sa-esp.micolombiadigital.gov.co/sites/4guas-d3l-socorro-sa-esp/content/files/000003/124_informe-de-gestion_2018.pdf)

FAO. 2013. *Captación y almacenamiento de agua de lluvia. Opciones técnicas para la agricultura familiar en América Latina y el Caribe.* Santiago de Chile. 270 p. Disponible en: [http://www.fao.org/fileadmin/user\\_upload/AGRO\\_Noticias/docs/captacion\\_agua\\_de\\_lluvia.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/AGRO_Noticias/docs/captacion_agua_de_lluvia.pdf)

Galvis Castaño, G., Latorre Montero, J., Teun Visscher, J. 1999. Filtración en múltiples etapas. Tecnología innovativa para el tratamiento de agua. Serie documentos.

Universidad del Valle. Cinara, Instituto de investigación y desarrollo en agua potable, saneamiento básico y conservación del recurso hídrico. IRC. UNESCO. 197 p.

ICONTEC. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. 2004. NTC 1500. Código Colombiano de Fontanería. Santafé de Bogotá, D.C. 17 p.

Lugo Arias, J. L. 2017. *Evaluación de alternativas de potabilización a bajo costo en comunidades palafíticas en el Caribe norte colombiano*. Universidad del Norte. Programa de Maestría en Ingeniería Ambiental. Barranquilla, Colombia. 91 p. Disponible en: <http://manjar.uninorte.edu.co/bitstream/handle/10584/7444/129814.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ministerio de Desarrollo Económico. 2000. Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico. Santafé de Bogotá, D.C. 114 p.

OPS. 2004. Guía de diseño para la captación de agua de lluvia. Organización Panamericana de la Salud. Lima. 15 p. Disponible en: <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsacd/cd47/lluvia.pdf>

Ospina Zúñiga, Ó.E., Ramírez Arcila, H. 2014. *Evaluación de la calidad del agua de lluvia para su aprovechamiento y uso doméstico en Ibagué, Tolima, Colombia*. Ingeniería Solidaria. Volumen 10 (17): 125-138.

Pacheco Montes, M. (2008). Avances en la Gestión Integral del Agua Lluvia (GIAL): contribuciones al consumo sostenible del agua, el caso de "Lluvia" en México. Revista Internacional Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo. Número 3. 39-57. Disponible en: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099/7060/pacheco.pdf>

Palacio Castañeda, Natalia. 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*. Universidad De Antioquia. Escuela Ambiental. Especialización En Manejo y Gestión Del Agua Medellín. Disponible en: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/1325/1/PropuestaSistemaAprovechamientoAguaLluvia.pdf>

Puerta Quintero, G. I. 2015. La inocuidad y calidad del café requiere de agua potable para su beneficio y preparación de la bebida. Obtenido de <http://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/599/1/38912.pdf>

Rojas-Valencia, M. N., Gallardo-Bolaños, J. R., & Martínez-Coto, A. (2012). Implementación y caracterización de un sistema de captación y aprovechamiento de agua de lluvia. *TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 15(1), 16-23.

Rueda González, M., Velasco Poveda, T., y Vega Serrano, H. A. 2012. Evaluación de la eficiencia de los sistemas de filtración en múltiples etapas FiME en unidades de concreto y plástico en la Hacienda Majavita. Universidad Libre Seccional Socorro.

Vanguardia, 2015. *Entregaron planta de tratamiento en Verdín*. Disponible en: <https://www.vanguardia.com/santander/comunera/entregaron-planta-de-tratamiento-en-verdin-KBVL337850>

Vega Serrano, H. A. 2013. *Evaluación del sistema de filtración en múltiples etapas fime en tanques plásticos con pre-sedimentación y retro-lavado en la hacienda majavita (Socorro, Santander)*. Obtenido de [http://ridum.umanizales.edu.co:8080/jspui/bitstream/6789/151/1/402\\_Vega\\_Serrano\\_Haimar\\_Ariel\\_2013\\_Documento.pdf](http://ridum.umanizales.edu.co:8080/jspui/bitstream/6789/151/1/402_Vega_Serrano_Haimar_Ariel_2013_Documento.pdf)

World Health Organization. 1976. Surveillance of drinking-water Quality. Health Organization Monograph Series. Geneva No 63. Disponible en: [http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/41802/1/WHO\\_MONO\\_63.pdf](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/41802/1/WHO_MONO_63.pdf). ISBN: 924 140063 3

World Health Organization. 2011. Guidelines for drinking-water Quality. Fourth Edition. Disponible en: [http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/44584/1/9789241548151\\_eng.pdf](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/44584/1/9789241548151_eng.pdf)

WWAP (United Nations World Water Assessment Programme). 2015. The United Nations World Water Development Report 2015: Water for a Sustainable World. Paris, UNESCO.

# Anexos

## Anexo 1. Valores diarios de Precipitación año 2010.

FECHA DE PROCESO : 2019/02/15		VALORES TOTALES DIARIOS DE PRECIPITACION (mms)					NACIONAL AMBIENTAL						
ANO 2010		ESTACION : 24015370 HDA MAJAVITA UL					FECHA-INSTALACION 2010-MAY						
LATITUD	0628 N	TIPO EST	CP	DEPTO	SANTANDER	MUNICIPIO	SOCORRO	FECHA-SUSPENSION					
LONGITUD	7314 W	ENTIDAD	01 IDEAM	MUNICIPIO	SOCORRO	CORRIENTE	SUAREZ						
ELEVACION	1382 m.s.n.m	REGIONAL	08 SANTANDERES										
DIA	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE	
01						.1 1	26.4 1	.2 1	3.6	36.0	.0	16.5	
02						.2 1	2.6 1	2.5 1	.0	.6	30.4	11.7	
03						.1 1	16.0 1	4.8 1	7.5	2.5 1	7.2	14.1	
04						4.5 1	5.3 1	11.8 1	6.7	39.4	40.0	8.1	
05						.2 1	.2 1	1.1	4.9	45.1	2.7 1	.1 1	
06						.1 1	14.2 1	.0	1.9	20.5	52.8 1	.1 1	
07						.0	3.8 1	66.2	11.2	.7	5.2	.9	
08						2.4	1.4 1	2.8	66.2	.0	10.3	.0	
09						9.6 1	1.1 1	6.7	1.2	.0	12.5	2.1	
10						22.7 1	.6 1	.8	.0	1.1	2.8	2.5 1	
11						8.0 1	9.4 1	.0	23.6	.0	.0	.1 1	
12						59.1 1	3.5 1	.9	9.3	29.7	14.8 1	.0	
13						1.3 1	4.6 1	1.0	5.0 1	2.7	9.0	1.6 1	
14						1.4 1	40.7	.3	24.6	1.0	10.9 1	.0	
15						.3 1	7.0 1	2.8 1	2.1	49.8	1.2	2.4	
16						25.9 1	13.2 1	.0	9.7 1	8.9	2.0	.0	
17						3.2	90.5	25.8 1	4.1	8.7 1	.6	.0	
18						.2 1	7.6	2.5 1	10.1 1	1.0	10.6	.9	
19						16.2 1	20.2 1	5.6 1	7.7 1	35.3 1	1.1	.0	
20						1.5	5.0 1	.5	.0	4.9	2.6	3.0	
21						.1 1	30.2 1	1.4 1	3.0 1	1.1	21.5	.0	
22						23.1 1	.0	9.7 1	3.2 1	2.2 1	.0	2.0	
23						.2 1	28.7 1	.5	1.4 1	28.2 1	5.8 1	.0	
24						43.6 1	4.0 1	1.5	9.7 1	2.3	3.1	.0	
25						.6	3.2	5.1 1	10.9 1	1.9	.0	.0	
26						5.6 1	.0	33.8 1	3.0	20.1	.0	.0	
27						2.3	2.8 1	2.5 1	5.9	25.6 1	6.2 1	18.0 1	
28						35.3 1	.6	1.5	1.9	5.9	40.6	.5	
29						.2 1	9.3 1	.4 1	.0	21.9	1.4	.0	
30						.5	17.9 1	19.5	29.0	2.2 1	14.8	2.7 1	
31						.6 1		4.7 1	11.3	.0		.0	
TOTAL						*	257.2	349.4	215.1	315.7	379.0	237.8	65.5
No DE DIAS LLUVIA						*	27	31	26	28	24	22	15
MAXIMA EN 24 Hrs						*	59.1	90.5	66.2	66.2	49.8	52.8	16.5
** DATOS PRELIMINARES **							*** VALORES ANUALES ***					** ORIGENES DE DATO **	
TOTAL							1819.7					1 : REGISTRADOS	
No DE DIAS LLUVIA							173						
MAXIMA EN 24 Hrs							90.5						

Anexo 2. Valores diarios de Precipitación año 2011.

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES												
VALORES TOTALES DIARIOS DE PRECIPITACION (mms)										SISTEMA DE INFORMACION NACIONAL AMBIENTAL		
ANO 2011										ESTACION : 24015370 HDA MAJAVITA UL		
FECHA DE PROCESO : 2019/02/15										FECHA-INSTALACION 2010-MAY		
LATITUD 0628 N TIPO EST CP DEPTO SANTANDER										FECHA-SUSPENSION		
LONGITUD 7314 W ENTIDAD 01 IDEAM MUNICIPIO SOCORRO												
ELEVACION 1382 m. s. n. m REGIONAL 08 SANTANDERES CORRIENTE SUAREZ												
DIA	ENERO *	FEBRE *	MARZO *	ABRIL *	MAYO *	JUNIO *	JULIO *	AGOST *	SEPTI *	OCTUB *	NOVIE *	DICIE *
01	.0	.0	16.1 1	.0	9.8 1	5.2 1	.0	14.2	.4 1	15.5 1	.0	.0
02	.0	.0	18.6	.0	5.9 1	57.0	1.7	3.7 1	7.2	.0	.0	.5 1
03	.5	.0	4.6	2.7 1	2.6	1.0	.0	.0	.0	.0	.0	2.0 1
04	.6	.0	22.5	7.0	7.5	2.5	.0	.3 1	.0	.0	.0	12.0 1
05	.0	.0	21.0	3.0	.0	.0	.0	.0	.8	7.3	2.0 1	32.0 1
06	.0	2.6	5.3 1	.0	.7	.0	1.5	.0	.0	8.9	16.3 1	13.6 1
07	37.1	36.6	7.4	.0	.0	.2 1	.0	11.8	42.7 1	.0	.0	15.5 1
08	.5	4.1 1	1.6	9.0	1.5	.0	.0	1.0	13.1	18.3 1	2.0 1	9.5 1
09	.7	31.4	30.5	23.5	5.5	.0	1.1	.9	23.2	3.4	.0	.0
10	.0	.5	.0	21.5	9.0	.0	8.9	31.0 1	1.0	52.3	1.6 1	.0
11	.0	.0	.0	28.2	6.0	.5 1	.0	13.8	2.5	16.0 1	11.0 1	4.7
12	.0	.5	.0	25.1	3.2 1	.0	5.2	3.6	1.3	21.7 1	12.5 1	4.5 1
13	.0	.2 1	.0	.0	26.1 1	3.6	39.2	.0	.8 1	2.2 1	11.8	.0
14	.0	.0	.0	13.3 1	1.0	.0	11.5	5.6	5.2 1	6.9 1	2.3	25.1
15	.0	10.0	2.5 1	13.2 1	17.2	1.5 1	.0	7.5	.0	9.9 1	.0	3.8 1
16	3.9	3.6	.0	67.7	55.4 1	.2 1	.0	2.2	12.7 1	2.4 1	90.9	13.7 1
17	.0	.0	.5	12.7	29.6 1	1.0	.0	3.4 1	1.2	29.8 1	60.2	2.0 1
18	.0	.0	2.2	47.3 1	.4	.5	44.5	.0	16.6 1	13.1	2.1	.0
19	.0	.0	.0	12.2	.5	8.0	.0	5.4	9.1	4.1 1	3.3 1	.1 1
20	.0	.0	35.0	22.5	.1 1	16.3	.0	.0	.0	.0	65.7	.0
21	.0	.0	15.0 1	8.7	1.6	.0	.0	1.9	2.9 1	.0	.4 1	.0
22	.0	.0	7.5	63.2 1	4.4	3.7	2.9	1.7 1	.8	.0	15.9	.0
23	1.2	.0	31.7 1	4.7 1	4.2 1	4.8	.0	16.5 1	.2 1	.0	1.1	.0
24	.0	2.6	4.3	16.6	4.1	1.5 1	.0	7.8	2.4 1	.0	.2 1	.0
25	.0	.0	.5 1	8.4	5.4	3.0	.0	1.9	2.2	2.8 1	3.5 1	.0
26	7.1	.5 1	28.6	13.8 1	1.5 1	6.1 1	2.5	.0	.2 1	2.2	1.3 1	.0
27	.0	.0	1.0 1	1.6	3.4	.0	2.2	21.5	.3 1	.0	8.7	.0
28	.0	19.5	.0	1.8	1.4	.0	.0	2.0 1	.0	16.7	89.7 1	.0
29	1.6	.0	.0	.0	1.0	6.1	12.3	1.6 1	.7	4.5 1	1.5 1	.0
30	6.6	.0	.7	.3 1	1.1	.0	2.2 1	.0	.0	2.6 1	3.1	.0
31	.0	.0	.0	.0	4.8 1	.0	.0	.4 1	.0	.0	.0	.0
TOTAL	59.8	112.1	257.1	428.0	214.9	122.7	135.7	159.7	147.5	240.6	407.1	139.0
No DE DIAS LLUVIA	10	12	21	24	29	19	13	23	23	20	23	14
MAXIMA EN 24 Hrs	37.1	36.6	35.0	67.7	55.4	57.0	44.5	31.0	42.7	52.3	90.9	32.0
** DATOS PRELIMINARES **			*** VALORES ANUALES ***								** ORIGENES DE DATO **	
TOTAL					2424.2						1 : REGISTRADOS	
No DE DIAS LLUVIA					231							
MAXIMA EN 24 Hrs					90.9							

Anexo 3. Valores diarios de Precipitación año 2012.

VALORES TOTALES DIARIOS DE PRECIPITACION (mms)												SISTEMA DE INFORMACION NACIONAL AMBIENTAL		
ANO 2012												ESTACION : 24015370 HDA MAJAVITA UL		
FECHA DE PROCESO : 2019/02/15												FECHA-INSTALACION 2010-MAY		
LATITUD 0628 N												FECHA-SUSPENSION		
LONGITUD 7314 W														
ELEVACION 1382 m.s.n.m														
TIPO EST			CP			DEPTO			SANTANDER					
ENTIDAD			01 IDEAM			MUNICIPIO			SOCORRO					
REGIONAL			08 SANTANDERES			CORRIENTE			SUAREZ					
DIA	ENERO *	FEBRE *	MARZO *	ABRIL *	MAYO *	JUNIO *	JULIO *	AGOST *	SEPTI *	OCTUB *	NOVIE *	DICIE *		
01	.0	.0	14.5	17.7	22.2 1	.2 1	.0	8.2 1	.0	4.5	.0	.0		
02	.0	.5 1	.0	2.8	2.7	1.7 1	.2	2.5	.0	4.3	.0	.0		
03	.0	.0	.0	.0	.0	1.7 1	1.3 1	2.5 1	2.5 1	.0	.0	.0		
04	7.9	.0	21.5	7.5	30.7	.0	5.5 1	.0	2.6 1	24.3	.0	.0		
05	.0	4.9	.5	.0	1.1	.0	1.6	1.4 1	2.0 1	.6	.6	.0		
06	.0	2.5	.0	17.1	7.8 1	.0	.0	3.4 1	7.2 1	71.6	.0	.0		
07	.0	.0	.0	74.5	2.8	.0	.0	5.1 1	.4	17.5	.0	.0		
08	.0	.1	6.5 1	2.9	.0	.7 1	.0	.0	1.1	1.7	.0	.0		
09	.0	1.1	17.5	.0	5.4 1	1.7 1	16.6 1	.9 1	3.0 1	1.3	.0	.0		
10	.0	.0	.0	7.8 1	4.8 1	.0	.1 1	19.1	.0	.0	.0	.0		
11	.0	.0	.0	8.2 1	.0	7.4 1	1.9 1	35.1	.0	.0	1.3	.0		
12	.0	.0	13.8	.6	4.7 1	.0	.0	.8	.2 1	.9	.0	.0		
13	.0	.0	3.2 1	1.0	.0	5.1	8.9 1	12.1	.0	1.2	6.9	.0		
14	.0	.0	1.4 1	5.3 1	.0	.8 1	.0	4.7	.0	5.8	4.3	.0		
15	.0	.0	14.2	18.8	.0	8.3 1	7.2	2.7	.6 1	1.9	4.9	.0		
16	.0	.0	2.5 1	16.9	1.0	15.5 1	.0	1.3 1	.7	17.4	.0	.0		
17	.0	.0	15.5	8.4 1	.0	11.2	8.4	3.0 1	1.7	.5	11.2	5.1		
18	2.6	.0	2.0 1	1.7	1.0 1	2.3 1	2.8 1	2.7 1	.5	.4	63.5	.0		
19	5.1	.0	.0	7.0 1	.0	.0	.4	1.3 1	.0	16.9	.0	.0		
20	2.0 1	.0	12.3	3.0 1	.0	3.7 1	2.0 1	.0	3.1	6.2	.0	.0		
21	.0	.0	54.5	32.9	4.3	.0	6.4 1	9.5	7.1	2.7	1.7	9.9		
22	.0	.0	2.2 1	.5	17.6	.0	.0	40.8	5.8	16.3	.0	3.2		
23	.0	.0	.0	3.1	.0	1.5	3.6 1	14.0 1	.8	5.8	.0	.0		
24	3.5	.0	7.3	.6	1.8	.0	.7	3.8 1	3.6	8.7	.0	2.9		
25	.0	.0	.4	1.5 1	3.1	.0	.0	3.2	4.8	6.5	.0	.5		
26	.5	.0	10.5 1	.6	3.0 1	8.6	2.2 1	.0	.8	.5	.0	.0		
27	1.4 1	4.0 1	.0	.0	2.0 1	1.3	2.2	.9 1	12.1	.0	.0	.0		
28	1.4 1	.0	15.1	4.3	.0	.6	12.4 1	2.0 1	17.9	36.7	1.1	.0		
29	.0	.0	38.2	.4	2.8	.0	15.0 1	.0	4.7	3.9	13.2	.0		
30	2.6 1	.0	.0	6.3 1	.0	14.1	6.6 1	.0	39.1	6.5	11.1	.0		
31	.0	.0	14.2 1	.4	.0	.0	2.3 1	.0	.5	.0	.0	.0		
TOTAL	27.0	13.1	267.8	251.4	119.2	86.4	108.3	181.0	122.3	265.1	119.8	21.6		
No DE DIAS LLUVIA	9	6	21	26	19	18	22	24	23	27	11	5		
MAXIMA EN 24 Hrs	7.9	4.9	54.5	74.5	30.7	15.5	16.6	40.8	39.1	71.6	63.5	9.9		
** DATOS PRELIMINARES **	*** VALORES ANUALES ***												** ORIGENES DE DATO **	
TOTAL						1583.0						1 : REGISTRADOS		
No DE DIAS LLUVIA						211								
MAXIMA EN 24 Hrs						74.5								

## Anexo 4. Valores diarios de Precipitación año 2013.

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES

SISTEMA DE INFORMACION NACIONAL AMBIENTAL

FECHA DE PROCESO : 2019/02/15 VALORES TOTALES DIARIOS DE PRECIPITACION (mms) ANO 2013 ESTACION : 24015370 HDA MAJAVITA UL

LATITUD 0628 N TIPO EST CP DEPTO SANTANDER

LONGITUD 7314 W ENTIDAD 01 IDEAM MUNICIPIO SOCORRO

ELEVACION 1382 m.s.n.m REGIONAL 08 SANTANDERES CORRIENTE SUAREZ

FECHA-INSTALACION 2010-MAY

FECHA-SUSPENSION

\*\*\*\*\*

DIA	ENERO *	FEBRE *	MARZO *	ABRIL *	MAYO *	JUNIO *	JULIO *	AGOST *	SEPTI *	OCTUB *	NOVIE *	DICIE *
01	.0	.6	.0	.0								
02	.0	.0	.0	.0								
03	.0	.6 1	.0	.0								
04	.0	.0	.0	.0								
05	.0	1.1	19.5	.0								
06	.0	.0	.0	.0								
07	.0	.0	.0	.0								
08	.0	3.1	2.3 1	.0								
09	.0	5.7 1	.0	.0								
10	.0	5.2 1	1.5 1	.0								
11	.0	.0	9.5 1	.0								
12	.0	.0	2.5 1	12.6								
13	.0	.4	38.8	.0								
14	.0	.0	21.2	.5 1								
15	.0	.0	2.2	42.6								
16	.0	.0	.0	3.0 1								
17	.0	23.4	2.3 1	38.4								
18	.0	.2	.0	74.4								
19	.0	.0	.8	.6								
20	.0	.0	8.4 1	7.9								
21	.0	.0	11.0 1	.4								
22	.0	.0	.0	.0								
23	.0	.0	.4	.0								
24	2.3 1	4.1	5.9	7.7								
25	.0	.0	2.8	17.1								
26	.9 1	.9 1	.0	6.0 1								
27	.0	.1 1	.0	.6 1								
28	.0	3.5 1	.0	.0								
29	.6	.0	.0	2.5 1								
30	.0	.0	.0	9.3								
31	.6 1	.5	.5									
TOTAL	4.4	48.9	129.6	223.6								
No DE DIAS LLUVIA	4	13	16	15								
MAXIMA EN 24 Hrs	2.3	23.4	38.8	74.4								

\*\*\*\*\*

\*\* DATOS PRELIMINARES \*\*

\*\*\* VALORES ANUALES \*\*\*

\*\* ORIGENES DE DATO \*\*

TOTAL	406.5
No DE DIAS LLUVIA	48
MAXIMA EN 24 Hrs	74.4

1 : REGISTRADOS